

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Štěpánka Godulová

Radiační zátěž pracovníků oddělení intervenční radiologie

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Jemelka

Olomouc 2023

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 28. července 2023

Bc. Štěpánka Godulová

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Mgr. Pavlu Jemelkovi za čas, který mi věnoval, za jeho odborné a cenné rady, konzultace, podporu a trpělivost při zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat všem zaměstnancům oddělení intervenční radiologie ve FNOL za trpělivost a spolupráci při měření a sbírání dat. Dále bych taky chtěla poděkovat RNDr. Evě Reiterové, Ph.D. za konzultaci a statistické zpracování dat. Zároveň děkuji své rodině za velkou podporu po celou dobu studia a při psaní této diplomové práce.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Téma práce: Radiační zátěž pracovníků oddělení intervenční radiologie

Název práce: Radiační zátěž pracovníků oddělení intervenční radiologie

Název práce v AJ: Radiation exposure of interventional radiology department staff

Datum zadání: 2022-01-23

Datum odevzdání: 2023-07-28

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Bc. Štěpánka Godulová

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Jemelka

Oponent práce: Mgr. Tomáš Vávra, DiS.

Abstrakt v ČJ: Cílem diplomové práce bylo zjistit a porovnat velikost radiační zátěže personálu oddělení intervenční radiologie (intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta) u vybraných běžně prováděných intervenčních výkonů na oddělení intervenční radiologie Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL). Teoretická část diplomové práce se zabývá ionizujícím zářením, principy radiační ochrany, radiační ochranou pracovníků, osobní dozimetrií a intervenční radiologií. V praktické části byl použit kvantitativní prospektivní výzkum, kdy pomocí měření osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ u pracujících intervenčního týmu. Celkem bylo provedeno 100 měření, která byla rozdělena do šesti skupin. Statistické testy ukázaly, že existuje signifikantní rozdíl v dávkách mezi skupinami výkonů a mezi jednotlivými členy týmu. K nejvyšší radiační zátěži personálu došlo při výkonech v oblasti břicha a pánve. K nejnižší radiační zátěži personálu došlo při výkonech v oblasti hlavy a krku. Výzkum také ukázal, že nejvíce exponovanou osobou z intervenčního týmu je intervenční radiolog, následuje sestra instrumentářka a nejméně exponovanou osobou je radiologický asistent.

Abstrakt v AJ: The aim of the master's thesis was to determine and compare the amount of radiation exposure of the interventional radiology department staff (interventional radiologist, instrument nurse and radiographer) in selected commonly performed interventional procedures at the interventional radiology department of the Olomouc University Hospital (FNOL). The theoretical part of the thesis deals with ionizing radiation, principles of radiation protection, radiation protection of workers, personal dosimetry and interventional radiology. In the practical part, quantitative prospective research was used, using the measurement of the personal equivalent dose of Hp(10) in the working intervention team. A total of 100 measurements were performed, which were divided into six groups. Statistical tests showed that there was significant difference in doses between procedure groups and between individual team members. Greatest radiation exposure of personnel occurred during procedures in the abdominal and pelvic area. Lowest radiation exposure of personnel occurred during procedures in the area of the head and neck. The research also showed that the most exposed person from the interventional team is the interventional radiologist, followed by the instrument nurse and the least exposed person is the radiographer.

Klíčová slova v ČJ: intervenční radiologie, radiační zátěž, personál

Klíčová slova v AJ: interventional radiology, radiation exposure, staff

Rozsah: 99 stran / 3 přílohy

OBSAH

ÚVOD	6
1 REŠERŠNÍ ČINNOST	7
2 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ	8
2.1 RENTGENKA.....	9
2.2 RTG ZÁŘENÍ	9
2.2.1 Brzdné RTG záření.....	10
2.2.2 Charakteristické RTG záření	10
2.3 INTERAKCE RTG ZÁŘENÍ S HMOTNÝM PROSTŘEDÍM.....	11
2.3.1 Fotoefekt.....	11
2.3.2 Comptonův rozptyl.....	11
2.3.3 Tvorba párů elektron-pozitron.....	12
2.4 BIOLOGICKÉ ÚČINKY	12
2.4.1 Stochastické účinky záření	12
2.4.2 Deterministické účinky záření	13
3 PRINCIPY RADIACNÍ OCHRANY PŘED IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM.....	15
3.1 PRINCIP ZDŮVODNĚNÍ	16
3.2 PRINCIP OPTIMALIZACE OCHRANY	16
3.3 PRINCIP LIMITOVÁNÍ DÁVEK	16
3.3.1 Limity pro ozáření	17
3.4 PRINCIP BEZPEČNOSTI ZDROJŮ	19
4 RADIACNÍ OCHRANA PRACOVNÍKŮ	20
4.1 OCHRANA ČASEM	20
4.2 OCHRANA VZDÁLENOSTÍ	21
4.3 OCHRANA STÍNĚNÍM	22
4.3.1 Osobní ochranné pomůcky	22
4.3.2 Ochranné prostředky v místnosti	23
4.3.3 Radiační ochrana pracovníků na skiaskopickém a katetrizačním sále.....	24
5 OSOBNÍ DOZIMETRIE	26
5.1 VELIČINY A JEDNOTKY	27
5.1.1 Veličiny dozimetrie ionizujícího záření.....	27
5.1.2 Veličiny používané v radiační ochraně.....	28
5.2 OSOBNÍ DOZIMETRY.....	29
5.2.1 Filmové dozimetry (FD).....	29
5.2.2 Termoluminiscenční dozimetry (TLD).....	29
5.2.3 Opticky stimulované dozimetry (OSL).....	29
5.2.4 Fotoluminiscenční detektory (FLD)	30
5.2.5 Kontinuální detektory	30
6 INTERVEČNÍ RADIOLOGIE	31
6.1 DIGITÁLNÍ SUBTRAKČNÍ ANGIOGRAFIE	32

6.1.1	Roadmapping.....	33
6.2	VOLBA EXPOZIČNÍCH PARAMETRŮ A ZOBRAZOVACÍ MÓDY.....	34
6.2.1	Skioskopie.....	34
6.2.2	Akviziční mód.....	35
6.3	INTERVENČNÍ VÝKONY.....	35
6.3.1	Vaskulární intervence.....	36
6.3.2	Nevaskulární intervence.....	38
6.4	PRÁCE INTERVENČNÍHO TÝMU.....	39
6.4.1	Práce intervenčního radiologa.....	39
6.4.2	Práce sestry instrumentářky.....	39
6.4.3	Práce radiologického asistenta.....	40
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	41
7	METODIKA.....	41
7.1	VÝZKUMNÉ CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	41
7.2	CHARAKTERISTIKA SOUBORU.....	42
7.3	METODA SBĚRU DAT.....	42
7.3.1	Rozdělení výkonů.....	43
7.4	REALIZACE VÝZKUMU.....	45
7.5	METODY ZPRACOVÁNÍ DAT.....	45
8	VÝSLEDKY.....	46
8.1	POPIS SOUBORU.....	46
8.1.1	Skupina 1.....	47
8.1.2	Skupina 2.....	48
8.1.3	Skupina 3.....	50
8.1.4	Skupina 4.....	50
8.1.5	Skupina 5.....	51
8.1.6	Skupina 6.....	52
8.1.7	Skupina 7.....	54
8.2	TESTY HYPOTÉZ.....	55
8.2.1	První hypotéza.....	55
8.2.2	Druhá hypotéza.....	56
8.2.3	Třetí hypotéza.....	57
8.2.4	Čtvrtá hypotéza.....	58
8.2.5	Pátá hypotéza.....	59
8.2.6	Šestá hypotéza.....	60
8.2.7	Sedmá hypotéza.....	61
8.2.8	Osmá hypotéza.....	62
8.2.9	Devátá hypotéza.....	63
	DISKUZE.....	64
8.3	LIMITY VÝZKUMU.....	77

8.4 DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝZKUM.....	77
ZÁVĚR.....	78
REFERENČNÍ SEZNAM.....	79
SEZNAM ZKRATEK.....	83
SEZNAM TABULEK.....	87
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	89
SEZNAM PŘÍLOH.....	90
PŘÍLOHY.....	91

ÚVOD

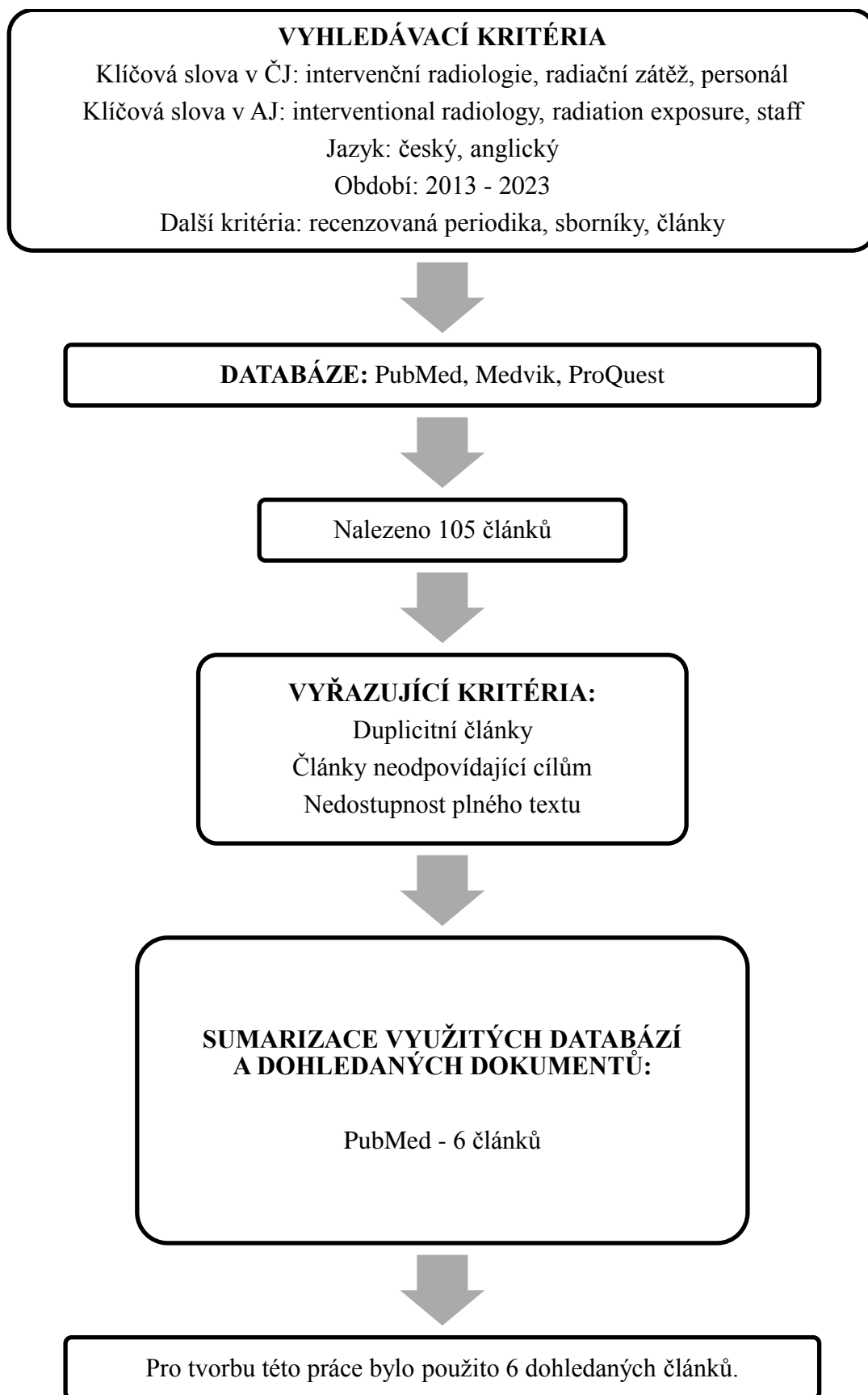
Intervenční radiologie je specializovaný lékařský obor, který zahrnuje použití zobrazovací technologie k vedení miniinvazivních postupů pro diagnostické nebo terapeutické účely. I když intervenční radiologie způsobila revoluci v moderní medicíně, může také vést k vystavení zdravotnických pracovníků ionizujícímu záření, které může představovat zdravotní rizika. Proto je nezbytné porozumět rizikům radiační expozice a zavést opatření k jejich minimalizaci.

Zaměstnanci, kteří pracují na odděleních intervenční radiologie, radiologové, radiologičtí asistenti, sestry a pomocný personál, jsou ohroženi radiační expozicí. Míra ozáření závisí na mnoha faktorech, např. typ zákroku, délka ozáření, vzdálenost od zdroje a použití ochranných prostředků. Aby se minimalizovalo vystavení záření, zaměstnanci oddělení intervenční radiologie musí podle § 104 odst. 6 zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce a Nařízení vlády č. 390/2021 Sb. používat osobní ochranné prostředky, jako jsou stínící zástěry, štíty štítné žlázy, brýle s olovnatým sklem a rukavice. Kromě toho musí zaměstnanci kategorie A povinně nosit osobní dozimetr, aby byla monitorována jejich radiační zátěž.

V České republice jsou stanoveny přísné limity ozáření pro pracovníky, kteří jsou vystaveni ionizujícímu záření v průběhu své práce. Tyto limity jsou stanoveny na základě doporučení Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (ICRP – International Commission on Radiological Protection).

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit a porovnat velikost radiační zátěže personálu oddělení intervenční radiologie (intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta) u vybraných běžně prováděných intervenčních výkonů na oddělení intervenční radiologie Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL). Dílčím cílem je konfrontace výsledků s výsledky práce obdobného charakteru z roku 2008, která byla provedena na stejném pracovišti.

1 REŠERŠNÍ ČINNOST



2 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ

Ionizující záření je takové záření, jehož částice mají natolik vysokou energii, že jsou schopny vyrážet elektrony z atomového obalu a tím jej ionizovat. Jde tedy o vytváření kladných a záporných iontů z původně elektricky neutrálních atomů. K ionizaci prostředí je nutné, aby elektronu byla předána energie, která je větší než jeho vazebná energie v atomu. „*Hodnota vazebné energie rychle klesá se vzdáleností elektronové dráhy od jádra a je nepřímo úměrná druhé mocnině hlavního kvantového čísla, které udává pořadí elektronové dráhy. Nejmenší vazebnou energii mají valenční elektrony, které jsou na vnější dráze nejvíce vzdálené od jádra.*“ (Švec, 2014a, str. 19) Za energetickou hranici ionizujícího záření se bere energie 5 keV pro fotonové, elektronové i alfa záření. (Podzimek, 2021; Švec, 2014a; Ullmann)

Ionizující záření má pro každý druh záření specifické interakce a můžeme ho dále rozdělit na dvě skupiny podle způsobu ionizace:

- a) Přímé ionizující záření je tvořeno nabitými částicemi (elektrony, protony, alfa i beta částicemi), které dokáže vyvolat ionizaci přímým působením coulombovských sil mezi nabitou částicí a elektronovým obalem atomu. Přímé ionizující záření můžeme ještě rozdělit podle hmotnosti nabitých částic na: lehké nabité částice (elektrony, pozitrony) a těžké nabité částice (protony, deuterony, částice alfa). (Podzimek, 2021)
- b) Nepřímé ionizující záření zahrnuje nenabité částice (fotony, neutrony), které nedokáží vyvolat ionizaci. Nejprve nepřímé ionizující částice interaguje s prostředím, vytvoří sekundárně nabité přímé ionizující částice a následně tyto sekundárně nabité částice způsobí ionizaci přímým působením coulombovskými silami mezi nabitou částicí a elektronovým obalem atomu. (Podzimek, 2021; Švec, 2014a)

Zdrojem ionizujícího záření (ZIZ) může být látka, přístroj nebo preparát, který emituje ionizující záření. Zdroje ionizujícího záření můžeme rozdělit na přírodní a umělé zdroje, ale více využívané je rozdělení podle mechanismu vzniku záření:

- a) Generátory záření. V generátorech vzniká ionizující záření na základě elektromagnetického urychlování nabitých částic. Patří sem rentgenové lampy (rentgenky), urychlovače částic, synchrotrony, neutronové generátory a jaderné reaktory.

- b) Radionuklidové zdroje. Radionuklidy jsou nestabilní, radioaktivní izotopy prvků, které se rozpadají a uvolňují ionizující záření. Přeměňují se na stabilní prvky nebo na prvky, které ke stabilní konfiguraci vedou a při přeměně dochází k uvolnění ionizujícího záření. Radionuklidy dělíme na přirozené a umělé.

Další dělení zdrojů. Zdroje dokážeme rozdělit ještě do několika skupin. Podle energie emitovaných částic dělíme na nízkoenergetické a vysokoenergetické zdroje. Podle konstrukčního uspořádání dělíme na uzavřené zářiče ionizujícího záření a otevřené zářiče ionizujícího záření. Podle geometrického tvaru dělíme na bodové, čárové, plošné a objemové. (Švec, 2014a; Ullmann)

2.1 Rentgenka

Rentgenová lampa neboli rentgenka je zdrojem RTG záření, v zahraničí označováno jako X záření. Rentgenka se skládá z vnitřní části, krytu a vysokonapěťových kabelů. Vnitřní část rentgenky je tvořena vakuovou skleněnou trubicí, ve které se nachází dvě elektrody, a to záporná katoda a kladná anoda. Naproti anodě je skleněná trubice ztenčená a označuje se jako výstupní okénko RTG paprsků.

Katoda je tvořena tenkým wolframovým drátkem ve tvaru spirály a jsou uloženy ve fokusační místičce. Na katodu je přiveden elektrický proud (10 V a 7-10 A), který ji rozžhává na teplotu 2000 °C a termoemisí dochází k emitaci elektronů. Ty jsou pomocí anodového napětí (17-150 kV) urychlovány k anodě, kde dopadají a jejich energie je přeměněna z 99% na teplo a jen 1% se přemění na RTG záření. Anodový proud (1-2000 mA) určuje příkon fluence energie RTG záření. Anoda je tvořena z wolframu ve tvaru disku, který je na okrajích zkosený a vytváří tak ohniskový pás. Anodový disk rotuje rychlostí 11000 otáček/minutu. Na anodu, přesněji na zkosený okraj, dopadá svazek elektronů, které prudce zabrzdí a energie je přeměněna na tvrdé elektromagnetické záření dvojího druhu: charakteristické a brzdné záření. Místo, kde dopadají elektrony na anodu, se nazývá ohnisko. Anoda se po dopadu elektronů zahřívá a je nutné ji vzduchově nebo olejově chladit. (Vomáčka a kol., 2015; Švec, 2014a; Ullmann)

2.2 RTG záření

RTG záření je elektromagnetické záření o velmi krátkých vlnových délkách v rozmezí 10^{-8} až 10^{-10} m. Energie záření roste s rostoucí frekvencí, klesající vlnovou délkou. Jde o neviditelně rychlosti světla šířící se záření. Má vlastnosti vlnové nebo kvantové. V medicíně se hlavně využívá těchto vlastností:

- a) Intenzita záření klesá se čtvercem vzdálenosti.
- b) Vysoká pronikavost hmotou. Čím větší energie záření, tím je pronikavější.
- c) Luminiscenční efekt – po dopadu záření na určité materiály vzniká viditelné záření.
- d) Fotochemický účinek – záření vytvoří v citlivé vrstvě filmového materiálu latentní obraz.
- e) Ionizační a excitační účinky.
- f) Biologické účinky.
- g) Interakce s hmotným prostředím.

RTG záření vzniká dvojitým způsobem, a to zabrzděním elektronů na anodě nebo přechodem elektronů ve vnitřních slupkách atomů anody. (Vomáčka a kol., 2015; Švec, 2014a)

2.2.1 Brzdné RTG záření

Přibližně 1 % zrychlených elektronů pronikne do nitra atomu, ale když se dostanou blízko atomového jádra, jejich trajektorie se zpomalí a zakříví, přičemž vznikne elektromagnetické záření zvané brzdné záření. Toto záření vzniká, když se směr a rychlost nabitě částice mění v důsledku elektrostatické interakce s jádrem, čímž se ztrácí kinetická energie a ta se přeměňuje na elektromagnetické záření. Intenzita brzdného záření závisí na atomovém čísle absorbéru a kinetické energii elektronů, které na něj dopadají, takže materiály s vysokým atomovým číslem a bodem tání jsou vhodné pro anodu. Spektrum brzdného záření je spojité a zahrnuje fotony s energií od nuly až po maximální energii elektronů. (Podzimek, 2021)

2.2.2 Charakteristické RTG záření

V případě, že elektron narazí na jiný elektron, který se nachází uvnitř atomu, dojde k jeho vypuzení ven z atomu, tedy k ionizaci. Volné místo pak obsadí elektron z vyšší energetické hladiny, což vyvolá uvolnění energie v podobě charakteristického záření. Tento proces může produkovat více fotonů s různou energií, protože elektron může být nahrazen z různých vzdáleností od jádra. Další elektrony rychle zaplní volné místo a tento proces se opakuje, dokud se neustanoví stabilní elektronový obal atomového jádra. Při přechodu elektronů mezi různými orbitálními hladinami se vytvářejí série charakteristických čar ve spektru, označené řeckými písmeny podle změny hlavního kvantového čísla. Každý prvek má charakteristické energetické

hladiny a energie vyzařovaná během přechodu mezi nimi je specifická pro daný materiál. (Podzimek, 2021)

2.3 Interakce RTG záření s hmotným prostředím

Interakce nepřímo ionizujícího záření, kde patří fotonové záření (gama záření, RTG záření) a neutronové záření, při průchodu hmotným prostředím způsobuje stejné interakce jako gama záření. Charakteristickým rysem interakcí s nepřímo ionizujícím zářením je jejich diskrétní povaha, při které dochází k jednotlivým interakcím s určitou pravděpodobností, která závisí na druhu částic, energii a složení materiálu. Během těchto interakcí může částice přenést část své energie, což může vést ke ztrátě větší části energie, nebo může částice předat veškerou svou energii okolí a zaniknout. (Podzimek, 2021)

2.3.1 Fotoefekt

Fotoelektrický jev nebo fotoefekt je jev, při kterém se celá energie fotonu předává elektronu, pevně vázaném v atomovém obale absorpčního materiálu. Část této energie se použije na uvolnění elektronu a zbytek se stává kinetickou energií fotoelektronu. Foton, který způsobil fotoelektrický jev, zaniká (jedná se o absorpci) a jeho energie je přenesena na fotoelektron, který pak ionizuje své okolí. K fotoefektu dochází pouze, když je energie dopadajícího fotonu vyšší než vazebná energie elektronu na příslušné slupce. Při energii fotonů nad 1 MeV je vznik fotoefektu velmi malý. (Podzimek, 2021; Švec, 2014a; Ullmann)

2.3.2 Comptonův rozptyl

Interakce fotonu s volným nebo volně vázaným elektronem způsobuje Comptonův rozptyl. Při tomto jevu foton ztrácí jen část své energie, elektron získá kinetickou energii a změní směr pohybu. Sekundární foton s nižší energií a větší vlnovou délkou pokračuje v odchýleném směru. Úhel rozptylu může být v rozmezí 0° až 180° a energie sekundárních fotonů závisí na úhlu rozptylu. Maximální pokles energie primárního fotonu nastává při zpětném rozptylu s úhlem 180° . Tento proces se může opakovat několikrát, dokud foton neztratí dostatek energie na to, aby byl zničen fotoelektrickým jevem. Comptonův rozptyl je nejvýraznější u fotonů záření s energií mezi 0,5 až 5 MeV a nezávisí příliš na protonovém čísle. (Podzimek, 2021; Švec, 2014a)

2.3.3 Tvorba párů elektron-pozitron

Při dostatečně vysokých energiích záření gama s hodnotou nad 1,02 MeV se může vytvořit pár elektron-pozitron. V blízkosti atomového jádra dochází k úplné přeměně energie elektromagnetického záření na elektrony a pozitrony s kinetickými energiemi. Tento jev vyžaduje přítomnost jádra nebo jiné třetí částice, která přebírá část hybnosti fotonu. Celková hybnost vytvořeného páru je totiž menší než hybnost původního fotonu. (Podzimek, 2021)

2.4 Biologické účinky

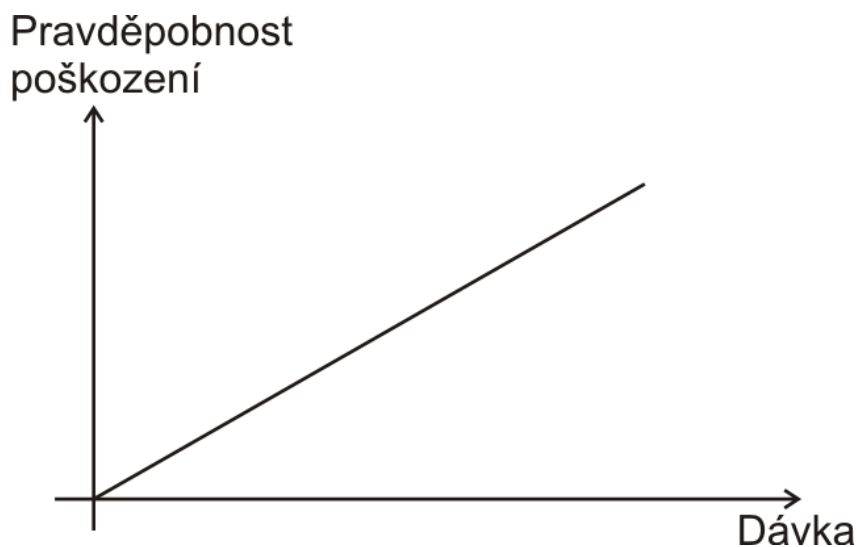
Biologickými účinky záření na biologické tkáně a živé organismy se zabývá vědní obor radiobiologie. Spolupracují spolu dva obory: radiační fyzika a biologie. Existují dva hlavní mechanismy ozáření buněk – přímý a nepřímý. U přímého mechanismu záření interaguje s kritickou strukturou, což je jádro buňky, a u nepřímého mechanismu záření interaguje s molekulami a atomy vody, produkuje volné radikály, které se šíří a ničí kritické struktury v buňce. (Súkupová, 2018)

Mezi narušením chemické vazby a biologickými důsledky této škody může uplynout mnoho času, od několika hodin až po několik let. Tento časový interval určuje také kategorii poškození způsobeného ozářením. Pokud dojde k okamžité smrti buňky, jedná se o brzké účinky ozáření, které se projeví během několika hodin až dnů. Na druhé straně, pokud je narušena funkce genů a následně dojde k onkogenní mutaci, mohou se projevy objevit až po několika letech. Jedná se o pozdní účinky záření. (Súkupová, 2018)

Účinky záření můžeme tedy dělit na brzké a pozdní účinky ozáření, ale častější se používá dělení na základě charakteristiky poškození, kdy se dělí na deterministické a stochastické.

2.4.1 Stochastické účinky záření

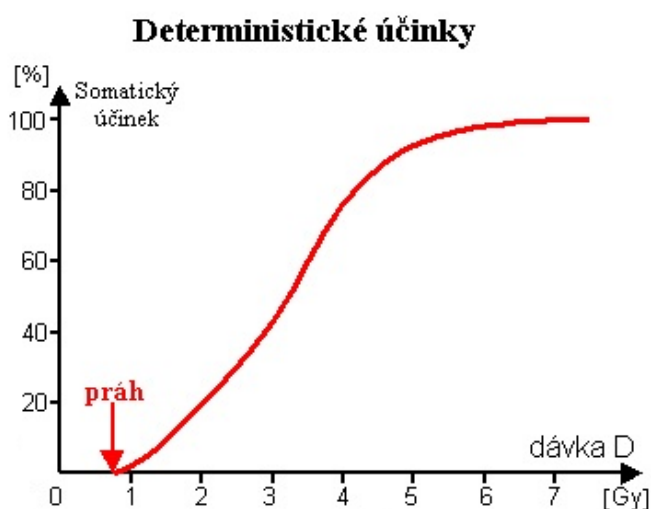
Stochastické účinky jsou účinky, které vznikají v důsledku mutací buněk. Tyto mutace mohou být somatické nebo genetické. Mutace mohou v populaci vznikat spontánně, ale vliv ionizujícího záření byl prokázán jako zvýšení výskytu mutací. Nádorové příznaky v důsledku ozáření a spontánně vzniklých nádorů nejsou odlišitelné. Účinky ionizujícího záření jsou bezprahové, což znamená, že s rostoucí dávkou záření roste pravděpodobnost vzniku poškození, ale samotný projev poškození není závislý na dávce. Pravděpodobnost výskytu poškození je lineárně závislý na dávce, viz obrázek č. 1. Mezi stochastické účinky patří vznik zhoubných nádorů a genetických změn. (Súkupová, 2012)



Obrázek 1 Stochastické účinky

2.4.2 Deterministické účinky záření

Deterministické účinky vznikají, když umírá větší množství buněk v tkáni, než je schopno tělo nahradit sebeobnovovacími mechanismy. Ty se projevují až po překročení určité prahové dávky, která způsobuje charakteristické symptomy. Pokud je organismus vystaven nadprahovým dávkám, deterministické účinky se projeví u každého jedince. Pokud se dávka dále zvyšuje, závažnost symptomů roste a doba mezi ozářením a jejich projevem se zkracuje. To je způsobeno tím, že prahová dávka způsobí usmrcení určité frakce ozářených buněk, které se při dalším zvyšování absorbované dávky zvětšují sigmoidálně. Závažnost deterministických účinků na dávku má sigmoidální průběh a oblast, kde se další vzestup křivky zastaví, znamená smrt jedince. (Obr. 2) (Falk a Falková, 2020)



Obrázek 2 Deterministické účinky

Zdroj: <https://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>

Do této skupiny patří akutní nemoc z ozáření, která vzniká po jednorázovém ozáření celého těla nebo větší části dávkou vyšší než 0,7 Gy. Rozděluje se na tři typy: krevní typ, střevní typ a nervový typ. Radiační poškození kůže rozdělujeme podle toho, zda k vyvolání došlo jednorázovou dávkou, která způsobuje akutní radiační dermatitidu nebo protražovanou dávkou, která způsobuje chronickou radiační dermatitidu. Radiační poškození oční čočky neboli oční katarakta vzniká při jednorázové dávce od 2 do 3 Gy nebo u protražované dávky 15 Gy. Postižení gonád vede k přechodné nebo úplné ztrátě plodnosti (fertility) u mužů i žen. U mužů nastává přechodná aspermie při dávkách 0,5 – 2 Gy a trvalá aspermie nad 3 Gy. U žen nastává dočasná sterilita při dávkách 1,5 Gy a trvalá nad 3 Gy. Deterministické účinky mají vliv i na plod v těle matky a záleží, v jakém týdnu těhotenství je matka vystavena ionizujícímu záření. (Ondřej, 2013)

Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření na organismus zobrazuje tabulka č. 1.

Tabulka 1 Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření na organismus

Vlastnosti	Deterministické účinky	Stochastické účinky
Patogeneze	Smrt buněk – snížení jejich počtu	Změna cytogenetické informace – mutace
Specifičnost	Specifický klinický obraz, typický pro účinky ionizujícího záření	Nespecifický obraz, neodlišitelný od spontánních případů
Závislost na dávce	Účinek se projeví až od určité prahové dávky, pak roste s dávkou	Pravděpodobnost výskytu roste s dávkou od nuly (bezprahová závislost)
Časová závislost	Většinou poměrně rychlý nástup	Pozdní účinky, dlouhá doba latence

Zdroj: <https://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm#2>

3 PRINCIPY RADIAČNÍ OCHRANY PŘED IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM

Krátce po objevu rentgenových paprsků vznikl obor zaměřený na ochranu živých organismů před nebezpečím ionizujícího záření. V první polovině 20. století se zlepšily opatření při používání rentgenové diagnostiky, radioterapie, radonových koupelí a inhalace. V té době se věřilo, že malé dávky jsou neškodné a stimulující a velké dávky jsou zhoubné. V roce 1921 vytvořila British X and Radium Protection Committee pravidla pro radiační ochranu při práci, která se zaměřila na omezení ozáření. V roce 1928 byla vydána první souhrnná doporučení ICRP, která se zabývala ochranou zdravotnických pracovníků. (Podzimek, 2022)

V roce 1928 byla vytvořena ICRP během Mezinárodního radiologického kongresu ve Stockholmu. Tato komise spolupracuje s jinými organizacemi, jako je Mezinárodní komise pro jednotky a měření (ICRU – International Commission on Radiation Units and Measurements), Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření (UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), Světová zdravotnická organizace (WHO – World Health Organization) a Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA – International Atomic Energy Agency). ICRP vydává různé publikace a doporučení, které určují koncepci radiační ochrany po celém světě, zejména v Evropě. Doporučení ICRP 60 z roku 1991 a ICRP 103 z roku 2007 jsou v současnosti platná. Tyto dokumenty slouží jako základ pro právní úpravu ochrany před ionizujícím zářením v České republice. (Švec, 2014b)

ICRP vydala v roce 2007 doporučení 103, které uznává tři typy expozičních situací, a jsou zavedeny se záměrem, aby pokryly celé spektrum expozičních situací. Tyto nové nahradily dřívější členění na činnosti a zásahy. Jsou to plánované expoziční situace, nehodové expoziční situace a existující expoziční situace. (Podzimek, 2022)

Nové doporučení ICRP rozeznává tři kategorie ozáření osob:

1. Profesionální expozice – veškerá radiační expozice pracovníků bez ohledu na zdroj záření.
2. Expozice obyvatel – zahrnuje všechny expozice mimo profesionální a lékařské expozice.
3. Lékařská expozice pacientů – nastává u pacientů při diagnostických, intervenčních a léčebných výkonech. Záměrné ozáření ve prospěch pacienta. (Podzimek, 2022)

„Cílem radiační ochrany je vyloučit vznik deterministických účinků a snížit míru rizika vzniku stochastických účinků na minimum, resp. na úroveň přijatelnou pro jednotlivce a společnost.“ (Súkupová, 2018, str. 23)

V atomovém zákoně v § 62 je uvedeno: „*Každý, kdo vykonává činnost v rámci plánované expoziční situace, je povinen omezit ozáření fyzické osoby tak, aby celkové ozáření způsobené kombinací ozáření z těchto činností bylo odůvodněné, optimalizované a nepřekračovalo v součtu limity ozáření.*“ (Podzimek, 2022, str. 242)

3.1 Princip zdůvodnění

Jednou z hlavních zásad využívání ozáření v lékařství je, že každá metoda, která využívá ionizující záření, by měla mít dostatečný přínos pro pacienta nebo společnost, aby vyvážila riziko spojené s ozářením. Při posuzování, zda by měla být použita radiodiagnostika s ionizujícím zářením, by se mělo zvažovat, zda by nebylo možné dosáhnout stejného výsledku jinými metodami, jako jsou ultrazvuk nebo magnetická rezonance. Pokud není možné použít jinou metodu, musí být jasně stanovena indikace pro použití ionizujícího záření. Zdůvodnění musí být takové, že převažuje přínos pro pacienta nebo společnost nad rizikem způsobeným ozářením. Některé příklady neodůvodněného použití ionizujícího záření jsou opakované CT vyšetření bez přidané hodnoty nebo rutinní rentgenové vyšetření u každého pacienta. (Podzimek, 2022; Súkupová, 2018)

3.2 Princip optimalizace ochrany

Princip optimalizace v radiační ochraně, také známý jako princip ALARA (As Low As Reasonably Achievable), má za cíl minimalizovat velikost individuálních dávek, počet ozářených osob a pravděpodobnost ozáření s ohledem na současné odborné poznatky a hospodářské a sociální faktory. To znamená, že úroveň ochrany by měla být co nejlepší za daných okolností a maximalizovat rozpětí mezi užtkem a škodou. Pro dosažení tohoto cíle jsou stanoveny dávkové nebo rizikové optimalizační meze a každý, kdo se vystavuje ionizujícímu záření, musí zvolit optimální způsob ochrany. Opatření k ochraně proti vlivu ionizujícího záření mohou být uplatněna u zdroje, v prostředí nebo u fyzické osoby, přičemž důležitost je dána omezení velikosti ozáření u zdroje. Diagnostické referenční úrovně (DRÚ) jsou směrné hodnoty pro lékařské ozáření, které pomáhají usměrňovat lékařské expozice. Jejich časté překračování vyžaduje prošetření a nápravná opatření. (Podzimek, 2022; Súkupová, 2018)

3.3 Princip limitování dávek

V obecném případě neexistují dávkové limity pro ozáření pacientů tzv. lékařské ozáření, aby se neomezilo možné zdravotní přínosy pro každého pacienta. Nicméně, existují limity pro pracovníky v lékařství a pro ostatní radiační pracovníky. Dávkové limity se uplatňují pro obecnou populaci, žáky a studenty a pracovníky s ozářením, ale ne pro pacienty. Je důležité

dodržovat doporučené dávkové limity pro pracovníky a obyvatele v plánovaných expozičních situacích. Každý, kdo se účastní plánovaných expozičních situací, má povinnost omezit ozáření na takovou úroveň, aby celkové ozáření bylo minimalizované a nepřekračovalo stanovené limity. (Podzimek, 2022; Súkupová, 2018)

3.3.1 Limity pro ozáření

OBECNÉ LIMITY PRO OBYVATELE

Obecné limity pro obyvatele z ozáření ze všech povolených nebo registrovaných činností za jeden kalendářní rok. Tyto limity zobrazuje tabulka č. 2. Kromě lékařského ozáření, ozáření osob podílejících se na zásazích v případě radiální nehody a případu ozáření, na které se vztahují limity zvláštní.

Tabulka 2 Přehled obecných limitů

Veličiny	Limity obecné
Efektivní dávka za rok	1 mSv
Ekvivalentní dávka v oční čočce za rok	15 mSv
Průměrná ekvivalentní dávka na každý 1 cm ² kůže za rok	50 mSv

LIMITY PRO ŽÁKY A STUDENTY

Limity pro žáky a studenty ve věku od 16 do 18 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření. Tyto limity zobrazuje tabulka č. 3.

Tabulka 3 Přehled limitů pro žáky a studenty

Veličiny	Limity pro žáky a studenty
Efektivní dávka za rok	6 mSv
Ekvivalentní dávka v oční čočce za rok	15 mSv
Průměrná ekvivalentní dávka na každý 1 cm ² kůže za rok	150 mSv
Ekvivalentní dávka na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky za rok	150 mSv

Limity pro žáky a studenty mladší 16 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou shodné s obecnými limity pro obyvatele. Limity pro žáka a studenta staršího než 18 let, kteří jsou povinni v průběhu svého studia pracovat se zdrojem ionizujícího záření, jsou shodné s limity pro radiálního pracovníka. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

LIMITY PRO RADIAČNÍ PRACOVNÍKY

Limity pro radiačního pracovníka musí být použity pro omezení profesního ozáření. Tyto limity zobrazuje tabulka č. 4.

Tabulka 4 Přehled limitů pro radiační pracovníky

Veličiny	Limity pro radiační pracovníky
Efektivní dávka za rok	20 mSv
Efektivní dávka za 5 po sobě jdoucích let	100 mSv
Ekvivalentní dávka v oční čočce za rok	50 mSv
Ekvivalentní dávka v oční čočce za 5 po sobě jdoucích let	100 mSv
Průměrná ekvivalentní dávka na každý 1 cm ² kůže za rok	500 mSv
Ekvivalentní dávka na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky za rok	500 mSv

Posuzování, zda nedošlo k překročení limitů pro radiačního pracovníka, musí být prováděno soustavně, zohlednit součet dávek ze všech cest ozáření a při všech pracovních činnostech, které radiační pracovník vykonává, a zohlednit v případě radiačního pracovníka, který není externím pracovníkem, vykonávání pracovních činností, při kterých je vystaven ozáření podléhajícím limitům pro radiačního pracovníka, pro více ohlašovatelů, registrantů nebo držitelů povolení. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

Radiační pracovník, u kterého bylo zjištěno překročení limitů ozáření, musí být dočasně vyřazen z práce se zdrojem ionizujícího záření do doby, než je posouzena jeho zdravotní způsobilost k další práci se zdrojem ionizujícího záření a stanoveny podmínky pro tuto práci. Překročení limitů pro radiačního pracovníka, který je sledován zdravotně způsobilým podle odstavce 3, není důvodem pro jeho vyloučení z obvyklé pracovní činnosti nebo pro přeložení na jiné pracoviště, pokud osoba, pro niž pracovní činnost vykonává, nemá k takovému vyloučení jiné závažné důvody. (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

ODVOZENÉ LIMITY

Limity pro radiační pracovníky se považují za nepřekročené, pokud nejsou překročeny kvantitativní ukazatele vyjádřené v měřitelných veličinách (dále jen odvozené limity).

Odvozenými limity pro zevní ozáření jsou:

a) pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm $H_p(0,07)$ hodnota 500 mSv za kalendářní rok,

- b) pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 3 mm $H_p(3)$ hodnota 20 mSv za kalendářní rok,
 - c) pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm $H_p(10)$ hodnota 20 mSv za kalendářní rok.
- (Vyhláška č. 422/2016 Sb.)

3.4 Princip bezpečnosti zdrojů

Držitelé povolení a ohlašovatelé jsou povinni zajistit bezpečné nakládání s jadernými položkami a radionuklidovými zdroji a zabezpečit je před nepovoleným přístupem, použitím a přemístěním. Jedním z důležitých požadavků je pravidelná kontrola všech zdrojů ionizujícího záření s cílem ověřit jejich stabilitu a spolehlivost a předejít možnému zneužití. Tyto kontroly jsou povinné před prvním použitím rtg systému pro klinické účely a dále jsou prováděny prostřednictvím zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti. Vlastnosti zdrojů ionizujícího záření musí být také průběžně sledovány, měřeny, hodnoceny, ověřovány a zaznamenávány. Celkově jsou tyto požadavky stanoveny v aktuálních právních předpisech a doporučeních, aby se zajišťovala maximální bezpečnost v oblasti ionizujícího záření. (Podzimek, 2022; Sůkupová, 2018)

4 RADIAČNÍ OCHRANA PRACOVNÍKŮ

Pracovníci v oblasti radiodiagnostiky, jako jsou radiologové, kardiologové a radiologičtí asistenti, kteří pracují s ionizujícím zářením, zejména s rtg systémy, musí mít odpovídající výcvik a znalosti radiační ochrany. Tito pracovníci musí být obeznámeni s riziky spojenými s jejich prací s ionizujícím zářením. Existují limity pro radiační pracovníky, které mají minimalizovat riziko stochastických účinků, aby byla zajištěna bezpečnost pracovníků. Radiační ochrana pracovníků se liší v závislosti na tom, jaké konkrétní úkoly vykonávají, a je důležité si uvědomit, že rozptýlené záření je hlavním zdrojem ozáření pracovníků. Dodržování limitů pro snížení dávek pacientům vede ke snížení dávek pracovníkům, zejména při intervenčních výkonech. Výjimečně může docházet k ozáření pracovníků primárním svazkem, což se obvykle stává, když lékař vkládá ruce do svazku během výkonu. (Súkupová, 2018)

Existují tři způsoby radiační ochrany před zevním ozářením: ochrana časem, ochrana vzdáleností a ochrana stíněním. Tyto způsoby lze vzájemně kombinovat.

4.1 Ochrana časem

Množství záření, které pracovník obdrží na konkrétním místě, je přímo úměrné době, po kterou je v dosahu ionizujícího záření. Během skiaskopie (také se používá výraz fluoroskopie) snížená doba expozice sníží jak expozici pacienta, tak i expozici personálu. Z tohoto důvodu je většina fluoroskopických rentgenových přístrojů vybavena časovači s pětiminutovým intervalem, které upozorní radiologa nebo jinou oprávněnou obsluhu, že určitá doba uplynula. Pro minimalizaci radiační zátěže, by měl být radiolog nebo radiologický asistent přítomen na fluoroskopickém sále pouze tehdy, je-li to nutné k provedení příslušné péče o pacienta a ke splnění příslušných povinností spojených s výkonem. V opačném případě by měli zůstat za ochrannou bariérou. (Statkiewicz-Sherer et. al., 2018)

Dobrou organizací práce, minimalizováním nezbytných úkonů a připravením pracovního místa a pomůcek lze dosáhnout snížení celkové obdržené dávky ionizujícího záření. (Švec, 2014b) Použití základních způsobů radiační ochrany při katetrizačních a skiaskopických procedurách je klíčové pro ochranu zdraví pracovníků před radiací. Jedním z těchto způsobů je minimalizace doby trvání skiaskopie a akvizičních scén, což zahrnuje snížení počtu scén a zkrácení jejich délky. Kromě toho, pulzní režim skiaskopie je v současnosti běžně používán a ideální by bylo, kdyby jak skiaskopický, tak akviziční mód pracovaly při nejnižším možném počtu pulzů/obrazů za sekundu. (Súkupová, 2018)

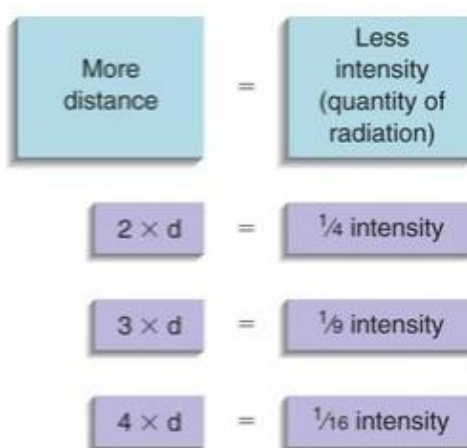
4.2 Ochrana vzdáleností

Vzdálenost je nejúčinnějším prostředkem ochrany před ionizujícím zářením. Protože v důsledku rozptylu nebo šíření paprsku dochází se vzdáleností k výraznému poklesu úrovně záření. Personál provádějící zobrazování bude vystaven podstatně menšímu ozáření tím, že bude stát dále od zdroje primárního záření. (Statkiewicz-Sherer et. al., 2018)

APLIKACE ZÁKONA INVERZNÍHO ČTVERCE

Zákon inverzního čtverce (ISL – inverse square law) vyjadřuje vztah mezi vzdáleností a intenzitou (množstvím) záření a je významný jako nástroj, který lze použít při regulaci dávky (resp. dávkového příkonu) obdržené personálem. Zákon zní takto: *"Intenzita záření je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti od zdroje."*

Pro upřesnění, jak se vzdálenost mezi zdrojem záření a měřicím bodem zvětšuje, intenzita záření měřená v tomto bodě klesá o druhou mocninu poměru původní vzdálenosti od zdroje k nové vzdálenosti od zdroje. Graficky tento jev zobrazuje obrázek č. 3.



Obrázek 3 Zákon inverzního čtverce

Zdroj: STATKIEWICZ-SHERER, Mary Alice et al., *Radiation Protection in Medical Radiography*.2018.

K tomuto snížení koncentrace záření fyzicky dochází, protože plocha, kterou nyní pokrývá stejný tok rentgenových paprsků na původním místě, se na novém místě zvětšila o druhou mocninu změny relativní vzdálenosti. Například, když se vzdálenost od rentgenového cíle, bodového zdroje záření, zdvojnásobí, záření na novém místě pokryje oblast čtyřikrát větší než původní oblast. Protože však k pokrytí této větší oblasti existuje stejné množství záření, intenzita v nové vzdálenosti se následně sníží čtyřnásobně. (Statkiewicz-Sherer et. al., 2018)

4.3 Ochrana stíněním

Pokud není možné použít principy času a/nebo vzdálenosti k minimalizaci pracovní radiační expozice, lze použít stínění materiálem pohlcující záření vhodné tloušťky tak, aby byla zajištěna adekvátní ochrana před zářením. Hlavním cílem ochranného stínění je snížení a pohlcení sekundárního a někdy i primárního RTG záření. Tím se minimalizují dávky záření, zejména u pacientů mimo oblast zájmu a celotělově u personálu. Ochranné stínění se liší pro pacienty a personál. Vhodná ochrana se umísťuje mezi zdroj záření a stíněný objekt. Nejběžnější materiály používané pro konstrukční ochranné bariéry jsou: olovo a beton. (Podzimek, 2022; Statkiewicz-Sherer et. al., 2018; Súčupová, 2017a)

4.3.1 Osobní ochranné pomůcky

Ochranné osobní pomůcky jsou vyrobeny z vinylu impregnovaného olovem. Mezi tato doplňková zařízení patří: zástěry, rukavice, štíty štítné žlázy, ochranné brýle a čepice, jež jsou znázorněny v obrázku č. 4. Existují jednodílné a dvoudílné ochranné zástěry. Jednodílné zástěry s křížením na zádech mají nevýhodu, že celá hmotnost zástěry visí na ramenou pracovníka, což může způsobovat bolesti zad. Další nevýhodou je, že stínící materiál se nachází pouze na přední straně zástěry. Z tohoto důvodu by měli pracovníci, kteří se během práce musí otočit zády ke zdroji záření, např. zdravotní sestry při provádění katetrizace, používat dvoudílné zástěry, které mají stínící materiál na přední i zadní straně. (Statkiewicz-Sherer et. al., 2018; Súčupová, 2018)



Obrázek 4 Osobní ochranné pomůcky

Zdroj: <https://mavig.com/wp-content/uploads/2020/07/mavig-kategorie-strahlenschutz-main.png>

Tento oděv se používá, když není možné zůstat zcela za pevnou nebo pohyblivou ochrannou bariérou. Schopnost materiálů utlumit záření závisí na jejich atomovém čísle, hustotě a tloušťce. (Statkiewicz-Sherer et. al., 2018)

Pro ochranu před zářením je nutné použít materiál ochranného stínění, který zeslabuje záření a obsahuje prvky s atomovým číslem větším než 47. Olovo (Pb) je chemický prvek s protonovým číslem 82 a vysokou hustotou 11,34 g/cm³, která umožňuje jeho použití pro výrobu stínění před RTG a gama zářením. „*Stínící ekvivalent Pb je definován tloušťkou Pb materiálu v mm o čistotě minimálně 99,99 %, který poskytuje stejné zeslabení jako daný materiál.*“ (Súkupová, 2017b) Ochranné stínící prostředky musí být pravidelně kontrolovány na celistvost. Ochranné zástěry jsou k dispozici v různých úrovních stínícího ekvivalentu, např. 0,25 mm Pb, 0,35 mm Pb, 0,50 mm Pb a 1,00 mm Pb. Pro limity na ochranu štítné žlázy se doporučuje použít stínící ekvivalent o velikosti alespoň 0,35 mm Pb. Ochranné rukavice by měly mít stínící ekvivalent alespoň 0,25 mm Pb, přičemž stínící pomůcky mají větší účinnost při nižších energiích záření. Ochranné zástěry s různými úrovněmi stínění mají různou účinnost při odstínění rozptýleného záření, např. 0,25 mm Pb, 0,5 mm Pb a 1,0 mm Pb mají účinnost 66 %, 88 % a 99 %. Nicméně zástěra s ekvivalentem 1,0 mm Pb je velmi těžká a není často používána při intervenčních výkonech. (Súkupová, 2018 a 2017a)

Stínění neobsahující Pb. Tato stínění jsou známá v angličtině jako "non-lead" nebo "lead-free" a poskytují stejnou úroveň ochrany jako stínění s obsahem olova. Avšak namísto olova jsou použity směsi jiných materiálů, jako jsou cín (Sn), antimon (Sb), wolfram (W), bismut (Bi) a další, které účinně snižují a pohlcují záření. Výhodou stínění bez olova je jejich snadná recyklovatelnost, což není možné u stínění obsahujícího olovo. (Súkupová, 2017a)

4.3.2 Ochranné prostředky v místnosti

Strukturální bariéry, jako jsou stěny a dveře v rentgenové místnosti, byly navrženy tak, aby poskytovaly radiační stínění jak pro personál radiologického oddělení, tak pro širokou veřejnost. Tyto bariéry jsou nezbytné k zajištění toho, aby nebyly překročeny pracovní a neprofesionální limity roční efektivní dávky. Olověné pláty vhodné tloušťky, které jsou umístěny na stěnách rentgenové nebo skiaskopické místnosti, se obecně používají k zajištění správného stínění. Kvalifikovaný lékařský fyzik stanoví přesné požadavky na ochranu pro konkrétní zobrazovací zařízení. (Statkiewicz-Sherer et. al., 2018)

Mezi ochranné prostředky patří závěsná stínění a mobilní zástěny. Závěsné stínění, stropní nebo stolní, je používáno k ochraně horní a dolní poloviny těla lékařů. Stropní závěsné stínění má často obdélníkový tvar s jedním rohem vyříznutým pro pacienta, což umožňuje, aby bylo stínění co nejbližší pacientovi. Nejčastěji se používá stropní závěsné stínění se závěsnými zástěrkami a stolní závěsné stínění s boční stínicí částí připevněnou na stole. Správné použití závěsného stropního stínění umožňuje snížit dávky záření pro lékaře. (Súkupová, 2018)

Výše popsané je zobrazeno na obrázku č. 5.



Obrázek 5 Závěsná stínění a mobilní zástěny

Zdroj: https://mavig.com/products/system-solutions/#images-page_sections_0_image

4.3.3 Radiační ochrana pracovníků na skiaskopickém a katetrizačním sále

V předminulém desetiletí došlo k významnému snížení dávek lékařů během katetrizačních výkonů. K tomu došlo především díky změně geometrie při ozáření, kdy systémy s rentgenkou nad pacientem a receptorem obrazu pod pacientem byly nahrazeny systémy s rentgenkou pod pacientem a s receptorem obrazu nad pacientem. Díky této změně projekce se dosáhlo průměrného snížení dávek lékařům v oblasti hlavy až o 99 %, v oblasti hrudníku o více než 90 % a v oblasti břicha o necelých 40 %. Podle studie jsou dávky při geometrii s rentgenkou umístěnou pod stolem 5-6krát nižší než při použití systémů s rentgenkou umístěnou nad stolem při stejných výkonech. (Súkupová, 2018)

Existují i další způsoby jak snížit dávku u pracovníků, hlavně u lékařů vykonávající intervenční výkony. Jedním z možných způsobů snížení dávek lékařům při rentgenových vyšetřeních je přiblížení pacienta k receptoru obrazu. Při přiblížení pacienta ze vzdálenosti 20 cm na 5 cm od receptoru lze dávku na vstupu pacienta snížit až o 60 %. Pokud má lékař možnost zvolit si, kde bude stát při projekci, je pro něj výhodnější stát u receptoru obrazu,

nikoliv u rentgenky, protože ta by mohla ozářit lékaře zpětným zářením. Další možností, jak snížit dávky lékařům, je použití menšího pole, což zmenšuje množství rozptýleného záření. Významný vliv na dávky lékařů má také projekce vzhledem k jejich pozici. (Súkupová, 2018)

„Obecně je podporován názor, že je důležitější snížení dávek lékařům, protože pracují se zářením téměř každodenně, zatímco jeden a týž pacient nepodstupuje opakovaně výkon tak často.“ (Súkupová, 2018, str. 205)

5 OSOBNÍ DOZIMETRIE

„Monitorování je cílené měření veličin radiačního pole a dozimetrických veličin a vyhodnocení a interpretace těchto měření s cílem hodnotit ozáření pracovníků a dalších osob, tedy stav radiační ochrany.“ (Švec, 2014b, str. 114)

Sledování osobních dávek a dodržování limitů pro ochranu před ozářením, optimalizace radiační ochrany, detekce odchylek od běžného provozu a kontrola bezpečného provozu jsou hlavní funkcí systému osobního monitorování, který je součástí systému radiačního monitorování na pracovišti s ionizujícími zdroji záření. U osobního monitorování pracovníků se jedná o zevní a vnitřní ozáření. *„Monitorování zevního ozáření osobními dozimetry se zajišťuje pro všechny pracovníky kategorie A“ (Podzimek, 2022, str. 270)* a jejich vyhodnocení probíhá každý měsíc. Držitel povolení musí informovat radiačního pracovníka o výsledcích osobního monitorování. Na dozimetru se vyhodnocuje osobní dávkový ekvivalent z vnějšího ozáření. (Podzimek, 2022; Šinkorová a Navrátil, 2014)

Systém osobního monitorování radiačních pracovníků musí: zajistit hodnocení ozáření radiačních pracovníků, umožnit hodnocení velikosti ozáření pracovníků, obsahovat popis hodnocených fyzikálních a biofyzikálních veličin, včas indikovat nestandardní situace. Osobní dozimetr musí být kalibrován v dané veličině, splňovat požadovanou energetickou a úhlovou závislost. Volba dozimetru závisí na druhu záření v radiačním poli a na tom jaká informace je vyžadována. Tam, kde dominuje gama záření, se využívají dozimetry termoluminiscenční (TLD), fotoluminiscenční (FLD), filmové (FD) a detektory s opticky stimulovanou luminiscencí (OSL). (Podzimek, 2022)

Osobní dozimetry se musí pravidelně kalibrovat, aby se zajistila správnost a přesnost hodnocení. Na dozimetrech se testuje a kalibruje následující: linearita odezvy dozimetru a rozsah měřitelnosti dozimetrické veličiny, závislost odezvy na úhlové distribuci radiačního pole, závislost odezvy dozimetru k různým druhům záření, citlivost dozimetru k různým fyzikálním a chemickým vlivům, stabilitu odezvy dozimetru v čase. (Podzimek, 2022)

Osobní dozimetr se nosí na referenčním místě. Toto místo se nachází na levé přední straně hrudníku. Při používání ochranné zástěry se dozimetr nosí vně zástěry. V případě, že nastávají situace, kdy jsou výrazně ozářeny jiné části těla je nutné pracovníky vybavit přídatným dozimetrem. Ve většině případů se jedná o ruce a nasazuje se prstový termoluminiscenční dozimetr na vnitřní stranu prsteníku více exponované ruky. (Švec, 2014b)

5.1 Veličiny a jednotky

Dozimetrické veličiny a jednotky charakterizují zdroje ionizujícího záření, popisují pole ionizujícího záření v prostoru a popisují interakce ionizujícího záření s látkou.

5.1.1 Veličiny dozimetrie ionizujícího záření

1. Dávka – D

Absorbovaná dávka je výchozí a hlavní veličinou pro posuzování biologického účinku záření. Je definována jako poměr střední energie ionizujícího záření $d\varepsilon$ sdělené objemovému elementu látky a hmotnosti tohoto elementu dm . Jednotkou dávky je gray (Gy) s rozměrem joule na kilogram (J.kg^{-1}).

$$\mathbf{D} = \frac{d\varepsilon}{dm}$$

2. Dávkový příkon – \dot{D}

Dávkový příkon charakterizuje změnu dávky dD v závislosti na čase dt . Jednotkou dávkového příkonu je gray za sekundu (Gy.s^{-1}).

$$\dot{\mathbf{D}} = \frac{dD}{dt}$$

3. Kerma – K

Kerma charakterizuje energii předanou nepřímo ionizujícím zářením nabitým částicím v daném prostředí. Je definována jako poměr, kde dE_k je součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic uvolněných ionizujícími částicemi v určitém objemu látky o hmotnosti dm . Jednotkou kermy je gray (Gy) s rozměrem joule na kilogram (J.kg^{-1}).

$$\mathbf{K} = \frac{dE_k}{dm}$$

4. Expozice – X

Expozice je definována pro fotonové záření ve vzduchu. Je definována jako podíl, kde dQ je absolutní hodnota celkového náboje všech iontů jednoho znaménka vniklých při úplném zabrzdění všech elektronů v daném místě v objemovém elementu vzduchu o hmotnosti dm . Jednotkou expozice je coulomb na kilogram (C.kg^{-1}). Dřívější jednotkou byl röntgen (R). (Podzimek, 2022; Švec, 2014b)

$$\mathbf{X} = \frac{dQ}{dm}$$

5.1.2 Veličiny používané v radiační ochraně

1. Relativní biologická účinnost – RBU, RBE

Relativní biologická účinnost je definována jako poměr, kde D_{ref} je dávka referenčního ionizujícího záření a D_{test} je dávka testovaného ionizujícího záření vyvolávající stejný biologický účinek.

$$RBU = \frac{D_{ref}}{D_{test}}$$

2. Dávkový ekvivalent – H

Dávkový ekvivalent je definován jako součin, kde D je dávka v daném bodě ve tkáni a Q je jakostní faktor. Jakostní faktor Q je bezrozměrné číslo, které vyjadřuje rozdílnou biologickou činnost různých druhů záření. Jednotkou dávkového ekvivalentu je sievert (Sv) s rozměrem joule na kilogram ($J \cdot kg^{-1}$).

$$H = D \cdot Q$$

3. Osobní dávkový ekvivalent – $H_p(d)$

Osobní dávkový ekvivalent je odvozená veličina a udává dávkový ekvivalent v daném bodě pod povrchem těla v měkké tkáni v hloubce d . Pro nepronikavé záření a ozáření kůže je hodnota $d = 0,07$ mm, pro ozáření oka $d = 3$ mm a pro pronikavé záření $d = 10$ mm. Jednotkou osobního dávkového ekvivalentu je sievert (Sv) s rozměrem joule na kilogram ($J \cdot kg^{-1}$).

4. Ekvivalentní dávka – H_T

Ekvivalentní dávka je v dané tkáni součin radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni T pro ionizující záření R . Jednotkou ekvivalentní dávky je sievert (Sv). Radiační váhový faktor w_R je bezrozměrná a pevně dána veličina, která vyjadřuje relativní biologickou účinnost jednotlivých typů záření.

$$H_T = w_R \cdot D_{TR}$$

5. Efektivní dávka – E

Efektivní dávka je definována jako součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních či orgánech vážených tkáňovým faktorem w_T . Jednotkou efektivní dávky je sievert (Sv). Tkáňový váhový faktor w_T vyjadřuje míru závažnosti ozáření jednotlivých orgánů při celotělovém ozáření. Pomocí efektivní dávky posoudíme riziko vzniku stochastických účinků záření. (Podzimek, 2022; Švec, 2014b)

$$E = \sum w_T \cdot H_T$$

5.2 Osobní dozimetry

5.2.1 Filmové dozimetry (FD)

Filmové dozimetry patří mezi základní typ osobního dozimetru. Používají se pro detekci beta, gama a RTG záření. Tyto dozimetry se skládají z fotografického filmu, který je světlotěsně zabalen do černého papíru. Ionizující záření prochází filmem a vytváří latentní obraz ve fotoemulzi, který se vyvoláním stává viditelným. Optická hustota zřednutí nebo zčernání filmu se fotometricky vyhodnocuje a udává integrální množství záření, které filmem prošlo. To pak indikuje dávku záření, která byla absorbována v látce vystavené této expozici. Film je umístěn v plastovém pouzdře s několika malými měděnými a olověnými plíšky různých tloušťek, které slouží jako filtry pro pohlcení záření v závislosti na jeho energii. Tyto filtry slouží k odhadnutí druhu a přibližné energie záření, ale samotný film nemá spektrometrické vlastnosti. Filtry také korigují závislost zčernání na energii záření. (Ullmann)

5.2.2 Termoluminiscenční dozimetry (TLD)

Když se určité dielektrické pevné látky vystaví ionizujícímu záření, může dojít k zachycení uvolněných elektronů nebo děr v lokálních poruchách mřížky. Tyto pasti lze opustit dodáním energie z vnějšku, například ohřevem. Část energie je vyzářena ve formě viditelného nebo ultrafialového světla, což se nazývá termoluminiscence. Do termoluminiscenčního dozimetru je uzavřeno přesně určené množství termoluminiscenční látky. Po skončení expozice se termoluminiscenční látka vyjme z pouzdra a zahřeje se na teplotu mezi 160-300°C. Emitované viditelné nebo ultrafialové záření se zachytí pomocí fotonásobiče. Malé rozměry a velký rozsah dávek jsou velkou výhodou TL dozimetrů, ale nevýhodou může být nákladné vyhodnocování. (Švec, 2014b)

5.2.3 Opticky stimulované dozimetry (OSL)

Nedestruktivní technika OSL se používá k vyhodnocení detektorů s opticky stimulovanou luminiscencí. Při této metodě se stimuluje ozářený OSL materiál (konkrétně krystal $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$) stabilním zeleným světlem z LED, čímž se vyzáří modré světlo, které se poté měří pomocí vysoce citlivého fotonásobiče. Intenzita modrého světla je úměrná obdržené radiační dávce, a po zpracování naměřené četnosti impulsů pomocí výpočetního algoritmu se získá hodnota osobního dávkového ekvivalentu. Způsob stimulace krystalu u OSL je tedy odlišný od ohřevu u TLD, ale fyzikální princip je velmi podobný. OSL dozimetry mají vysokou citlivost, přesnost a zachytí velký rozsah dávek. Největší výhodou je možnost opakovaného používání materiálu. (Podzimek, 2022; Švec, 2014b)

5.2.4 Fotoluminiscenční detektory (FLD)

Tyto detektory fungují na principu tvorby luminiscenčních center v určitých látkách, které jsou indukovány ionizujícím zářením. Nejčastěji se používají stříbrem dopovaná fosfátová skla. K dosažení luminiscence se používá UV světlo. Podobně jako u TLD dozimetrů, je množství vyzářeného světla úměrné dávce ionizujícího záření, které bylo absorbováno v detektoru. Fotoluminiscenční detektory mají obdobné vlastnosti jako TLD detektory, jako například dlouhodobou stabilitu odezvy, konstantní a vysokou citlivost, a nízkou energetickou závislost. Použití a interpretace odezvy jsou také podobné jako u TLD dozimetrů. (Podzimek, 2022)

5.2.5 Kontinuální detektory

Detektory kontinuálního typu umožňují sledovat intenzitu ionizujícího záření v reálném čase a jejich výstupní signál klesne na nulu nebo na hodnotu pozadí, pokud nejsou ozařovány. Elektronické detektory tvoří většinu této skupiny a mají výhodu okamžitého poskytnutí informace o expozici, což je důležité pro prevenci zdravotních následků. Tyto údaje se většinou zobrazují na displeji. Nevýhodou je vyšší cena a závislost na zdroji energie a také absence paměti pro uchování informace do budoucna. Základ těchto detektorů tvoří Geiger-Müllerův počítač a ionizační komůrky. U těchto detektorů lze nastavit i akustickou signalizaci. (Šinkorová a Navrátil, 2014)

6 INTERVENČNÍ RADIOLOGIE

Intervenční radiologie se vyvinula z diagnostické angiografie. Angiografie je zobrazení cévního řečiště a jedná se o arteriografii tepen, flebografii žil a lymfografii. Angiografii můžeme rozdělit na neinvazivní a invazivní. Mezi neinvazivní metody patří dopplerovská ultrasonografie, CT angiografie (CTA) a MR angiografie (MRA). Při invazivní metodě se aplikuje kontrastní látka intravaskulárně přímo do lumina cévy a následně je znázorněna rentgenovými metodami. Intervenční radiologie může zcela nahradit chirurgický výkon. Pro svoji miniinvazivitu má nezastupitelné místo v diagnostice a léčbě. (Vomáčka a kol., 2015; Procházka, c2012)

Angiografická vyšetření jsou prováděna pod skiaskopickou kontrolou na speciálních pracovištích pomocí angiografického kompletu. Angiografický přístroj, kdysi nazývaný angiolinka, obsahuje jedno nebo dvě C-ramena, která jsou upevněna ke stropu nebo k podlaze. Na rameni jsou naproti sobě uložena rentgenka a flat panel detektor. C-rameno se pohybuje všemi směry a tím lze dosáhnout různých projekcí vyšetřované části těla. Při pořizování 3D rotační angiografie, C-rameno dokáže rotovat kolem pacienta v úhlu 180° - 200°, díky tomu dostaneme prostorový obraz cév a celou sekvenci můžeme přehrávat v reálném čase, čehož využíváme při zobrazování krčních a mozkových tepen. Další součástí angiografického přístroje je volně pohyblivý stůl neboli plovoucí deska, kterou lze zaaretovat ve zvolené poloze. Stůl se dokáže pohybovat horizontálně, vertikálně a dá se i nastavit úhel sklonu stolu. K celému kompletu patří ještě tlakový injektor, který rychle a přesně dává kontrastní látku (KL), který je zároveň synchronizovaný s angiografickým přístrojem. Dále ještě displej pro sledování instrumentária v reálném čase a monitor životních funkcí. (Vomáčka a kol., 2015; Heřman a kol., 2014; Jašarová, 2008)

Konkrétní angiografický přístroj Siemens ARTIS icono floor, který je používán ve FNOL zobrazuje obrázek č. 6.



Obrázek 6 Angiografický přístroj Siemens ARTIS icono floor ve FNOL
Zdroj: Vlastní obrázek

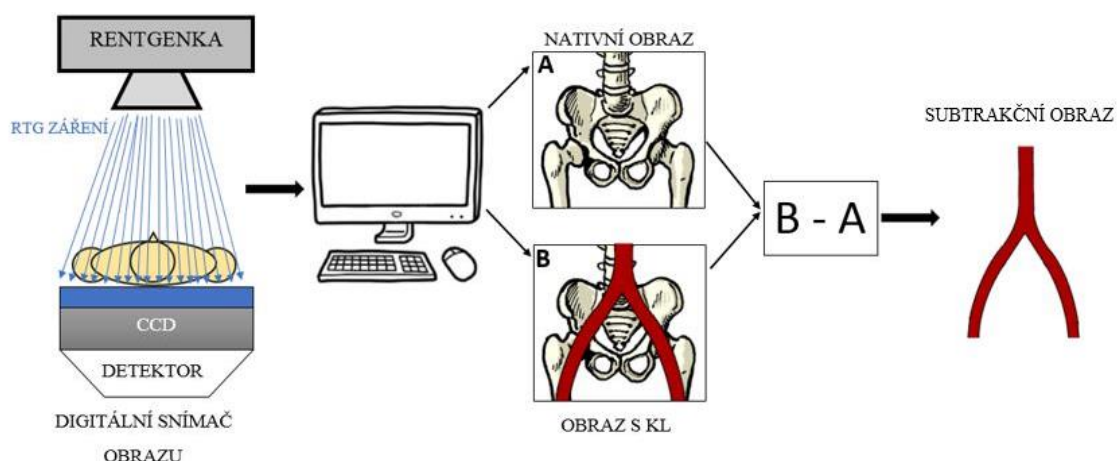
Rentgenka je v základní poloze C-ramena umístěna pod patientským stolem a receptor obrazu se nachází nad stolem, což znamená, že se provádí projekce PA (zadopřední). Dříve byly angiografické systémy vybaveny receptorem obrazu umístěným pod stolem, protože to bylo technologicky jediné možné řešení. Tento způsob však způsoboval vysoké osobní dávky intervenčních radiologů kvůli velkému množství rozptýleného záření vycházejícího z pacienta. (Súkupová, 2018)

6.1 Digitální subtrakční angiografie

Digitální subtrakční angiografie (DSA) je speciální metoda zvýšení kontrastu. Považuje se za zlatý standard zobrazení cév. Základním principem této metody je subtrakce neboli odečtení dvou snímků stejné oblasti lišící se přítomností kontrastní látky. Cílem subtrakce je zvýraznit anatomické struktury. Pro zobrazování arteriálního řečiště se používá termín digitální subtrakční angiografie (DSA) a pro venózní zobrazení se užívá termín flebografie. (Ferda, 2015; Ullmann)

Principem digitální subtrakční angiografie je provedení jednoho snímku vyšetřované oblasti bez kontrastní látky v cévách. Tento snímek se označuje jako maska. Následně se provede druhý snímek téže vyšetřované oblasti s náplní cév kontrastní látkou. Digitálním odečtením nativního obrazu od obrazu s kontrastní látkou se odečtou všechny (jsou substrahovány) struktury, které se nezměnily. Výsledkem je subtrakční obraz, na němž je jen zobrazena struktura naplněná kontrastní látkou. (Vomáčka a kol., 2015; Ullmann)

Grafické znázornění principu digitální subtrakční angiografie zobrazuje obrázek č. 7.



Obrázek 7 Princip digitální subtrakční angiografie
Zdroj: Vlastní obrázek

Výhodou digitální subtrakční angiografie je možnost použití zobrazovacích navigačních funkcí, které v důsledku snižují dávku pro pacienta i personál. Jedná se například o „shading/image fade“ neboli promítnutí předchozí angiografie do skiaskopického obrazu v různém nastavení jasu překryvu anebo je možnost použití „roadmapping“. Velkou nevýhodou digitální subtrakční angiografie jsou pohybové artefakty vznikající pohybem pacienta. Fyziologické pohybové artefakty lze primárně ovlivnit spoluprací s pacientem (pacient zadrží dech) nebo farmakologicky. Sekundárně lze tyto pohybové artefakty korigovat úpravou masky. (Vomáčka a kol., 2015; Procházka, c2012)

6.1.1 Roadmapping

Roadmapping je speciální aplikace digitálního odečítání. Stále častěji se používá při umístění katétrů a vodičů při chirurgických zákrocích a také při angiografii, zejména pokud jsou cévy velmi malé nebo složité. Z původního obrazu s maskou se pořizují odečtené obrazy. V tomto okamžiku je identifikován snímek s maximálním zastřením cév kontrastní látkou. Tento snímek se stává maskou roadmap. Maska se odečte od následných živých fluoroskopických snímků a vytvoří se tak odečtené fluoroskopické snímky v reálném čase, které se překryjí statickým obrazem cévního řečiště. Při použití subtrakční fluoroskopie může být vodič dobře viditelný, ale jeho vedení cévním řečištěm je obtížné, protože chybí vodítka označující cestu cév; roadmapping tato vodítka poskytuje a usnadňuje manévrování cévním řečištěm. (Carroll, 2018)

6.2 Volba expozičních parametrů a zobrazovací módy

Angiografické systémy neumožňují manuálně nastavovat expoziční parametry, ale jsou přednastaveny tak, aby automatika zajišťovala konstantní dávkový příkon pro flat panel detektor. Systém automaticky volí expoziční parametry v závislosti na velikosti prozařovaného objemu. V dnešní době jsou angiografické systémy vybaveny speciální expoziční automatikou s názvem Automatic Dose Rate Control (ADRC) nebo Automatic Exposure Control (AEC).

Dříve byl hlavní rozdíl mezi skiaskopií a akvizičním módem v tom, že skiaskopie byla kontinuální, zatímco akviziční mód pulzní. V současnosti je spíše rozdíl v použití: skiaskopie je určena pro sledování dynamických dějů po delší dobu, používá se jako kontrola při zavádění instrumentária a poskytuje nižší dávku, ale horší kontrast. Akviziční mód je určen pro zobrazení dynamických dějů po krátkou dobu, využívá se pro zachycení průběhu šíření kontrastní látky a poskytuje obraz s lepším kontrastem i prostorovým rozlišením. (Súkupová, 2018)

6.2.1 Skiaskopie

Skiaskopie je technika rentgenového zobrazení, která se používá k nepřetržitému sledování postupu instrumentů, jako jsou katétry, při zavádění do cév nebo jiných dutin pacienta. Historicky se používal nízký kontinuální proud k vizualizaci na fluorescenční desce a později se přešlo na kontinuální proud nízké hodnoty. V současnosti se častěji používá pulzní skiaskopie s různou délkou pulzů v rozmezí 3-10 ms v kardiologii, 10-30 ms v radiologii a počtem 7,5-15 pulzů za sekundu (p/s) v kombinaci s nízkým proudem a vysokou přídavnou filtrací. O kontinuální skiaskopii se jedná, když rtg systém kontinuálně produkuje záření a rychlost obnovení obrazu na displeji je 25-30x za sekundu. Nové angiografické systémy nedokážou poskytnout možnost kontinuální skiaskopie. Místo toho nabízejí pouze pulzní skiaskopii, která je při frekvenci až 30 p/s podobná kontinuální skiaskopii a je vhodná pro zobrazování rychle se pohybujících orgánů. (Súkupová, 2018)

Kvalita obrazu není tak dobrá jako u akvizice, ale stačí pro navigaci instrumentů. Použití pulzní skiaskopie výrazně snižuje dávku záření pro pacienty a frekvence 10-15 p/s je stále dostatečná pro kontinuální pohyb na obrazovce. Dávkový příkon je regulován ve vzdálenosti 30 cm od detektoru na maximálně 87 mGy/min a může být ještě vyšší v případě vysokodávkového skiaskopického módu, jako je fluoro+. (Súkupová, 2018)

6.2.2 Akviziční mód

Metoda rentgenového zobrazení zvaná akviziční mód, kino mód nebo skiagrafický mód, se používá ke sledování dynamických dějů v těle a k zobrazení sycení určitého orgánu nebo tkáně kontrastní látkou. Při této metodě intervenční radiolog pomocí skiaskopické kontroly umístí instrumentárium do správné polohy a aplikuje kontrastní látku, jejíž šíření je zaznamenáno v akvizičním módu. V akvizičním módu se používá cca 2-5x vyšší proud a nižší přídavná filtrace než u skiaskopie, což způsobuje kontrastnější obraz a lepší viditelnost tkáňových struktur. Akviziční mód je pulzní. Důležitým parametrem je frekvence snímků za sekundu, buď v pulzech (p/s) nebo v framech (fr/s) za sekundu. Rychlost snímkování závisí na konkrétní aplikaci. Pro sycení koronárních tepen se používá 15 fr/s, pro sycení dolních končetin 2–4 fr/s. Dávka na jeden snímek v akvizičním módu je však obecně mnohem vyšší asi 10-100x než ve skiaskopickém módu na jeden snímek a závisí na nastavených expozičních parametrech včetně použité přídavné filtrace. (Súkupová, 2018)

6.3 Intervenční výkony

Intervenční výkony se rozdělují na dvě velké skupiny, a to na vaskulární a nevaskulární. Vaskulární intervence se provádí na cévním systému a můžeme je rozdělit na diagnostické, terapeutické a diapaetické výkony. Nevaskulární intervence se provádí na ostatních systémech těla. (Procházka, c2012)

Pro intervenční výkony je důležité zvolit nejvhodnější přístupovou cestu do arteriálního řečiště. Nejpoužívanější přístupovou cestou je femorální přístup. Punkce arteria femoralis communis (AFC) se provádí na rozhraní střední a distální třetiny hlavice kyčelního kloubu. Punkci lze provést třemi způsoby:

1. Retrográdně – proximálně, proti směru toku krve.
2. Prográdně/antegrádně – distálně, po směru toku krve.
3. Crossover – vpich v pravém tříslu a přes bifurkaci se dostaneme do levého třísla a naopak.

Dalším přístupem je brachiální nebo axilární cesta. Popliteální přístup je využíván při žilních intervencích. Radiální přístup je používán pro katetrizace koronárního řečiště.

Přístupové cesty do žilního řečiště jsou: vena femoralis communis, vena poplitea, vena axillaris, vena brachialis, periferní končetinové žíly, vena jugularis interna nebo vena subclavia. (Procházka, c2012)

6.3.1 Vaskulární intervence

Perkutánní transluminální angioplastika (PTA) je metoda, při které dochází k rozšíření patologicky změněné cévní stěny na původní průměr zdravé cévy. Principem metody je mechanická dilatace cévy pomocí speciálního balonkového katétru, jehož průměr by měl odpovídat průměru cévy. Nejčastěji se využívá u končetinových tepen, dále se využívá např. u renálních tepen (PTRA – perkutánní transluminální renální angioplastika), u supraaortálních tepen, koronárních tepen (PTCA – perkutánní transluminální koronární angioplastika) a u dialyzačních arteriovenózních spojek (A-V spojka). (Vomáčka a kol., 2015; Heřman a kol., 2014)

Subintimální angioplastika (SAP) jinak nazývána subintimální rekanalizace (SIR) je metoda invazivní procedury k léčbě uzavřených nebo zúžených tepen v těle, při které se pomocí katétru vytvoří otvor v tepenné stěně. Vodič projde subintimálním prostorem okolo uzávěru až za něj, kde se vrátí zpět do lumina cévy. Následuje dilatace subintimálního prostoru balonkovým katétre a vytvoří se tím kanál pro průtok krve. (Heřman a kol., 2014)

Implantace stentů a stentgraftů do cévního řečiště pro zachování dlouhodobé průchodnosti cév po předchozí PTA. Stenty poskytují strukturální podporu, aby udržely cévy průchodné. Stent se skládá z kovové mřížky, která se před zavedením stlačí, ale poté se roztáhne na mnohem větší průměr. Doporučuje se implantovat stent o 10% většího průměru. Stenty mohou být buď samoexpandibilní nebo balonexpandibilní. Samoexpandibilní stent je při průchodu zaváděcím katétre držen na místě vnějším pouzdrém. Po dosažení cílového místa se pouzdro stáhne, což způsobí roztažení stentu. Většina balonexpandibilních stentů je již instalována na balonkovém katétre. Stentgrafty jsou stenty pokryté nepropustným materiálem. Nejčastěji jde o polytetrafluorethylen (PTFE) nebo goretexem. Používají se při zástavě krvácení rupturovaných cév nebo k léčbě aneurysmat či pseudoaneurysmat. (Athreya, 2022; Vomáčka a kol., 2015; Procházka, c2012)

Lokální kontinuální trombolýza je léčebný postup, který se používá v intervenční radiologii ke zlepšení průchodnosti cév a odstranění krevní sraženiny. Jedná se o způsob, jak rozpustit krevní sraženinu přímo v místě, kde se nachází, což umožňuje obnovit průchodnost cévy bez nutnosti operace. Trombolýza se provádí pomocí trombololytika, které se podává speciálním trombololytickým katétre přímo do trombu po dobu 24-48 hodin. Lék rozpouští sraženinu a umožňuje volný průtok krve. (Reith, 2016; Procházka, c2012)

Perkutánní aspirační tromboembolektomie (PAT) je metoda, která slouží k odstranění velmi čerstvých sraženin pomocí aspiračního katétru. Katétre umístíme těsně k uzávěru, vytvoříme podtlak pomocí 50ml stříkačky a aspirujeme trombus. (Procházka, c2012)

Mechanická trombektomie (MT) se využívá při kontraindikaci trombolytické léčby. Používá se při okluzích velkých mozkových tepen u ischemické mozkové příhody do 6 hodin od vzniku příznaků. Katétre se v tepně zavede až ke krevní sraženině a buď je rozpuštěna pomocí léků nebo intervenční radiolog použije mechanický, hydrodynamický nástroj nebo speciální extrakční stent a tím je sraženina odstraněna. (Ferda, 2015)

Endovaskulární léčba aneurysmat aorty (EVAR – endovaskulární aortální reparace) je alternativní metoda klasické otevřené operace. Tento zákrok se používá k léčbě aneurysmat na aortě nejčastěji u aneurysmatu abdominální aorty (AAA). Aortické aneurysma může být nebezpečné, protože pokud dojde k jeho ruptuře, může to vést k masivním krevním ztrátám a ohrozit život pacienta. Stentgraft je umístěn přes společnou femorální tepnu proximálně do aorty. (Vogl and Bodelle, 2016)

Terapeutická embolizace je metoda, která se používá k léčbě krvácení, aneurysmat nebo při léčbě arteriovenózní malformací (AVM). Existuje celá škála embolizačního materiálu a jejich výběr závisí na stavu pacienta a na cílové oblasti. Materiály mohou být buď dočasné (resorbovatelné) nebo trvalé (neresorbovatelné). Do dočasného materiálu řadíme embolizační směs, kdy se jedná o želatinovou pěnu (Gelaspon) rozmíchanou s Lipiodolem. Do trvalého materiálu můžeme zařadit mikročástice, tkáňová lepidla – Histoacryl nebo Onyx, sklerotizační látky – 96 % ethanol. Dále kovové spirály, které se dělí na volně ložené a řízeně odpoutatelné. (Vomáčka a kol., 2015)

Chemoembolizace jater. Jedná se o kombinaci dvou technik: chemoterapie a embolizace. Během chemoembolizace se cytostatika vstříkují přímo do tepny, která zásobuje nádor krví. To umožňuje koncentrovanou dávku léku dostat přímo do nádoru, což zvyšuje jeho účinnost a zároveň minimalizuje vedlejší účinky na zdravé tkáně. Následně se tepna embolizuje, což brání průtoku krve do nádoru a omezují jeho zásobování kyslíkem a živinami, čímž se snižuje jeho růst. Chemoembolizace jater může být účinnou metodou při léčbě rakoviny jater, zejména v případech, kdy není možné provést operaci nebo transplantaci jater. (Heřman a kol., 2014)

Sklerotizace periferních cévních malformací. Výkon se provádí perkutánním vpichem do cévní arteriovenózní malformace, kam se po punkci aplikuje 96% ethanol. Tento výkon se provádí v celkové anestezii, protože je velmi bolestivý. (Heřman a kol., 2014)

Implantace kaválních filtrů se provádí u pacientů s tromboembolickou nemocí (TEN). Kavální filtr slouží k zábraně nové plicní embolie a zavádí se u pacientů, u kterých antikoagulační terapie není možná. Kavální filtr je samoexpandibilní košíček, který se zavádí do dolní duté žíly (DDŽ) pod ústí renálních žil. Před zavedením se provede kavografie dolní duté žíly, aby se zajistilo správné místo umístění. Existují tři druhy kaválních filtrů – permanentní, dočasné (připevněné ke katétru, tak aby mohly být odstraněny) a odstranitelné (implantace jako potencionálně permanentní a do určité doby je lze perkutánní cestou speciálním instrumentářiím vyjmout). (Heřman a kol., 2014; Procházka, c2012)

Transjugulární portosystémový shunt (TIPS). Podstatou tohoto výkonu je vytvoření zkratu mezi portální žílou a venou hepaticou, pomocí zavedení stentgraftu do punkčního kanálu. Výkon má za cíl snížit tlak v portálním řečišti a omezit tak krvácení z jícnových varixů. (Ferda, 2015)

Arteriovenózní fistula (AVF) je uměle vytvořené spojení mezi tepnami a žilami bez odpovídajících kapilárních řečišť pro dialyzační přístup. Endovaskulární arteriovenózní píštěl (endoAVF) je relativně nová miniinvazivní technika tvorby AVF. Jde o endovaskulární vytvoření side-to-side anastomózy mezi přilehlou tepnou a žílou s využitím radiofrekvenční nebo tepelné energie. Existuje mnoho různých možných umístění pro vytvoření AVF, včetně předloktí, nadloktí a stehna. (Rana and Milovanovic, 2022)

6.3.2 Nevaskulární intervence

Perkutánní transhepatická drenáž žlučových cest (PTD). Drenáž žlučových cest předchází perkutánní transhepatická cholangiografie (PTC). Jedná se o proceduru, při které se vytváří malý otvor v kůži vpravo v 10. nebo 11. mezižebří, a do jater se zavádí katétr pomocí jehly a vodiče. Tento katétr je naveden přes játra až do žlučových cest nebo až za jejich ústí do střev (nejčastěji do duodena), kde umožňuje odtok žluči přímo do střeva nebo do odvodňovacího vaku. (Vomáčka a kol., 2015; Heřman a kol., 2014)

Dilatace benigních stenóz žlučových cest se provádí velmi málo a spíše jen po chirurgickém výkonu. U benigních stenóz je principem balonková dilatace stenózy a dlouhodobá drenáž. U maligních stenóz lze zavést samoexpandibilní stent. (Vomáčka a kol., 2015; Heřman a kol., 2014)

Dilatace stenóz na GIT se provádějí pod skiaskopickou kontrolou. Po lokální anestezii se zavede po vodiči dilatační balón do místa stenózy, kde plně rozvineme balón a dilatujeme po dobu 10 minut. Tuto metodu lze použít i u dilatace rekta a sigmoidea. Dilatace je prováděna u pacientů s projevem dysfágie. Indikováni jsou pacienti s ezofagitidou, stavy po poleptání jícnu a žaludku a achalázie. (Vomáčka a kol., 2015; Heřman a kol., 2014)

Paliativní léčba dysfágie stenty. Tento výkon se provádí u pacientů s inoperabilními nádory jícnu a kardie, u benigních a pooperačních stenóz a u rekanalizace před ozářením. Principem je zavedení stentu do místa stenózy po předchozí dilataci minimálně na šířku zavaděče. (Heřman a kol., 2014)

6.4 Práce intervenčního týmu

6.4.1 Práce intervenčního radiologa

Úkolem lékaře na oddělení intervenční radiologie je diagnostika a léčba pacientů pomocí různých zobrazovacích metod a minimálně invazivních zákroků. Lékař je odpovědný za vedení týmu odborníků, jako jsou zdravotní sestry a radiologičtí asistenti. Jeho role v týmu je nezastupitelná, neboť je to právě on, kdo provádí samotný výkon. Jeho vedoucí pozice vyžaduje, aby srozumitelně komunikoval s ostatními členy týmu, své požadavky na formu asistence, specifický materiál, či zobrazení. Lékař nese odpovědnost za to, že provádí výkony v souladu s odbornými doporučeními a tím zajišťuje jejich bezpečné provedení a minimalizuje možnost vzniku komplikací. Lékař musí poskytnout informace o proceduře pacientovi a sledovat celkový stav pacienta před, během a po zákroku. Spolupracuje s ostatními lékaři a specialisty jako jsou kardiologové, onkologové a další, aby byla pacientům poskytnuta adekvátní péče. Lékař může být zapojen do výzkumu a vývoje nových technologií a postupů v oblasti intervenční radiologie.

6.4.2 Práce sestry instrumentářky

Sestry na oddělení intervenční radiologie mají velmi důležitou roli při poskytování kvalitní péče pacientům. Jejich úkolem je zajistit veškerou ošetrovatelskou péči před, v průběhu i po výkonu. Jejich úkolem je kontrola přípravy pacienta pro výkon (omezení příjmu potravy nebo pití před zákrokem, podání potřebných léků v rámci premedikace). Dále pak edukace pacienta (nutnost spolupráce v průběhu výkonu a v průběhu očekávané následné péče). Po čas výkonu je to pak monitorace životních funkcí pacienta. Sestry připravují potřebné instrumentarium na sterilním stolku a dle pokynů lékaře provádí asistenci v podobě

instrumentace (včas podávají potřebný materiál a provádí úkony zadané lékařem). Ošetrovatelská péče po výkonu (zajištění komprese a klidového režimu).

Jsou také odpovědné za správné zpracování dokumentace související s intervenčními radiologickými zákroky. To zahrnuje vytváření a aktualizaci lékařských záznamů např. „Následné péče o pacienty po intervenčním výkonu“ a zpracování soupisu použitého materiálu pro následnou fakturaci.

6.4.3 Práce radiologického asistenta

Radiologický asistent musí mít požadované odborné znalosti a speciální přípravu, protože vykonává velmi odpovědnou práci na oddělení intervenční radiologie. Radiologický asistent spolu se zdravotními sestrami a lékaři vytváří intervenční tým. (Vomáčka a kol., 2015)

Radiologický asistent musí vědět, jak jednotlivé výkony probíhají, posloupnost úkonů lékaře, znát používaný materiál, orientovat se v rentgenové anatomii, znát možná rizika a komplikace a umět je správně vyřešit a reagovat na ně. Hlavně musí být správně zaškolen s ovládnutím angiografického přístroje včetně injektoru. Dbá na kontrolu a snižování dávky ionizujícího záření pro pacienta i pro personál a dodržuje pravidla radiační hygieny. V kontrolovaném pásmu dohlíží na používání ochranných pomůcek, monitoruje dávky a poučuje osoby při vstupu do kontrolovaného pásma. Další hlavní činností radiologického asistenta je administrativní práce, která spočívá ve vykazování kódů výkonů pro zdravotní pojišťovny, vedení statistiky výkonů na pracovišti a má na starost provozní deníky. (Vomáčka a kol., 2015; Procházka, c2012; Davidová)

Radiologický asistent před výkonem kontroluje technický stav a provozní stálost zařízení, dále komunikuje s pacientem, kdy mu vysvětlí, jaký výkon bude prováděn, co bude obnášet a jak má pacient spolupracovat. Spolupracuje na přípravě sterilního stolku s požadovaným materiálem. Dále připravuje infuzní sety, tlakový injektor, převádí pacientova data a žádanku do worklistu a vhodně volí parametry angiografického přístroje. Během výkonu ovládá C-rameno a provádí pokyny provádějícího intervenčního lékaře. Po výkonu zpracovává obrazovou dokumentaci, upravuje výsledný angiografický obraz pomocí postprocessingových metod, například zpracování 3D dat s využitím volume renderingu a upravená data posílá do PACSu (picture archiving and communicating system). (Vomáčka a kol., 2015; Procházka, c2012)

PRAKTICKÁ ČÁST

7 METODIKA

Praktická část diplomové práce je zpracována kvantitativním výzkumem s využitím observační prospektivní metody.

7.1 Výzkumné cíle a výzkumné otázky

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit a porovnat velikost radiační zátěže personálu oddělení intervenční radiologie (intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta) u vybraných běžně prováděných intervenčních výkonů na oddělení intervenční radiologie Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL).

K uvedenému cíli byly stanovené nulové a alternativní hypotézy:

H₀₁ Velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A1} Velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmu liší.

H₀₂ Velikost dávky se ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A2} Velikost dávky se ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmu liší.

H₀₃ Velikost dávky se ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A3} Velikost dávky se ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmu liší.

H₀₄ Velikost dávky se ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A4} Velikost dávky se ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmu liší.

H₀₅ Velikost dávky se ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A5} Velikost dávky se ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmu liší.

H₀₆ Velikost dávky se ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A6} Velikost dávky se ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmu liší.

H₀₇ Velikost dávky se pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami neliší.

H_{A7} Velikost dávky se pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami liší.

H₀₈ Velikost dávky se pro sestru instrumentářku mezi zvolenými skupinami neliší.

H_{A8} Velikost dávky se pro sestru instrumentářku mezi zvolenými skupinami liší.

H₀₉ Velikost dávky se pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami neliší.

H_{A9} Velikost dávky se pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami liší.

Dílčím cílem je konfrontace výsledků s výsledky práce obdobného charakteru z roku 2008, která byla provedena na stejném pracovišti. Konkrétně se jednalo o bakalářskou práci z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulty, napsanou Mgr. Ladou Skácelovou v roce 2008 s názvem Sledování radiační zátěže personálu u perkutánních intervencí.

7.2 Charakteristika souboru

Výběr probíhal metodou záměrného výběru. Výzkumný soubor tvořili zaměstnanci ve funkcích intervenční radiolog, sestra instrumentářka a radiologický asistent pracujících ve Fakultní nemocnici Olomouc. Ve FNOL na oddělení intervenční radiologie pracuje 5 intervenčních radiologů, 3 sestry instrumentářky a 4 radiologičtí asistenti. Výzkumu se zúčastnilo všech 12 zaměstnanců.

7.3 Metoda sběru dat

Měření dat probíhalo za běžného denního provozu na oddělení intervenční radiologie ve Fakultní nemocnici v Olomouci na přístroji Siemens ARTIS icono floor a Philips Allura Xper FD20. Personál, který se přímo účastnil intervenčních výkonů na katetrizačním sále, intervenční radiolog, sestra instrumentářka a radiologický asistent, byl před vybranými výkony vybaven přímo odečitatelnými osobními elektronickými dozimetry. Na výzkum byly použity přímo odečitatelné osobní elektronické dozimetry GRAETZ ED150 (Obr. 8) a sloužily k měření osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ obdrženého v průběhu výkonu. Dozimetry byly umístěny na referenční místo (levá přední strana hrudníku) na ochrannou zástěru. Po výkonu byly data z dozimetrů zapsané do tabulky. Spolu s osobním dávkovým ekvivalentem se zapisoval typ výkonu, celkový skiaskopický čas, skiaskopický protokol, celkový akviziční čas a akviziční protokol. Pro každý typ výkonu bylo provedeno několik měření. Sledované a měřené výkony byly rozděleny do sedmi skupin na základě specifických charakteristik. Výběr vychází z předpokladu, že intervenční výkony budou mít delší skiaskopický a akviziční čas, tím pádem by měli být obdržené dávky vyšší než u výkonů čistě diagnostických. O rozdělení do skupiny rozhodoval typ intervenčního výkonu, který určuje, v jaké tělní oblasti byl výkon prováděn, místo vstupu a vzdálenost personálu od primárního svazku záření. U všech výkonů zařazených do skupin 1–6 byla použita ochranná zástěna. Statistickými testy byla posouzena rozdílnost radiační zátěže mezi jednotlivými členy týmu a mezi různými výkony. V diskuzi jsou pak zjištěná data konfrontována s daty z práce obdobného charakteru, která byla provedena na stejném pracovišti v roce 2008.



Obrázek 8 Elektronický osobní dozimetr Graetz ED150

Zdroj: <https://graetz.com/produkte/dosismessgeraete/elektronisches-alarmdosimeter-graetz-ed150/>

7.3.1 Rozdělení výkonů

Skupina 1 – intervenční výkon prováděné na žlučových cestách. Zde byla zařazena perkutánní transhepatická drenáž žlučových cest (PTD) a dilatace žlučových cest. Místo vpichu se nachází v těsné blízkosti primárního svazku záření. Pacient leží hlavou směrem k zobrazovacímu systému, intervenční radiolog stojí na jeho pravé straně v oblasti břicha, vedle něho stojí sestra instrumentářka a radiologický asistent stojí 1,5 m od nich, u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Skupina 2 – intervenční výkon prováděné v oblasti břicha a pánve. Zde byly zařazeny tyto výkon: PTA a zavedení stentu do pánevního řečiště, perkutánní transluminální renální angioplastika (PTRA), embolizace na GIT, chemoembolizace jater, zavedení fenestrovaného stentgraftu do AAA (prováděno na přístroji Philips Allura Xper FD20) a dilatace recta. Místo vpichu arteria femoralis communis a je do 50 cm od primárního svazku záření. Pacient leží hlavou směrem k zobrazovacímu systému, intervenční radiolog stojí na jeho pravé straně v oblasti pánve, vedle něho stojí sestra instrumentářka a radiologický asistent stojí 1 m od nich, u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Skupina 3 – intervenční výkon prováděné na dolních končetinách. Zde byly zařazeny tyto výkon: PTA, zavedení stentu, trombolýza a trombektomie periferních cév dolních končetin. Místo vpichu arteria femoralis communis a je nad 50 cm od primárního svazku záření. Pacient leží nohama směrem k zobrazovacímu systému, intervenční radiolog stojí na jeho levé straně v oblasti pánve, vedle něho stojí sestra instrumentářka a radiologický asistent stojí 1 m od nich, u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Skupina 4 – intervenční výkony prováděné na horních končetinách. Zde byly zařazené výkony distálně od arteria axillaris včetně: zavedení stentů či PTA periferních cév horních končetin a dilatace AV shunt. Místo vpichu arteria radialis, arteria brachialis, arteria axilaris nebo AV shunt a je do 50 cm od primárního svazku záření. Pacient leží hlavou směrem k zobrazovacímu systému, intervenční radiolog stojí u vyšetřované ruky, sestra instrumentářka stojí naproti něj a radiologický asistent stojí 1,5 m od nich, u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Skupina 5 – intervenční výkony prováděné v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti. Zde byly zařazené tyto výkony: dilatace jícnu, zavedení stentu do jícnu, transjugulární portosystémový shunt (TIPS) a zavedení kaválního filtru. Místo vstupu přes dutinu ústní nebo vpichem do vena jugularis interna. Pacient leží hlavou směrem k zobrazovacímu systému, intervenční radiolog stojí za jeho hlavou, sestra instrumentářka stojí vedle něj a radiologický asistent stojí 2,5 m od nich, u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Skupina 6 – intervenční výkony prováděné v oblasti hlavy a krku. Zde byly zařazené tyto výkony: rekanalizace při ischemické cévní mozkové příhodě (iCMP), embolizace aneurysmat a cévních malformací, dilatace a zavedení stentu u stenóz karotických tepen a embolizace tumoru na krku. Místo vpichu arteria femoralis communis a je nad 1 m od primárního svazku záření. Pacient leží hlavou směrem k zobrazovacímu systému, intervenční radiolog stojí na jeho pravé straně v oblasti pánve, vedle něho stojí sestra instrumentářka a radiologický asistent stojí 1 m od nich, u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Skupina 7 – tuto skupinu tvoří výkony, které nebyly zařazené do předchozích skupin, a to z důvodu, že jde o výkony, které nemají standardně definované postavení personálu vůči primárnímu svazku záření nebo se pozice personálu vůči primárnímu svazku záření v průběhu výkonu zásadně mění anebo jde o výkony nové v práci z roku 2008 nezměřené. Zde patří sklerotizace malformací, PTA arteria subclavia pomocí techniky „through and through“ a endovaskulární AVF. Tyto výkony budou samostatně rozebrány v diskuzi.

7.4 Realizace výzkumu

Na základě souhlasného stanoviska Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (viz příloha č. 1) s realizací výzkumného šetření a současně se získáním souhlasu Fakultní nemocnice Olomouc s poskytnutím informací pro studijní účely (viz příloha č. 2) bylo zahájeno výzkumné šetření. Součástí souhlasů byl i vzor informovaného souhlasu pro účastníky výzkumu (viz příloha č. 3). Sběr dat probíhal v období od 8.11.2022 do 15.3.2023.

7.5 Metody zpracování dat

Získaná a naměřená data byla zpracována v programu Microsoft Excel pro Microsoft 365. Ke statistickému zpracování dat byl použit program Statistica. Všechny hypotézy byly testovány pomocí analýzy rozptylu a Scheffe testu. U první hypotézy byl ještě použit Kruskal–Wallis test. Testy byly provedeny na statistické hladině významnosti (p-hodnota) 0,05. Statisticky významné p-hodnoty jsou v tabulkách zvýrazněny červeně. Popisná statistika byla provedena pomocí aritmetického průměru, mediánu, směrodatné odchylky, minimální a maximální hodnoty.

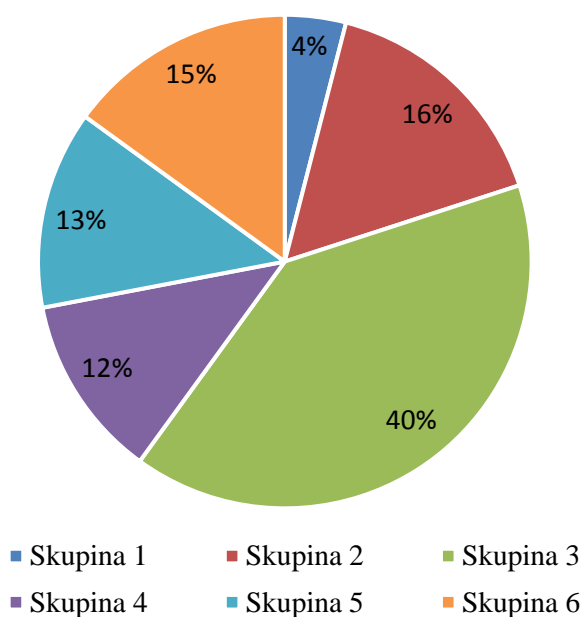
8 VÝSLEDKY

8.1 Popis souboru

Celkem bylo provedeno 107 měření, z toho 100 měření bylo rozděleno do prvních šesti skupin. Viz kapitola 7.3.1 rozdělení výkonů. Zbýlých sedm výkonů jsou takové, které nebyly zařazeny do předchozích skupin, a to z důvodu popsaných ve výše zmíněné kapitole a tvoří samostatnou skupinu 7.

Obrázek č. 9 znázorňuje relativní četnost výkonů ve skupinách. Do skupiny 1 byly zařazeny 4 (4 %) výkony. Do skupiny 2 bylo zařazeno 16 (16 %) výkonů. Do skupiny 3 bylo zařazeno 40 (40 %) výkonů. Do skupiny 4 bylo zařazeno 12 (12 %) výkonů. Do skupiny 5 bylo zařazeno 13 (13 %) výkonů. Do skupiny 6 bylo zařazeno 15 (15 %) výkonů.

Rozdělení výkonů do skupin



Obrázek 9 Graf rozdělení výkonů do skupin

8.1.1 Skupina 1

Celkem byly v této skupině měřeny 4 (4 %) výkony z celkového datového souboru. PTD byla měřená u 3 (3 %) výkonů a dilatace žlučových cest byla měřená u 1 (1 %) výkonu. Výsledky měření pro provedené PTD představuje tabulka č. 5.

Tabulka 5 Výsledky měření pro PTD

PTD	Intervenční radiolog H_p(10) [μSv]	Sestra instrumentářka H_p(10) [μSv]	Radiologický asistent H_p(10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	15,367	22,467	0,733	0:17:42	0:00:01
Medián	20,2	21,8	0,8	0:15:14	0:00:01
Minimum	5	6,5	0,2	0:07:53	0:00:01
Maximum	20,9	39,1	1,2	0:29:59	0:00:02
Počet	3				

Výsledek měření pro provedenou PTD Dilataci představuje tabulka č. 6.

Tabulka 6 Výsledek měření pro dilataci žlučových cest

	Intervenční radiolog H_p(10) [μSv]	Sestra instrumentářka H_p(10) [μSv]	Radiologický asistent H_p(10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Dilatace	86	6,1	0,2	0:04:02	0:00:02
Počet	1				

Výsledky pro všechny typy výkonů ze skupiny 1 představuje tabulka č. 7.

Tabulka 7 Výsledky měření pro skupinu 1

Skupina 1	Intervenční radiolog H_p(10) [μSv]	Sestra instrumentářka H_p(10) [μSv]	Radiologický asistent H_p(10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	33,025	18,375	0,6	0:14:17	0:00:02
Medián	20,55	14,15	0,5	0:11:33	0:00:02
Minimum	5	6,1	0,2	0:04:02	0:00:01
Maximum	86	39,1	1,2	0:29:59	0:00:02
Počet	4				

Ve skupině 1 byla průměrná dávka intervenčního radiologa $33,025 \pm 36,071 \mu\text{Sv}$ (min. $5 \mu\text{Sv}$ a max. $86 \mu\text{Sv}$), přičemž u PTD dilatace byla naměřená dávka nejvyšší. Průměrná dávka sestry instrumentářky byla $18,375 \pm 15,631 \mu\text{Sv}$ (min. $6,1 \mu\text{Sv}$ a max. $39,1 \mu\text{Sv}$), přičemž její nejvyšší naměřená dávka byla u PTD. Průměrná dávka radiologického asistenta byla $0,6 \pm 0,490 \mu\text{Sv}$ (min. $0,2 \mu\text{Sv}$ a max. $1,2 \mu\text{Sv}$), přičemž u PTD a dilatace žlučových cest byla naměřená dávka přibližně stejná. Průměrný skiaskopický čas byl $0:14:17 \pm 0:11:27$ (min. $0:04:02$ a max. $0:29:59$) a průměrný akviziční čas byl $0:00:02 \pm 0:00:01$ (min. $0:00:01$ a max. $0:00:02$).

8.1.2 Skupina 2

Celkem bylo v této skupině měřeno 16 (16 %) výkonů z celkového datového souboru. Embolizace byla měřená u 6 (6 %) výkonů, PTA pánevních tepen byla měřená u 5 (5 %) výkonů, PTRA byla měřená u 1 (1 %) výkonu, chemoembolizace byla měřená u 1 (1 %) výkonu, dilatace recta byla měřená u 1 (1 %) výkonu, implantace stentu do horní duté žíly byla měřená u 1 (1 %) výkonu a zavádění fenestrovaného stentgraftu bylo měřeno u 1 (1 %) výkonu.

Výsledky měření pro provedené embolizace představuje tabulka č. 8.

Tabulka 8 Výsledky měření pro embolizace

Embolizace	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	22,533	3,75	1,717	0:16:52	0:01:18
Medián	16	2,8	1	0:13:36	0:01:12
Minimum	6	0,3	0,3	0:05:57	0:00:37
Maximum	59,5	8,4	3,9	0:36:22	0:02:07
Počet	6				

Výsledky měření pro provedené PTA pánevních tepen představuje tabulka č. 9.

Tabulka 9 Výsledky měření pro PTA pánevních tepen

PTA pánevních tepen	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	96,72	16,12	5,54	0:10:07	0:01:06
Medián	27	3,8	2,3	0:11:03	0:01:07
Minimum	11,9	2,1	0,7	0:03:02	0:00:34
Maximum	345	67,3	21,3	0:17:34	0:01:47
Počet	5				

Výsledky měření pro provedené samostatné výkony z této skupiny představuje tabulka č. 10.

Tabulka 10 Výsledky měření pro samostatné výkony v této skupině

	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Chemoembolizace jater	109,6	13,4	2,1	0:08:10	0:00:50
Dilatace rectum	76,8	21,3	5,3	0:03:46	0:00:11
Fenestrovaný stentgraft	96,8	13,3	20,1	0:54:05	0:01:30
PTRA	4,7	1,6	0,2	0:05:57	0:00:23
Stent HDŽ	8,1	0,8	0,2	0:02:32	0:00:18
Počet	1				

Výsledky měření pro všechny typy výkonů ze skupiny 2 představuje tabulka č. 7.

Tabulka 11 Výsledky měření pro skupinu 2

Skupina 2	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skioskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	57,175	9,594	4,119	0:14:08	0:01:02
Medián	23,3	3,95	1,65	0:08:22	0:01:04
Minimum	4,7	0,3	0,2	0:02:32	0:00:11
Maximum	345	67,3	21,3	0:54:05	0:02:07
Počet	16				

Ve skupině 2 byla průměrná dávka intervenčního radiologa $57,175 \pm 84,553 \mu\text{Sv}$ (min. $4,7 \mu\text{Sv}$ a max. $345 \mu\text{Sv}$), přičemž naměřená dávka u zavádění fenestrovaného stentgraftu byla i přes extrémní hodnotu skioskopického času srovnatelná s průměrnou dávkou u PTA pánevních tepen. Průměrná dávka sestry instrumentářky byla $9,594 \pm 16,464 \mu\text{Sv}$ (min. $0,3 \mu\text{Sv}$ a max. $67,3 \mu\text{Sv}$), přičemž u zavádění fenestrovaného stentgraftu byla naměřená dávka nižší než u radiologického asistenta. Průměrná dávka radiologického asistenta byla $4,119 \pm 6,650 \mu\text{Sv}$ (min. $0,2 \mu\text{Sv}$ a max. $21,3 \mu\text{Sv}$), přičemž u zavádění fenestrovaného stentgraftu byla naměřená dávka vyšší než u sestry instrumentářky. Průměrný skioskopický čas byl $0:14:08 \pm 0:14:03$ (min. $0:02:32$ a max. $0:54:05$) a průměrný akviziční čas byl $0:01:02 \pm 0:00:33$ (min. $0:00:11$ a max. $0:02:07$).

8.1.3 Skupina 3

Celkem bylo v této skupině měřeno 40 výkonů provedených na dolních končetinách tj. 40 % z celkového datového souboru. Výsledky měření výkonů ze skupiny 3 představuje tabulka č. 12.

Tabulka 12 Výsledky měření pro skupinu 3

Skupina 3	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skioskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	19,25	2,445	0,805	0:11:36	0:02:04
Medián	9,8	1,45	0,5	0:09:25	0:01:39
Minimum	2,2	0,2	0,1	0:01:32	0:00:53
Maximum	115,5	12,4	4,4	0:33:20	0:04:44
Počet	40				

Ve skupině 3 byla průměrná dávka intervenčního radiologa $19,25 \pm 26,733 \mu\text{Sv}$ (min. $2,2 \mu\text{Sv}$ a max. $115,5 \mu\text{Sv}$), průměrná dávka sestry instrumentářky byla $2,445 \pm 2,678 \mu\text{Sv}$ (min. $0,2 \mu\text{Sv}$ a max. $12,4 \mu\text{Sv}$) a průměrná dávka radiologického asistenta byla $0,805 \pm 0,840 \mu\text{Sv}$ (min. $0,1 \mu\text{Sv}$ a max. $4,4 \mu\text{Sv}$). Průměrný skiaskopický čas byl $0:11:36 \pm 0:08:40$ (min. $0:01:32$ a max. $0:33:20$) a průměrný akviziční čas byl $0:02:04 \pm 0:01:02$ (min. $0:00:53$ a max. $0:04:44$).

8.1.4 Skupina 4

Celkem bylo v této skupině měřeno 12 výkonů provedených na horních končetinách tj. 12 % z celkového datového souboru. Výsledky měření výkonů ze skupiny 4 představuje tabulka č. 13.

Tabulka 13 Výsledky měření pro skupinu 4

Skupina 4	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skioskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	25,225	10,492	1,35	0:09:05	0:01:13
Medián	18,65	8,7	0,95	0:05:18	0:01:08
Minimum	5,6	0,8	0,1	0:01:35	0:00:43
Maximum	57,9	26,7	4	0:24:52	0:02:35
Počet	12				

Ve skupině 4 byla průměrná dávka intervenčního radiologa $25,225 \pm 16,688 \mu\text{Sv}$ (min. $5,6 \mu\text{Sv}$ a max. $57,9 \mu\text{Sv}$), průměrná dávka sestry instrumentářky byla $10,492 \pm 7,208 \mu\text{Sv}$ (min. $0,8 \mu\text{Sv}$ a max. $26,7 \mu\text{Sv}$) a průměrná dávka radiologického asistenta byla $1,35 \pm 1,337 \mu\text{Sv}$ (min. $0,1 \mu\text{Sv}$ a max. $4 \mu\text{Sv}$). Průměrný skiaskopický čas byl $0:09:05 \pm 0:08:19$ (min. $0:01:35$ a max. $0:24:52$) a průměrný akviziční čas byl $0:01:13 \pm 0:00:31$ (min. $0:00:43$ a max. $0:02:35$).

8.1.5 Skupina 5

Celkem bylo v této skupině měřeno 13 (13 %) výkonů z celkového datového souboru. Dilatace jícnu byla měřená u 7 (7 %) výkonů, aplikace stentu do jícnu byla měřená u 5 (5 %) výkonů a TIPS byl měřen u 1 (1 %) výkonu. Výsledky měření pro provedené dilatace jícnu představuje tabulka č. 14.

Tabulka 14 Výsledky měření pro dilatace jícnu

Dilatace jícnu	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	6,771	5,071	0,086	0:02:19	0:00:02
Medián	5,7	5,4	0	0:01:43	0:00:01
Minimum	2,2	2	0	0:01:01	0:00:01
Maximum	13,5	7,7	0,3	0:05:21	0:00:09
Počet	7				

Výsledky měření pro provedené aplikace stentu do jícnu představuje tabulka č. 15.

Tabulka 15 Výsledky měření pro aplikace stentu do jícnu

Stent do jícnu	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	21,6	34,86	0,62	0:06:02	0:00:01
Medián	15	32,6	0,6	0:06:00	0:00:01
Minimum	10,7	10,4	0,2	0:03:14	0:00:01
Maximum	50,6	54,7	1,2	0:07:35	0:00:03
Počet	5				

Výsledek měření pro provedený TIPS představuje tabulka č. 16.

Tabulka 16 Výsledky měření pro TIPS

	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
TIPS	24,4	12,3	12,6	0:12:02	0:00:50
Počet	1				

Výsledky pro všechny typy výkonů ze skupiny 5 představuje tabulka č. 17.

Tabulka 17 Výsledky měření pro skupinu 5

Skupina 5	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	13,831	17,085	1,254	0:04:30	0:00:06
Medián	10,7	7,7	0,2	0:03:14	0:00:01
Minimum	2,2	2	0	0:01:01	0:00:01
Maximum	50,6	54,7	12,6	0:12:02	0:00:50
Počet	13				

Ve skupině 5 byla průměrná dávka intervenčního radiologa $13,831 \pm 12,683 \mu\text{Sv}$ (min. $2,2 \mu\text{Sv}$ a max. $50,6 \mu\text{Sv}$), přičemž při dilataci jícnu byla naměřená dávka přibližně stejná jako u sestry instrumentářky. Průměrná dávka sestry instrumentářky byla $17,085 \pm 18,382 \mu\text{Sv}$ (min. $2 \mu\text{Sv}$ a max. $54,7 \mu\text{Sv}$), přičemž při implantaci stentu do jícnu byla průměrná dávka i medián dávky pro sestru instrumentářku naměřena vyšší hodnota než pro intervenčního radiologa. Průměrná dávka radiologického asistenta byla $1,254 \pm 3,427 \mu\text{Sv}$ (min. $0 \mu\text{Sv}$ a max. $12,6 \mu\text{Sv}$), přičemž u TIPS byla naměřená dávka srovnatelná s dávkou po sestru instrumentářku. Průměrný skiaskopický čas byl $0:04:30 \pm 0:03:15$ (min. $0:01:01$ a max. $0:12:02$) a průměrný akviziční čas byl $0:00:06 \pm 0:00:14$ (min. $0:00:50$ a max. $0:01:12$).

8.1.6 Skupina 6

Celkem bylo v této skupině měřeno 15 (15 %) výkonů z celkového datového souboru. Rekanalizace iCMP byl měřen u 8 (8 %) výkonů, embolizace aneuryzmatu byla měřená u 5 (5 %) výkonů, embolizace tumoru byla měřená u 1 (1 %) výkonu a PTA byla měřena u 1 (1 %) výkonu. Výsledky měření pro provedené rekanalizace iCMP představuje tabulka č. 18.

Tabulka 18 Výsledky měření pro rekanalizace iCMP

Rekanalizace iCMP	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	7,075	1,35	1,2625	0:12:46	0:00:55
Medián	5,25	0,8	0,6	0:07:20	0:00:56
Minimum	3,7	0,5	0,3	0:04:24	0:00:16
Maximum	17,1	4,2	4,3	0:29:45	0:02:07
Počet	8				

Výsledky měření pro provedené embolizace aneryzmatu představuje tabulka č. 19.

Tabulka 19 Výsledky měření pro embolizace AN

Embolizace AN	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	9,56	1,96	0,76	0:16:28	0:01:54
Medián	5,6	1,5	0,6	0:15:03	0:01:56
Minimum	1,3	0,4	0,2	0:11:55	0:01:14
Maximum	30,1	5,6	1,6	0:21:40	0:02:32
Počet	5				

Výsledky měření pro provedené samostatné výkony z této skupiny představuje tabulka č. 20.

Tabulka 20 Výsledky měření pro samostatné výkony v této skupině

	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Embolizace tumoru krk	4,1	0,9	0,5	0:14:49	0:02:21
PTA (ACaI)	1,9	0,2	0,2	0:10:31	0:00:54
Počet	1				

Výsledky pro všechny typy výkonů ze skupiny 6 představuje tabulka č. 21.

Tabulka 21 Výsledky měření pro skupinu 6

Skupina 6	Intervenční radiolog H _p (10) [μSv]	Sestra instrumentářka H _p (10) [μSv]	Radiologický asistent H _p (10) [μSv]	Skiaskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Stř. hodnota	7,36	1,447	0,973	0:13:59	0:01:21
Medián	5,1	0,9	0,6	0:13:25	0:01:06
Minimum	1,3	0,2	0,2	0:04:24	0:00:16
Maximum	30,1	5,6	4,3	0:29:45	0:02:32
Počet	15				

Ve skupině 6 byla průměrná dávka intervenčního radiologa $7,36 \pm 7,290$ μSv (min. 1,3 μSv a max. 30,1 μSv). Průměrná dávka sestry instrumentářky byla $1,447 \pm 1,517$ μSv (min. 0,2 μSv a max. 5,6 μSv). Průměrná dávka radiologického asistenta byla $0,973 \pm 1,087$ μSv (min. 0,2 μSv a max. 4,3 μSv). Pro všechny typy výkonů i pro všechny tři pracovníky byly naměřené dávky přibližně stejné. Průměrný skiaskopický čas byl $0:13:59 \pm 0:07:35$ (min. 0:04:24 a max. 0:29:45) a průměrný akviziční čas byl $0:01:21 \pm 0:00:44$ (min. 0:00:16 a max. 0:02:32).

8.1.7 Skupina 7

Celkem bylo v této skupině měřeno 7 výkonů. Sklerotizace v oblasti dolních končetin (DKK) byla měřená u 4 výkonů, PTA arteria subclavia (AS) byla měřená u 2 výkonů a endovaskulární AVF byla měřena u 1 výkonu. Výsledky měření pro provedené sklerotizace představuje tabulka č. 22.

Tabulka 22 Výsledky měření pro sklerotizace

Sklerotizace	Intervenční radiolog H_p(10) [μSv]	Sestra instrumentářka H_p(10) [μSv]	Radiologický asistent H_p(10) [μSv]	Skioskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
Sklerotizace LDK	530	29,4	5,5	0:02:11	0:04:40
Sklerotizace PDK	468	63	25	0:00:28	0:07:30
Sklerotizace LDK	96,2	3,7	4,9	0:02:00	0:05:44
Sklerotizace LDK	49,7	2,7	3,6	0:01:19	0:03:00
Počet	1				

Výsledky měření pro provedené PTA AS představuje tabulka č. 23.

Tabulka 23 Výsledky měření pro PTA AS

	Intervenční radiolog H_p(10) [μSv]	Sestra instrumentářka H_p(10) [μSv]	Radiologický asistent H_p(10) [μSv]	Skioskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
PTA (AS)	1,1	0,2	0,1	0:07:35	0:01:00
PTA LHK (AS)	4,1	0,6	0,5	0:35:38	0:02:56
Počet	1				

Výsledky měření pro provedené EndoAVF představuje tabulka č. 24.

Tabulka 24 Výsledek měření pro EndoAVF

	Intervenční radiolog H_p(10) [μSv]	Sestra instrumentářka H_p(10) [μSv]	Radiologický asistent H_p(10) [μSv]	Skioskopický čas [h:mm:ss]	Akviziční čas [h:mm:ss]
EndoAVF	43,8	8,8	0,4	0:37:23	0:04:13
Počet	1				

8.2 Testy hypotéz

8.2.1 První hypotéza

H₀₁ Velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A1} Velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmu liší.

První hypotéza byla testována pomocí neparametrického testu Kruskal-Wallisa, podle parametrické analýzy rozptylu, Scheffe testu a srovnává velikost dávky ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmu (intervenčním radiologem {1}, sestrou instrumentářkou {2} a radiologickým asistentem {3}). Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05. Pro nízký počet měření v této skupině byly provedeny dva testy.

Za pomoci neparametrického testu Kruskal-Wallisovy analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₁ i alternativní H_{A1} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmů liší. Tabulka č. 25 znázorňuje Kruskal-Wallis test: $H(2, N = 12) = 7,410526$, a že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,0246$, což ukazuje signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₁ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A1}.

Tabulka 25 Kruskal-Wallis test dávek pro skupinu 1

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; data 1 (List1 in data pro stat.stw) Independent (grouping) variable: Sk 1 Kruskal-Wallis test: $H(2, N=12) = 7,410526$ $p = ,0246$				
Depend.: data 1	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1	1	4	34,00000	8,500000
2	2	4	34,00000	8,500000
3	3	4	10,00000	2,500000

Za pomoci parametrické analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₁ i alternativní H_{A1} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmů neliší. Tabulka č. 26 znázorňuje, že p-hodnota není menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,185041$, což ukazuje nesignifikantní rozdíl. Alternativní hypotézu H_{A1} můžeme zamítnout ve prospěch nulové hypotézy H₀₁. Tabulka č. 27 znázorňuje, že ani Scheffe test neodhalil signifikantní rozdíly.

Tabulka 26 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 1

Analysis of Variance (List1 in data pro stat.stw) Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
data 1	2109,27	2	1054,63	4636,91	9	515,212	2,04699	0,18504

Tabulka 27 Scheffe test dávek pro skupinu 1

Scheffe Test; Variable: data 1 (List1 in data pro stat.stw) Marked differences are significant at p < ,05000			
Sk 1	{1}	{2}	{3}
	M=33,025	M=18,375	M=,60000
1 {1}		0,671392	0,185847
2 {2}	0,671392		0,562759
3 {3}	0,185847	0,562759	

8.2.2 Druhá hypotéza

H₀₂ Velikost dávky se ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A2} Velikost dávky se ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmu liší.

Druhá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffe testu a srovnává velikost dávky ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmu. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřená nulová H₀₂ i alternativní H_{A2} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmů liší. Tabulka č. 28 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně p = 0,007441, což ukazuje vysoce signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₂ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A2}.

Tabulka 28 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 2

Analysis of Variance (List1 in data pro stat.stw) Marked effects are significant at p < ,05000								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
data 2	27247,56	2	13623,78	111966,4	45	2488,141	5,475484	0,007441

Tabulka č. 29 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky ve skupině 2 mezi jednotlivými členy týmu liší. K tomuto účelu byl použit Scheffe test. Signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a sestrou instrumentářkou {2}, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně p = 0,034267. Další signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a radiologickým asistentem {3}, kde je p-hodnota nižší než 0,05 a to konkrétně p = 0,016189. Z toho vyplývá, že průměrná dávka pro intervenčního radiologa byla 5x větší než u sestry instrumentářky, a dokonce 13x větší než u radiologického asistenta.

Tabulka 29 Scheffe test dávek pro skupinu 2

Scheffe Test; Variable: data 2 (List1 in data pro stat.stw) Marked differences are significant at p < ,05000			
Sk 2	{1}	{2}	{3}
	M=57,175	M=9,5938	M=4,1188
1 {1}		0,034267	0,016189
2 {2}	0,034267		0,953002
3 {3}	0,016189	0,953002	

8.2.3 Třetí hypotéza

H₀₃ Velikost dávky se ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A3} Velikost dávky se ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmu liší.

Třetí hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffe testu a srovnává velikost dávky ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmu. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₃ i alternativní H_{A3} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmů liší. Tabulka č. 30 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně p = 0,0001, což ukazuje velmi vysoce signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₃ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A3}.

Tabulka 30 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 3

Analysis of Variance (List1 in data pro stat.stw) Marked effects are significant at p < ,05000								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
data 3	8337,542	2	4168,771	28178,12	117	240,8386	17,30940	0,000000

Tabulka č. 31 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky ve skupině 3 mezi jednotlivými členy týmu liší. K tomuto účelu byl použit Scheffe test. Velmi vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a sestrou instrumentářkou {2}, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně p = 0,000023. Další velmi vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a radiologickým asistentem {3}, kde je p-hodnota nižší než 0,05 a to konkrétně p = 0,000003. Z toho vyplývá, že průměrná dávka pro intervenčního radiologa byla skoro 9x větší než u sestry instrumentářky, a dokonce 24x větší než u radiologického asistenta.

Tabulka 31 Scheffe test dávek pro skupinu 3

Scheffe Test; Variable: data 3 (List1 in data pro stat.stw) Marked differences are significant at p < ,05000			
Sk 3	{1}	{2}	{3}
	M=19,250	M=2,4450	M=,80500
1 {1}		0,000023	0,000003
2 {2}	0,000023		0,894429
3 {3}	0,000003	0,894429	

8.2.4 Čtvrtá hypotéza

H₀₄ Velikost dávky se ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A4} Velikost dávky se ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmu liší.

Čtvrtá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffe testu a srovnává velikost dávky ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmu. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřená nulová H₀₄ i alternativní H_{A4} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmů liší. Tabulka č. 32 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,000016$, což ukazuje velmi vysoce signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₄ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A4}.

Tabulka 32 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 4

Analysis of Variance (List1 in data pro stat.stw)								
Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
data 4	3482,62	2	1741,31	3654,48	33	110,7415	15,72408	0,000016

Tabulka č. 33 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky ve skupině 4 mezi jednotlivými členy týmu liší. K tomuto účelu byl použit Scheffe test. Vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a sestrou instrumentářkou {2}, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,006541$. Velmi vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a radiologickým asistentem {3}, kde je p-hodnota nižší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,000018$. Z toho vyplývá, že průměrná dávka pro intervenčního radiologa byla 2,5x větší než u sestry instrumentářky, a dokonce 18x větší než u radiologického asistenta.

Tabulka 33 Scheffe test dávek pro skupinu 4

Scheffe Test; Variable: data 4 (List1 in data pro stat.stw)			
Marked differences are significant at $p < ,05000$			
Sk 4	{1}	{2}	{3}
	M=25,225	M=10,492	M=1,3500
1 {1}		0,00654	0,000018
2 {2}	0,00654		0,11985
3 {3}	0,000018	0,11985	

8.2.5 Pátá hypotéza

H₀₅ Velikost dávky se ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A5} Velikost dávky se ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmu liší.

Pátá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffé testu a srovnává velikost dávky ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmu. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₅ i alternativní H_{A5} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmů liší. Tabulka č. 34 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,009313$, což ukazuje vysoce signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₅ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A5}.

Tabulka 34 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 5

Analysis of Variance (List1 in data pro stat.stw) Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
data 5	1817,312	2	908,6562	6125,817	36	170,1616	5,33996	0,009313

Tabulka č. 35 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky ve skupině 5 mezi jednotlivými členy týmu liší. K tomuto účelu byl použit Scheffé test. Signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi sestrou instrumentářkou {2} a radiologickým asistentem {3}, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,014344$. Z toho vyplývá, že průměrná dávka pro sestru instrumentářku byla 13,5x větší než u radiologického asistenta.

Tabulka 35 Scheffé test dávek pro skupinu 5

Scheffe Test; Variable: data 5 (List1 in data pro stat.stw) Marked differences are significant at $p < ,05000$			
Sk 5	{1}	{2}	{3}
	M=13,831	M=17,085	M=1,2538
1 {1}		0,817840	0,061248
2 {2}	0,817840		0,014344
3 {3}	0,061248	0,014344	

8.2.6 Šestá hypotéza

H₀₆ Velikost dávky se ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmu neliší.

H_{A6} Velikost dávky se ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmu liší.

Šestá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffé testu a srovnává velikost dávky ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmu. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₆ i alternativní H_{A6} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmů liší. Tabulka č. 36 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,000269$, což ukazuje velmi vysoce signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₆ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A6}.

Tabulka 36 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 6

Analysis of Variance (List1 in data pro stat.stw) Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
data 6	379,9053	2	189,9527	792,8627	42	18,87768	10,06229	0,000269

Tabulka č. 37 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky ve skupině 6 mezi jednotlivými členy týmu liší. K tomuto účelu byl použit Scheffé test. Vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a sestrou instrumentářkou {2}, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,002476$. Další vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi intervenčním radiologem {1} a radiologickým asistentem {3}, kde je p-hodnota nižší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,001057$. Z toho vyplývá, že průměrná dávka pro intervenčního radiologa byla 5x větší než u sestry instrumentářky, a dokonce 7,5x větší než u radiologického asistenta.

Tabulka 37 Scheffe test dávek pro skupinu 6

Scheffe Test; Variable: data 6 (List1 in data pro stat.stw) Marked differences are significant at $p < ,05000$			
Sk 6	{1}	{2}	{3}
	M=7,3600	M=1,4467	M=,97333
1 {1}		0,002476	0,001057
2 {2}	0,002476		0,956515
3 {3}	0,001057	0,956515	

8.2.7 Sedmá hypotéza

H₀₇ Velikost dávky se pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami neliší.

H_{A7} Velikost dávky se pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami liší.

Sedmá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffé testu a srovnává velikost dávky pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₇ i alternativní H_{A7} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami liší. Tabulka č. 38 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně p = 0,011043, což ukazuje signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₇ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A7}.

Tabulka 38 Analýza rozptylu dávek pro intervenčního radiologa

Analysis of Variance (List1 in r+s+ra pro stat) Marked effects are significant at p < ,05000								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Lékař	24352,36	5	4870,471	144748,8	94	1539,881	3,162888	0,011043

Tabulka č. 39 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky pro intervenčního radiologa mezi zvolenými skupinami liší. K tomuto účelu byl použit Scheffé test. Signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi skupinou 2 a 6, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně p = 0,036201. Čísla v závorkách {1-6} označují zkoumané skupiny a M je hodnota průměrné dávky pro intervenčního radiologa pro danou skupinu.

Tabulka 39 Scheffé test dávek pro intervenčního radiologa

Scheffé Test; Variable: Lékař (List1 in r+s+ra pro stat) Marked differences are significant at p < ,05000							
Var5	{1} M=33,025	{2} M=57,175	{3} M=19,250	{4} M=25,225	{5} M=13,831	{6} M=7,3600	
1 {1}		0,942621	0,993707	0,999744	0,980669	0,928378	
2 {2}	0,942621		0,067941	0,478640	0,130809	0,036201	
3 {3}	0,993707	0,067941		0,998918	0,999219	0,961590	
4 {4}	0,999744	0,478640	0,998918		0,990867	0,925032	
5 {5}	0,980669	0,130809	0,999219	0,990867		0,999196	
6 {6}	0,928378	0,036201	0,961590	0,925032	0,999196		

8.2.8 Osmá hypotéza

H₀₈ Velikost dávky se pro sestru instrumentárku mezi zvolenými skupinami neliší.

H_{A8} Velikost dávky se pro sestru instrumentárku mezi zvolenými skupinami liší.

Osmá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffé testu a srovnává velikost dávky pro sestru instrumentárku mezi zvolenými skupinami. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₈ i alternativní H_{A8} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se pro sestru instrumentárku mezi zvolenými skupinami liší. Tabulka č. 40 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,000029$, což ukazuje velmi vysoce signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₈ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A8}.

Tabulka 40 Analýza rozptylu dávek pro sestru instrumentárku

Analysis of Variance (List1 in r+s+ra pro stat)								
Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Sestra	3385,808	5	677,1616	9737,139	94	103,5866	6,537156	0,000029

Tabulka č. 41 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky pro sestru instrumentárku mezi zvolenými skupinami liší. K tomuto účelu byl použit Scheffé test. Vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi skupinou 3 a 5, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,002218$. Další vysoce signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi skupinou 5 a 6, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,008824$. Čísla v závorkách {1-6} označují zkoumané skupiny a M je hodnota průměrné dávky pro sestru instrumentárku pro danou skupinu.

Tabulka 41 Scheffé test dávek pro sestru instrumentárku

Scheffe Test; Variable: Sestra (List1 in r+s+ra pro stat)						
Marked differences are significant at $p < ,05000$						
Var5	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	M=18,375	M=9,5938	M=2,4450	M=10,492	M=17,085	M=1,4467
1 {1}		0,793015	0,124087	0,874620	0,999971	0,131442
2 {2}	0,793015		0,351185	0,999964	0,568670	0,426881
3 {3}	0,124087	0,351185		0,337762	0,002218	0,999810
4 {4}	0,874620	0,999964	0,337762		0,757794	0,391495
5 {5}	0,999971	0,568670	0,002218	0,757794		0,008824
6 {6}	0,131442	0,426881	0,999810	0,391495	0,008824	

8.2.9 Devátá hypotéza

H₀₉ Velikost dávky se pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami neliší.

H_{A9} Velikost dávky se pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami liší.

Devátá hypotéza byla testována pomocí analýzy rozptylu, Scheffe testu a srovnává velikost dávky pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami. Test byl proveden na statistické hladině významnosti 0,05.

Za pomoci analýzy rozptylu byla ověřena nulová H₀₉ i alternativní H_{A9} hypotéza. Bylo zjištěno, že velikost dávky se pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami liší. Tabulka č. 42 znázorňuje, že p-hodnota je menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,015450$, což ukazuje signifikantní rozdíl. Nulovou hypotézu H₀₉ můžeme zamítnout ve prospěch alternativní hypotézy H_{A9}.

Tabulka 42 Analýza rozptylu dávek pro radiologického asistenta

Analysis of Variance (List1 in r+s+ra pro stat) Marked effects are significant at $p < ,05000$								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
RA	137,4474	5	27,48948	868,5950	94	9,240372	2,974932	0,015450

Tabulka č. 43 znázorňuje, kde konkrétně se velikost dávky pro radiologického asistenta mezi zvolenými skupinami liší. K tomuto účelu byl použit Scheffe test. Signifikantní rozdíl v dávkách byl zjištěn mezi skupinou 2 a 3, kde je p-hodnota menší než 0,05 a to konkrétně $p = 0,024486$. Čísla v závorkách {1-6} označují zkoumané skupiny a M je hodnota průměrné dávky pro radiologického asistenta pro danou skupinu.

Tabulka 43 Scheffe test dávek pro radiologického asistenta

Scheffe Test; Variable: RA (List1 in r+s+ra pro stat) Marked differences are significant at $p < ,05000$							
Var5	{1} M=,60000	{2} M=4,1188	{3} M=,80500	{4} M=1,3500	{5} M=1,2538	{6} M=,97333	
1 {1}		0,512738	0,999998	0,999264	0,999608	0,999973	
2 {2}	0,512738		0,024486	0,345984	0,281604	0,152471	
3 {3}	0,999998	0,024486		0,997628	0,998919	0,999989	
4 {4}	0,999264	0,345984	0,997628		1,000000	0,999822	
5 {5}	0,999608	0,281604	0,998919	1,000000		0,999954	
6 {6}	0,999973	0,152471	0,999989	0,999822	0,999954		

DISKUZE

V této diplomové práci jsem zjišťovala, jaká je radiační zátěž personálu oddělení intervenční radiologie u běžně prováděných intervenčních výkonů. Výzkumná část probíhala metodou kvantitativního prospektivního výzkumu. Celkem bylo provedeno 107 měření v období od listopadu 2022 do března 2023. Do měření byly zahrnuty všechny běžně prováděné intervenční výkony ve FNOL na přístroji Siemens ARTIS icono floor a Philips Allura Xper FD20. Rozdělní výkonů do skupin bylo popsáno v metodice. Měření bylo provedeno přímo odečitatelnými osobními elektronickými dozimetry GRAETZ ED150 a sloužily k měření osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ obdrženého v průběhu výkonu. Velikost dávky je udávána v μSv .

Hypotéza H1 byla ověřena neparametrickým statistickým testem Kruskal-Wallisa, jehož výsledkem bylo zjištění, že velikost dávky se ve skupině 1 mezi jednotlivými členy týmů liší. V této skupině dochází k signifikantnímu rozdílu ($p < 0,05$) velikosti dávek.

Zároveň byla hypotéza ověřena parametrickým statistickým testem. Ve skupině 1 se analýzami rozptylu potvrdilo, že se velikost dávek mezi jednotlivými členy týmu neliší. V této skupině dochází k nesignifikantním rozdílům ($p > 0,05$). Při ověření Scheffe testem byly zjištěny nesignifikantní rozdíly velikosti dávek mezi jednotlivými členy týmu. Důvodem pro použití tří různých statistických testů je velmi malý počet měření v této skupině. Zároveň je malý počet měření příčinou, že se výsledky testů neshodují.

Hypotézy H2-H6 byly ověřeny statistickými testy. V jednotlivých skupinách se analýzami rozptylu potvrdilo, že se velikost dávek mezi jednotlivými členy týmu liší. V těchto skupinách dochází k signifikantním rozdílům ($p < 0,05$) velikosti dávek.

U hypotéz H2-H6 byly Scheffe testy zjištěny signifikantní rozdíly ($p < 0,05$) velikosti dávek mezi intervenčním radiologem a sestrou instrumentářkou a mezi intervenčním radiologem a radiologickým asistentem. Kromě hypotézy H5, kde byly zjištěny signifikantní rozdíly velikosti dávek pouze mezi sestrou instrumentářkou a radiologickým asistentem.

Ve skupině 2 při zavedení fenestrovaného stentgraftu bylo naměřeno, že radiologický asistent dosáhl vyšší dávky než sestra instrumentářka. Tento výkon se provádí na přístroji Philips Allura Xper FD20 a jde o jediný výkon ze souboru, který je měřený na tomto přístroji. Při tomto výkonu pozice radiologického asistenta není pouze u ovládací konzole, ale částečně plní roli obíhající sestry a jeho pozice není stálá. Radiologický asistent je výrazně chráněn vzdáleností od primárního svazku záření, ale ochranné stínící prvky angiografického kompletu

byly nastaveny tak, aby chránily primárně intervenčního radiologa a sestru instrumentářku. Otázkou může být, zda je nastavení těchto ochranných prvků vůči radiologickému asistentovi optimální. Tento výkon byl do výzkumu zařazen z toho důvodu, aby se skladba výzkumného souboru co nejvíce přiblížila k původní práci z roku 2008.

Ve skupině 5 při dilatacích jícnu, bylo zjištěno, že sestra instrumentářka obdržela stejně velkou dávku jako intervenční radiolog. Při implantacích stentu do jícnu bylo zjištěno, že sestra instrumentářka obdržela větší průměrnou dávku, než intervenční radiolog, a i medián dávky je vyšší. Toto zjištění by mohlo být dáno postavením personálu při výkonu. Intervenční radiolog i sestra instrumentářka standardně stojí za hlavou pacienta. Intervenční radiolog je krytý ochrannou zástěnou a sestra instrumentářka, která stojí po jeho boku už nemusí být stejnou zástěnou plně krytá a stojí v přímé blízkosti primárního svazku záření. Při TIPS stojí sestra na opačné straně sterilního stolku, a tak se pohybuje dál od intervenčního radiologa, tím pádem se nachází dál od primárního svazku záření. Dále bylo zjištěno, že při tomto výkonu obdržel radiologický asistent stejnou dávku jako sestra instrumentářka. Přitom radiologický asistent byl od sestry instrumentářky vzdálený 1,5 m a od primárního svazku záření byl vzdálený 2 m.

Ve Skupině 6 byly naměřeny nejnižší průměrné dávky pro každého člena týmu. V této skupině byly prováděny výkony v oblasti hlavy a krku. Skutečnost, že zde vychází dávky nejnižší je dána postavením personálu při výkonu, protože ze všech skupin stojí personál nejdále od primárního svazku záření.

Hypotézy H7-H9 byly ověřeny statistickými testy, konkrétně analýzou rozptylu. U intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta se potvrdilo, že se velikost dávek mezi zvolenými skupinami liší. Pomocí Scheffe testu byly zjištěny signifikantní rozdíly ($p < 0,05$) dávek mezi zvolenými skupinami.

U intervenčního radiologa byl Scheffe testem zjištěn signifikantní rozdíl ($p < 0,05$) velikosti dávek mezi skupinou 2 a 6. U skupiny 2 byla vypočítána nejvyšší průměrná dávka 57,175 μSv a u skupiny 6 byla vypočítána nejnižší průměrná dávka 7,36 μSv . Rozdíl v těchto průměrných dávkách je 7,5x větší. U skupiny 2 se jednalo o výkony prováděné v oblasti břicha a pánve, kde intervenční radiolog stojí u místa vpichu arteria femoralis communis a primární svazek záření je v poměrné blízkosti nebo je do 50 cm. U skupiny 6 se jednalo o výkony prováděné v oblasti hlavy a krku, kde intervenční radiolog stojí u místa vpichu arteria femoralis communis a primární svazek záření se nachází v oblasti hlavy pacienta ve vzdálenosti nad 1 m.

U sestry instrumentářky byl Scheffe testem zjištěn vysoce signifikantní rozdíl ($p < 0,01$) velikosti dávek mezi skupinou 3 a 5. U skupiny 3 byla vypočítána průměrná dávka 2,445 μSv a u skupiny 5 byla vypočítána nejvyšší průměrná dávka 17,085 μSv . Rozdíl v těchto průměrných dávkách je 7x větší. U skupiny 3 se jednalo o výkony prováděné na dolních končetinách, kde sestra instrumentářka stojí u místa vpichu arteria femoralis communis vedle intervenčního radiologa ve vzdálenosti nad 50 cm od primárního svazku. U skupiny 5 se jednalo o výkony prováděné v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti, kde sestra instrumentářka stojí u hlavy pacienta v přímé blízkosti primárního svazku záření. Další vysoce signifikantní rozdíl ($p < 0,01$) ve velikosti dávek byl zjištěn mezi skupinou 5 a 6. U skupiny 6 byla vypočítána nejnižší průměrná dávka 1,447 μSv a u skupiny 5 byla vypočítána nejvyšší průměrná dávka 17,085 μSv . Rozdíl v těchto průměrných dávkách je 15,5x větší. U skupiny 6 se jednalo o výkony prováděné v oblasti hlavy a krku, kde sestra instrumentářka stojí vedle intervenčního radiologa u místa vpichu arteria femoralis communis a primární svazek záření se nachází v oblasti hlavy pacienta ve vzdálenosti nad 1 m. U skupiny 5 se jednalo o výkony prováděné v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti, kde sestra instrumentářka stojí u hlavy pacienta v přímé blízkosti primárního svazku záření.

U radiologického asistenta byl Scheffe testem zjištěn signifikantní rozdíl ($p < 0,05$) velikosti dávek mezi skupinou 2 a 3. U skupiny 3 byla vypočítána nejnižší průměrná dávka 0,805 μSv a u skupiny 2 byla vypočítána nejvyšší průměrná dávka 4,119 μSv . Rozdíl v těchto průměrných dávkách je 5x větší. U skupiny 3 se jednalo o výkony prováděné v oblasti na dolních končetinách, kde radiologický asistent stojí více jak 2 m od primárního svazku záření. U skupiny 2 se jednalo o výkony prováděné v oblasti břicha a pánve, kde radiologický asistent stojí ve vzdálenosti nad 1,5 m od primárního svazku záření.

V metodice v podkapitole rozdělení výkonů je ještě zařazena skupina 7. Do skupiny 7 bylo zařazeno sedm výkonů, kde se jedná o výkony, které jsou nové, nemají přesně definované standardní postavení personálu nebo se jejich postavení během výkonů mění. Byla zde zařazena 4x sklerotizace dolních končetin, 2x PTA arteria subclavia a 1x endovaskulární AVF.

Sklerotizace AVM v oblasti dolních končetin byla vyřazena z důvodu, že během výkonu není stálé postavení personálu a v některých případech není možné použití ochranných zástěn. U intervenčního radiologa byly naměřené dávky v rozpětí od 49,7 μSv do 530 μSv . U sestry instrumentářky byly naměřené dávky v rozpětí od 2,7 μSv do 63 μSv . U radiologického asistenta byly naměřené dávky v rozpětí od 3,6 μSv do 25 μSv . Při zaznamenávaných výkonech byl naměřen vysoký celkový akviziční čas od 0:03:00 do 0:07:30, nebylo použito ochranné

zástěny a po čas výkonu personál pracoval v přímé blízkosti primárního svazku záření, což mělo za následek zvýšení velikosti naměřené dávky.

PTA arteria subclavia nebyla zařazena z důvodu, že v průběhu výkonu byla použita technika „through and through“ - intervenční lékař a sestra instrumentářka mění pracovní pozice, postavení vůči zobrazovacímu systému i pacientovi. Místo vpichu arteria femoralis communis a arteria brachialis a tím i pracovní pozice jsou různě vzdálené od oblasti zájmu. V závislosti na průběhu výkonu, intervenční radiolog i sestra instrumentářka pracovní pozice střídají, a tak po čas výkonu není jejich vzdálenost vůči primárnímu svazku záření stejná. Radiologický asistent stojí celou dobu na stejném místě, a to u nohou pacienta, nejdále od primárního svazku záření.

Endovaskulární AVF je nový výkon, který se provádí zatím jen výjimečně, proto byl tento výkon změřen jen jednou. Tento výkon byl z výzkumu vyřazen z toho důvodu, aby se skladba výzkumného souboru co nejvíce přiblížila k původní práci z roku 2008.

Jedním z dílčích cílů této práce bylo konfrontovat výsledky mého výzkumu s výsledky práce obdobného charakteru, která byla provedena na stejném pracovišti v roce 2008. V roce 2008 bylo pracoviště intervenční radiologie ve FNOL vybaveno angiografickým přístrojem Multistar od firmy Siemens. Můj výzkum byl proveden na angiografickém přístroji od firmy Siemens ARTIS icono floor, který byl do FNOL nainstalován na jaře roku 2022 a Philips Allura Xper FD20. Rozdělení výkonů do skupin je identické. Nicméně ne všechny skupiny se opakují v obou pracích. Navíc neznáme konkrétní zastoupení jednotlivých výkonů ve zkoumaných skupinách v původní práci. V některých skupinách, kde bylo zařazeno více druhů výkonů, se toto zastoupení může mezi pracemi lišit. To může mít značný vliv na velikost naměřené dávky a zaznamenaných časů. Jelikož nemáme původní vstupní data, bylo srovnání provedeno pouze na základě popisné statistiky. Jelikož není možné provést statistické testování, nedokážeme tedy s jistotou říci, jestli jsou rozdíly ve velikosti naměřených dávek mezi oběma výzkumy signifikantní.

Shrnutí popisné statistiky měření výkonů pro skupinu 1 jsou obsaženy v tabulce č. 44 pro práci z roku 2008 a v tabulce č. 45 pro práci z roku 2023.

Tabulka 44 Popisná statistika skupiny 1 (2008)

skup.vyš.		dávka operatér	dávka asistent	dávka technik	čas (min.)
1	N	21	21	21	21
	Minimum	4,0	,3	,0	1,8
	Maximum	564,0	114,0	20,1	30,8
	Median	58,00	17,00	,80	10,50
	Mean	85,86	23,21	2,66	12,05
	Std. Deviation	119,79	25,20	5,07	8,89

Tabulka 45 Popisná statistika skupiny 1 (2023)

		Lékař	Sestra	Asistent	Skioskopický čas
1	Stř. hodnota	33,025	18,375	0,6	0:14:17
	Medián	20,55	14,15	0,5	0:11:33
	Směr. odchylka	36,071	15,631	0,49	0:11:27
	Minimum	5	6,1	0,2	0:04:02
	Maximum	86	39,1	1,2	0:29:59
	Počet	4	4	4	4

Tabulky č. 44 a 45 znázorňují popisné statistiky dávek pro skupinu 1 za rok 2008 a 2023. V této skupině se měřili výkony prováděné na žlučových cestách. Průměrná dávka v roce 2008 pro intervenčního radiologa byla 85,86 μSv a v roce 2023 byla 33,025 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro sestru instrumentářku byla 23,21 μSv a v roce 2023 byla 18,375 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro radiologického asistenta byla 2,66 μSv a v roce 2023 byla 0,6 μSv . Průměrný skiaskopický čas v roce 2008 byl 12 minut a v roce 2023 byl 14 minut.

Shrnutí popisné statistky měření výkonů pro skupinu 2 jsou obsaženy v tabulce č. 46 pro práci z roku 2008 a v tabulce č. 47 pro práci z roku 2023.

Tabulka 46 Popisná statistika skupiny 2 (2008)

skup.vyš.		dávka operatér	dávka asistent	dávka technik	čas (min.)
2	N	29	29	29	29
	Minimum	5,0	1,2	,1	4,8
	Maximum	128,0	122,0	7,0	67,2
	Median	33,00	5,00	,40	12,30
	Mean	41,39	13,05	1,08	17,89
	Std. Deviation	35,09	23,17	1,66	15,84

Tabulka 47 Popisná statistika skupiny 2 (2023)

		Lékař	Sestra	Asistent	Skioskopický čas
2	Stř. hodnota	57,175	9,594	4,119	0:14:08
	Medián	23,3	3,95	1,65	0:08:22
	Směr. odchylka	84,553	16,464	6,65	0:14:03
	Minimum	4,7	0,3	0,2	0:02:32
	Maximum	345	67,3	21,3	0:54:05
	Počet	16	16	16	16

Tabulky č. 46 a 47 znázorňují popisné statistiky dávek pro skupinu 2 za rok 2008 a 2023. V této skupině se měřily výkony prováděné v oblasti břicha a pánve. Průměrná dávka v roce 2008 pro intervenčního radiologa byla 41,39 μSv a v roce 2023 byla 57,175 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro sestru instrumentářku byla 13,05 μSv a v roce 2023 byla 9,594 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro radiologického asistenta byla 1,08 μSv a v roce 2023 byla 4,119 μSv . Průměrný skiaskopický čas v roce 2008 byl 17,89 minut a v roce 2023 byl 14 minut.

Shrnutí popisné statistiky měření výkonů pro skupinu 3 jsou obsaženy v tabulce č. 48 pro práci z roku 2008 a v tabulce č. 49 pro práci z roku 2023.

Tabulka 48 Popisná statistika skupiny 3 (2008)

skup.vyš.		dávka operatér	dávka asistent	dávka technik	čas (min.)
3	N	60	60	60	60
	Minimum	2,0	,1	,0	2,1
	Maximum	64,0	24,0	8,6	47,6
	Median	7,00	1,35	,15	10,65
	Mean	10,10	2,36	,41	14,86
	Std. Deviation	11,25	3,74	1,13	11,54

Tabulka 49 Popisná statistika skupiny 3 (2023)

		Lékař	Sestra	Asistent	Skiaskopický čas
3	Stř. hodnota	19,25	2,445	0,805	0:11:36
	Medián	9,8	1,45	0,5	0:09:25
	Směr. odchylka	26,733	2,678	0,84	0:08:40
	Minimum	2,2	0,2	0,1	0:01:32
	Maximum	115,5	12,4	4,4	0:33:20
	Počet	40	40	40	40

Tabulky č. 48 a 49 znázorňují popisné statistiky dávek pro skupinu 3 za roky 2008 a 2023. V této skupině se měřily výkony prováděné na dolních končetinách. Průměrná dávka v roce 2008 pro intervenčního radiologa byla 10,10 μSv a v roce 2023 byla 19,25 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro sestru instrumentářku byla 2,36 μSv a v roce 2023 byla 2,445 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro radiologického asistenta byla 0,41 μSv a v roce 2023 byla 0,805 μSv . Průměrný skiaskopický čas v roce 2008 byl 15 minut a v roce 2023 byl 12 minut.

V původní práci je uvedena skupina 4, ve které byly prováděny výkony PTA levé horní končetiny, u kterých z technických důvodů nebylo možné použití ochranné zástěny. Tuto skupinu nelze porovnat se skupinami v práci z roku 2023, protože nyní už se dá ochranná zástěna použít vždy. Z tohoto důvodu porovnávám skupinu 5 z roku 2008 a skupinu 4 z roku

2023, kde v obou skupinách bylo možné použít ochrannou zástěnu. Ve skupině 5 z roku 2008 to byly výkony prováděné na pravé horní končetině a u skupiny 4 z roku 2023 to byly výkony prováděné na obou horních končetinách.

Shrnutí popisné statistiky měření výkonů pro skupinu 5 jsou obsaženy v tabulce č. 50 pro práci z roku 2008 a pro skupinu 4 v tabulce č. 51 pro práci z roku 2023.

Tabulka 50 Popisná statistika skupiny 5 (2008)

skup.vyš.		dávka operátor	dávka asistent	dávka technik	čas (min.)
5	N	7	7	7	7
	Minimum	3,8	,5	,1	,9
	Maximum	24,0	4,0	2,0	16,7
	Median	6,00	2,10	,30	5,10
	Mean	8,11	2,06	,66	6,71
	Std. Deviation	7,15	1,17	,74	5,07

Tabulka 51 Popisná statistika skupiny 4 (2023)

		Lékař	Sestra	Asistent	Skioskopický čas
4	Stř. hodnota	25,225	10,492	1,35	0:09:05
	Medián	18,65	8,7	0,95	0:05:19
	Směr. odchylka	16,688	7,208	1,337	0:08:19
	Minimum	5,6	0,8	0,1	0:01:35
	Maximum	57,9	26,7	4	0:24:52
	Počet	12	12	12	12

Tabulky č. 50 a 51 znázorňují popisné statistiky dávek pro skupinu 5 za rok 2008 a pro skupinu 4 za rok 2023. Průměrná dávka v roce 2008 pro intervenčního radiologa byla 8,11 μ Sv a v roce 2023 byla 25,225 μ Sv. Průměrná dávka v roce 2008 pro sestru instrumentářku byla 2,06 μ Sv a v roce 2023 byla 10,492 μ Sv. Průměrná dávka v roce 2008 pro radiologického asistenta byla 0,66 μ Sv a v roce 2023 byla 1,35 μ Sv. Průměrný skiaskopický čas v roce 2008 byl 7 minut a v roce 2023 byl 9 minut.

Shrnutí popisné statistiky měření výkonů pro skupinu 6 jsou obsaženy v tabulce č. 52 pro práci z roku 2008 a pro skupinu 5 v tabulce č. 53 pro práci z roku 2023.

Tabulka 52 Popisná statistika skupiny 6 (2008)

skup.vyš.		dávka operátor	dávka asistent	dávka technik	čas (min.)
6	N	22	22	22	22
	Minimum	1,0	,0	,0	,2
	Maximum	178,0	34,0	211,0	70,4
	Median	5,50	6,65	,30	4,85
	Mean	28,18	10,52	17,55	11,23
	Std. Deviation	52,34	10,17	53,66	17,35

Tabulka 53 Popisná statistika skupiny 5 (2023)

		Lékař	Sestra	Asistent	Skiaskopický čas
5	Stř. hodnota	13,831	17,085	1,254	0:04:30
	Medián	10,7	7,7	0,2	0:03:14
	Směr. Odchylka	12,683	18,382	3,427	0:03:15
	Minimum	2,2	2	0	0:01:01
	Maximum	50,6	54,7	12,6	0:12:02
	Počet	13	13	13	13

Tabulky č. 52 a 53 znázorňují popisné statistiky dávek pro skupinu 6 za rok 2008 a pro skupinu 5 za rok 2023. Průměrná dávka v roce 2008 pro intervenčního radiologa byla 28,18 μSv a v roce 2023 byla 13,831 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro sestru instrumentářku byla 10,52 μSv a v roce 2023 byla 17,085 μSv . Průměrná dávka v roce 2008 pro radiologického asistenta byla 17,55 μSv a v roce 2023 byla 1,254 μSv . Průměrný skiaskopický čas v roce 2008 byl 11 minut a v roce 2023 byl 5 minut.

Shrnutí popisné statistiky měření výkonů pro skupinu 6 jsou obsaženy v tabulce č. 54 pro práci z roku 2023.

Tabulka 54 Popisná statistika skupiny 6 (2023)

		Lékař	Sestra	Asistent	Skiaskopický čas
6	Stř. hodnota	7,36	1,447	0,973	0:13:59
	Medián	5,1	0,9	0,6	0:13:25
	Směr. odchylka	7,29	1,517	1,087	0:07:35
	Minimum	1,3	0,2	0,2	0:04:24
	Maximum	30,1	5,6	4,3	0:29:45
	Počet	15	15	15	15

Do mého výzkumu byla ještě zařazena skupina 6, viz tabulka č. 54, kde byly zařazeny výkony, které byly provedeny v oblasti hlavy a krku. V původní práci z roku 2008 nebyla tato skupina měřena. Z tohoto důvodu nemá tato skupina protějšek.

Průměrné naměřené dávky pro intervenčního radiologa, sestru instrumentářku a radiologického asistenta pro rok 2008 a 2023 představuje tabulka č. 55, 56 a 57. Průměrný skiaskopický čas pro rok 2008 a 2023 představuje tabulka č. 58.

Tabulka 55 Průměrné naměřené dávky pro intervenčního radiologa pro rok 2008 a 2023

Intervenční radiolog $H_p(10)$ [μ Sv]	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 5 2008 a skupina 4 2023	Skupina 6 2008 a skupina 5 2023	Skupina 6 2023
Stř. hodnota 2008	85,86	41,39	10,1	8,11	28,18	
Stř. hodnota 2023	33,025	57,175	19,25	22,225	13,837	7,36

Tabulka 56 Průměrné naměřené dávky pro sestru instrumentářku pro rok 2008 a 2023

Sestra instrumentářka $H_p(10)$ [μ Sv]	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 5 2008 a skupina 4 2023	Skupina 6 2008 a skupina 5 2023	Skupina 6 2023
Stř. hodnota 2008	23,21	13,05	2,36	2,06	10,52	
Stř. hodnota 2023	18,375	9,594	2,445	10,492	17,085	1,447

Tabulka 57 Průměrné naměřené dávky pro radiologického asistenta pro rok 2008 a 2023

Radiologický asistent $H_p(10)$ [μ Sv]	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 5 2008 a skupina 4 2023	Skupina 6 2008 a skupina 5 2023	Skupina 6 2023
Stř. hodnota 2008	2,66	1,08	0,41	0,66	17,55	
Stř. hodnota 2023	0,6	4,119	0,805	1,35	1,254	0,973

Tabulka 58 Průměrných skiaskopické časy pro rok 2008 a 2023

Skiaskopický čas	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 5 2008 a skupina 4 2023	Skupina 6 2008 a skupina 5 2023	Skupina 6 2023
Stř. hodnota 2008 [mm]	12,05	17,89	14,86	6,71	11,23	
Stř. hodnota 2023 [h:mm:ss]	0:14:17	0:14:08	0:11:36	0:09:05	0:04:30	0:13:59

Z mého výzkumu vyplynulo, že nejnižší dávky obdržel intervenční radiolog při výkonech prováděných v oblasti hlavy a krku, a nejvyšší dávky obdržel při výkonech prováděných v oblasti břicha a pánve. Z výzkumu z roku 2008 vyplývá, že intervenční radiolog obdržel nejnižší dávku při výkonech v oblasti horních končetin a nejvyšší dávku obdržel při výkonech prováděných v oblasti žlučových cest.

Z mého výzkumu vyplynulo, že nejnižší dávku obdržela sestra instrumentářka při výkonech prováděných v oblasti hlavy a krku, a nejvyšší dávku obdržela při výkonech

prováděných v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti, zejména jde o implantaci stentu do jícnu. Z výzkumu z roku 2008 vyplývá, že sestra instrumentářka obdržela nejnižší dávku při výkonech prováděných na pravé horní končetině a nejvyšší dávku obdržela při výkonech prováděných v oblasti žlučových cest.

Z mého výzkumu vyplynulo, že nejnižší dávky obdržel radiologický asistent při výkonech prováděných na dolních končetinách a na žlučových cestách, a nejvyšší dávky obdržel při výkonech prováděných v oblasti břicha a pánve. Z výzkumu z roku 2008 vyplývá, že radiologický asistent obdržel nejnižší dávku při výkonech prováděných na dolních končetinách a nejvyšší dávku obdržel při výkonech prováděných v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti.

Z mého výzkumu vyplynulo, že nejkratší průměrný skiaskopický čas byl při výkonech prováděných v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti, a nejdelší průměrný skiaskopický čas byl při výkonech prováděných v oblasti žlučových cest a v oblasti pánve a břicha. Z výzkumu z roku 2008 vyplývá, že nejkratší průměrný skiaskopický čas byl při výkonech prováděných na pravých horních končetinách a nejdelší průměrný skiaskopický čas byl při výkonech prováděných v oblasti pánve a břicha.

Z výzkumu od Sailer et al. (2017a) bylo zjištěno, že expozice zdravotnického personálu silně závisí na typu prováděného výkonu. Kategorizace typů zákroků na základě ošetřované části těla a polohy lékařů se jeví jako užitečná kategorizace, protože odráží rozdíly v rozptylu od částí těla pacienta a také rozdíly ve vzdálenosti lékaře ke zdroji rentgenového záření. Taková kategorizace by umožnila strukturální analýzu dávky s ohledem na optimalizaci radiační ochrany a dále by umožnila zjednodušené srovnání a přizpůsobení výsledků mezi středisky, pokud by byla široce přijata. Absolutní dávky prvních operátorů byly nejnižší u cerebrálních intervencí a nejvyšší u EVAR a viscerálních břišních intervencí. To lze vysvětlit rozdíly ve složitosti procedury, vzdáleností mezi zdrojem rozptylu a prvním operátorem a použitím stínění. Obdobné výsledky byly zjištěny i mým výzkumem.

Všeobecně je dozimetrie klíčová a je doporučeno, aby se k povinným měsíčním odečtům dozimetrů přidalo sledování aktuálních radiačních zátěží pomocí elektronických osobních dozimetrů, které mohou zobrazovat momentální radiační zátěž. Což umožní přesné určení dávek a optimalizaci postupů. Nové systémy obsahují monitorovací jednotky, které umožňují zobrazit hodnoty až pěti dozimetrů současně. Díky tomu může celý zdravotnický personál být při vyšetřování sledován pomocí jedné centrální monitorovací jednotky. Tento

system má tu výhodu, že každá osoba v prostoru vyšetřovny je sledována v reálném čase, a pokud dojde k nárůstu radiační zátěže, lze okamžitě zareagovat. Nedávná studie od Sailer et al. (2017b) prokázala výhody tohoto přístupu. Tímto způsobem by se zvýšila bezpečnost zdravotnického personálu a výrazně by se snížila radiační zátěž, které jsou vystaveni. (König et al., 2019)

Studie od Sailer et al. (2017b) předpokládala, že poskytování zpětné vazby personálu intervenční radiologie o dávce, zvýší jejich povědomí o radiační zátěži a k následnému optimalizovanému chování. Zdravotnický personál (lékaři a technici) byl vybaven elektronickými osobními měřiči dávek. V první fázi zaměstnanci nedostávali zpětnou vazbu o velikosti obdržené dávky a ve druhé fázi zaměstnanci dostávali zpětnou vazbu o týdenní dávce. Následně byl vytvořen personalizovaný formulář zpětné vazby, který byl určen pro každého zaměstnance individuálně. Dále pomocí dotazníků provedli subjektivní hodnocení personalizované zpětné vazby na dávku. Výsledek měření ukázal, že normalizovaná dávka u techniků byla významně nižší ve fázi zpětné vazby ve srovnání s fází před zpětnou vazbou. V dotazníku 71 % zaměstnanců uvedlo, že zpětná vazba o dávce zvýšila jejich povědomí o velikosti obdržené dávky a 57 % zaměstnanců odpovědělo, že zpětná vazba zvýšila jejich pocit bezpečí při práci nebo dokonce změnila jejich chování. Výsledky skutečně prokázaly, že personalizovaná zpětná vazba je účinným nástrojem pro povědomí o radiační zátěži.

Zpětná vazba o dávce v reálném čase pro zdravotnický personál může zvýšit povědomí o vysoké expozici, a může také zlepšit radiační bezpečnost a individuální ochranu v klinickém prostředí. Navíc zpětná vazba v reálném čase poskytuje informace o okamžitém dávkovém příkonu pouze během jednotlivého postupu. V tomto smyslu lze personalizovanou zpětnou vazbu považovat za nástroj pro optimalizaci dávek a zároveň edukuje personál a iniciuje změnu chování. (Sailer et al., 2017b)

Studie, která se zabývala hodnocením dávek záření v různých oblastech těla, kterou obdržel personál při vaskulárních intervencích, zjistila, že umístění dozimetrů má vliv na výslednou dávku. Personál byl vybaven dozimetry, které byly umístěné blízko oční čočky, štítné žlázy, hrudníku, břicha, rukou a nohou. Analýza ukázala, že umístění dozimetrů na oblast hrudníku může podhodnocovat dávky na jiných částech těla, zejména na břiše, končetinách a oční čočce. Zjištění také naznačují, že umístění dozimetrů v oblasti břicha místo na oblast hrudníku může poskytnout přesnější informace o celotělových dávkách, kterým je zdravotnický personál vystaven. Pro dosažení přesnější dozimetrie navrhuje použití dvou dozimetrů v oblasti břicha, jeden pod ochrannou olověnou zástěrou a druhý na zástěře. (Bacchim Neto et al., 2016)

Význam i terapeutické možnosti intervenčních výkonů jsou nezpochybnitelné, vzhledem ke stále zvyšujícímu se počtu vyšetření. Tyto intervenční výkony však často přinášejí pacientům i zdravotnickému personálu vysokou radiační zátěž. Několik studií ukazuje závažné účinky v důsledku souvisejícího vystavení záření.

Rozvoj šedého zákalu u intervenčních radiologů vzbuzuje stále větší obavy. Očekává se, že ochrana v oblasti hlavy a krku před zářením, zvláště ohledně očních čoček, bude nadále významná. Nicméně, stále je potřeba dalšího rozvoje, zejména pokud jde o dávku a sledování expozice očních čoček. Očekává se, že v této oblasti budou k dispozici nové ochranné brýle s integrovanými dozimetry, které umožní přesněji stanovit ekvivalentní dávku a snížit tak riziko vzniku šedého zákalu. Bylo prokázáno, že zvětšení čoček brýlí nemá vliv na úroveň ochrany před zářením. Pouze přidání bočního stínění může zvýšit radiační ochranu, jelikož rozptýlené záření obvykle přichází ze stran a zespodu. (Kaatsch et al., 2022; König et al., 2019)

Aby se zabránilo nadměrnému ozáření, lze aplikovat několik technických a organizačních opatření radiační ochrany tak, aby se úroveň dávek udržely na co nejnižší úrovni. Pokud pečlivě zvážíme a denně uplatňujeme všechna dostupná opatření, můžeme plně využít jejich potenciál k redukci záření. Kromě toho je důležité pravidelně školit zdravotnický personál a používat nejmodernější vybavení a postupy, což je klíčové pro optimální ochranu pacientů a zdravotníků. Budoucí vývoj zaměřený na snižování dávek a radiačních opatření v intervenční radiologii zahrnuje kombinaci technologického pokroku, použití speciálních zařízení pro radiační ochranu a neustálé upravování organizačních opatření podle aktuálních směrnic a předpisů. Tímto způsobem bude celkově minimalizována radiační zátěž a optimalizována ochrana v intervenční radiologii. (Kaatsch et al., 2022; König et al., 2019)

Garg a Shrigiriwar (2022) v článku v časopise *Indian Journal of Radiology and Imaging* uvádějí pokyny, které vydala Společnost pro intervenční radiologii a Společnost pro kardiovaskulární a intervenční radiologii v Evropě, pro pracovní radiační ochranu v pokynech pro intervenční radiologii. Níže jsou vypsány klíčové body tohoto pokynu:

1. Minimalizujte čas fluoroskopie.
2. Minimalizujte počet fluoroskopických snímků.
3. Používejte dostupné technologie snižování dávek pacientů.
4. Použijte dobrou geometrii obrazového řetězce.
5. Použijte kolimaci.
6. Použijte všechny dostupné informace k plánování intervenčního postupu.

7. Umístěte se do oblasti s malým rozptylem.
8. Používejte ochranné stínění.
9. Používejte vhodné fluoroskopické zobrazovací zařízení.
10. Noste své dozimetry a poznejte svou vlastní dávku.

8.3 Limity výzkumu

Výzkum v této diplomové práci má několik limitací.

První limitací výzkumu byl omezený čas sběru a měření dat, co mohlo zapříčinit malý výzkumný soubor. Kdyby byl čas sběru dat delší, dokázalo by nám to zpřesnit výsledky hlavně u skupin s nízkým počtem měření.

Druhou limitací bylo měření pouze běžně prováděných terapeutických a diapaetických výkonů. U těchto výkonů je předpoklad vyšších dávek. Výzkum by se nicméně dal rozšířit i na měření dávek u diagnostických výkonů. Jejich srovnáním s výkony terapeutickými lze ověřit předpoklad nižších dávek.

Třetí limitací bylo provádění měření za běžného provozu oddělení intervenční radiologie FNOL. Což zapříčinilo omezený počet měření u některých skupin vybraných výkonů. Tento limit lze odstranit tím, že by se dala prodloužit doba sběru dat a zaměřit se na skupiny s malým počtem měření. Tím zvýšíme přesnost výsledků u skupin s jinak malým počtem měření.

Ve čtvrté limitaci výzkumu je třeba zmínit i zkušenost jednotlivých členů intervenčního týmu. Dalo by se zaznamenávat, zda byl výkon proveden zkušeným intervenčním radiologem či intervenčním radiologem méně zkušeným a následně se pokusit srovnat, jak dlouhý skiaskopický a akviziční čas byl pro provedení výkonu potřeba a zda se lišila radiační zátěž.

Patou limitací výzkumu bylo, že během měření byla personálu poskytnutá zpětná vazba o velikosti obdržené dávky. Povědomí o velikosti obdržených dávek mohlo ovlivnit chování personálu a tím i jejich radiační zátěž. Lepší volbou je výsledky v průběhu výzkumu personálu nesdělovat, aby to nemělo vliv na jejich chování a radiační zátěž.

8.4 Doporučení pro další výzkum

Další výzkum by mohl navazovat na tuto práci a mohl by prověřit velikost dávek zejména pro sestru instrumentářku při implantaci jícnového stentu. Při tomto výkonu byly u pracovníků na této pozici naměřeny největší dávky. Neodpovídají trendu pozorovaném v ostatních skupinách, kdy nejvyšší dávku má zpravidla radiolog. Ten je primárnímu svazku záření vždy nejbliže, případně pracuje ve vzdálenosti srovnatelné se vzdáleností, ze které pracuje sestra instrumentářka. Tato skutečnost by mohla být zapříčiněna tím, že při tomto konkrétním výkonu, sestra instrumentářka není kryta ochrannou zástěnou stejně jako intervenční radiolog. Simulací výkonu a měřením na fantomu by se dalo odhalit, jaká opatření je třeba zvolit, aby se docílilo optimálnější radiační ochrany personálu během těchto výkonů.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit a porovnat velikost radiační zátěže personálu oddělení intervenční radiologie (intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta) u vybraných běžně prováděných intervenčních výkonů na oddělení intervenční radiologie Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL). Dílčím cílem byla konfrontace výsledků s výsledky práce obdobného charakteru z roku 2008, která byla provedena na stejném pracovišti.

Teoretická část diplomové práce představuje problematiku ionizujícího záření, principů radiační ochrany, radiační ochrany pracovníků a osobní dozimetrie. Poslední kapitola teoretické části se zabývá intervenční radiologií. Konkrétně principem DSA, volbou expozičních parametrů a zobrazovacích módů, vaskulárními a nevasculárními intervenčními výkony a popisem práce intervenčního týmu.

V praktické části a pro splnění hlavního cíle práce bylo stanoveno devět hypotéz. Do výzkumné části kvantitativního prospektivního výzkumu bylo zařazeno 100 naměřených výkonů rozdělených do šesti skupin. Byla posouzena rozdílnost radiační zátěže mezi různými výkony a mezi jednotlivými členy týmu. Statistickými testy bylo dokázáno, že velikosti dávek se ve skupinách signifikantně liší. Dále byly zjištěny signifikantní rozdíly ve velikosti dávek pro jednotlivé členy týmů v různých výkonech. Z výzkumu vyplynulo, že nejvyšší dávky obdržel intervenční radiolog při výkonech prováděných v oblasti břicha a pánve, a nejnižší dávky obdržel při výkonech prováděných v oblasti hlavy a krku. Sestra instrumentářka obdržela nejvyšší dávky při výkonech prováděných v oblasti hrudníku a horní břišní oblasti, zejména jde o implantaci stentu do jícnu. Nejnižší dávky obdržela sestra instrumentářka při výkonech prováděných v oblasti hlavy a krku. Radiologický asistent obdržel nejvyšší dávky při výkonech prováděných v oblasti břicha a pánve, a nejnižší dávky obdržel při výkonech prováděných na dolních končetinách.

Závěrem lze říci, že komplexní sledování dávek personálu je klíčové pro průběžnou optimalizaci radiační bezpečnosti. Personál na oddělení intervenční radiologie nemá dostatečné povědomí o tom, jak přesně velkou dávku obdrží během konkrétního výkonu.

Tato diplomová práce může sloužit k dalšímu výzkumu. Další výzkumy by mohly navazovat na tuto práci a zabývat se, jakými dodatečnými ochrannými opatřeními ovlivnit velikost dávky jak pro typ vyšetření, tak pro jednotlivé členy týmu.

REFERENČNÍ SEZNAM

BACCHIM NETO, F. A., ALVES, A. F., MASCARENHAS, Y. M., NICOLUCCI, P., & PINA, D. R. (2016). Occupational radiation exposure in vascular interventional radiology: A complete evaluation of different body regions. *Physica medica : PM : an international journal devoted to the applications of physics to medicine and biology : official journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)*, 32(8), 1019–1024. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2016.06.014>

CARROLL, Quinn B. DIGITAL RADIOGRAPHY: Mobile Radiography, Fluoroscopy, and Digital Fluoroscopy. In: CARROLL, Quinn B. *RADIOGRAPHY IN THE DIGITAL AGE: Physics – Exposure – Radiation Biology* [online]. Third Edition. Illinois, U.S.A.: Charles C Thomas, Publisher, 2018, s. 690 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-0-398-09215-3. Dostupné z: <https://libgen.is/book/index.php?md5=AB0DA7AEDB1ED4D789ABF9B52D621C9D>

DAVIDOVÁ, Alena. *CT intervence z pohledu radiologického asistenta* [online]. KZM FN MOTOL [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/seminare/7_CT_intervence_zpohledu_RA_Davidova.pdf

FALK, Martin a Iva FALKOVÁ. Odpověď na ozáření na úrovni buněk, tkání a organismů: Smrt buněk (deterministické účinky). In: HAVRÁNKOVÁ, Renata. *Klinická radiobiologie*. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-247-4098-0.

FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA, Jan BAXA a Alexander MALÁN. *Základy zobrazovacích metod*. Praha: Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-164-3.

GARG, T., & SHRIGIRIWAR, A. (2022). Radiation Protection in Interventional Radiology. *The Indian journal of radiology & imaging*, 31(4), 939–945. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1741049>

HEŘMAN, Miroslav. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. ISBN 978-80-244-2901-4.

JAŠAROVÁ, Eva. *Rotační angiografie* [online]. České Budějovice, 2008 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/khzk28/>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. Vedoucí práce MUDr. Zdeněk Chudáček, Ph.D.

KAATSCH, H. L., SCHNEIDER, J., BROCKMANN, C., BROCKMANN, M. A., OVERHOFF, D., BECKER, B. V., & WALDECK, S. (2022). Radiation exposure during

angiographic interventions in interventional radiology - risk and fate of advanced procedures. *International journal of radiation biology*, 98(5), 865–872.
<https://doi.org/10.1080/09553002.2021.2020362>

KÖNIG, A. M., ETZEL, R., THOMAS, R. P., & MAHNKEN, A. H. (2019). Personal Radiation Protection and Corresponding Dosimetry in Interventional Radiology: An Overview and Future Developments. *Persönliche Strahlenschutzmittel und Dosimetrie des medizinischen Personals in der interventionellen Radiologie: Aktueller Status und neue Entwicklungen. RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin*, 191(6), 512–521.
<https://doi.org/10.1055/a-0800-0113>

MAVIG – X-Ray Protection and Medical Suspension Systems: Made in Germany since 1921 [online]. Germany, 2022 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: https://mavig.com/wp-content/uploads/2021/10/IPL_2022-1_TP_Product_Portfolio_en_1021.pdf

ONDŘEJ, Vladan. *Základy radiobiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3426-1.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Aplikace ionizujícího záření*. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 978-80-01-06829-8.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Ochrana před ionizujícím zářením*. V Praze: České vysoké učení technické, 2022. ISBN 978-80-01-06971-4.

PROCHÁZKA, Václav a Vladimír ČÍŽEK, c2012. *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony*. Praha: Maxdorf. Jessenius. ISBN 978-80-7345-284-1.

RANA, Raqqiyah a Lazar MILOVANOVIC. Dialysis Access: Arteriovenous Fistula. In: ATHREYA, Sriharsha a Mahmood ALBAHHAR, ed. *Demystifying Interventional Radiology: A Guide for Medical Students* [online]. Second Edition. Switzerland: Springer Nature Switzerland, 2022, s. 152-153 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-3-031-12023-7. Dostupné z: <https://libgen.is/book/index.php?md5=BF08BA9AEE3EFE1B7639E5471B5DB19E>

REITH, Wolfgang, a , ed. Angiography and Intervention: Vascular Interventions. In: VOGL, Thomas J., Wolfgang REITH a Ernst J. RUMMENY. *Diagnostic and Interventional Radiology* [online]. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016, s. 42 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-3-662-44037-7. Dostupné z: <https://libgen.is/book/index.php?md5=B7D0C0B0D3FA74DD019D0723D53F7A45>

SAILER, A. M., PAULIS, L., VERGOOSSEN, L., KOVAC, A. O., WIJNHOVEN, G., SCHURINK, G. W., MEES, B., DAS, M., WILDBERGER, J. E., DE HAAN, M. W., & JEUKENS, C. R. (2017a). Real-Time Patient and Staff Radiation Dose Monitoring in IR Practice. *Cardiovascular and interventional radiology*, 40(3), 421–429. <https://doi.org/10.1007/s00270-016-1526-8>

SAILER, A. M., VERGOOSSEN, L., PAULIS, L., VAN ZWAM, W. H., DAS, M., WILDBERGER, J. E., & JEUKENS, C. R. L. P. N. (2017b). Personalized Feedback on Staff Dose in Fluoroscopy-Guided Interventions: A New Era in Radiation Dose Monitoring. *Cardiovascular and interventional radiology*, 40(11), 1756–1762. <https://doi.org/10.1007/s00270-017-1690-5>

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SKÁCELOVÁ, Lada. *Sledování radiační zátěže personálu u perkutánních intervencí* [online]. České Budějovice, 2008 [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/x16fuq/>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta. Vedoucí práce doc. MUDr. Martin Köcher, Ph.D.

STATKIEWICZ-SHERER, Mary Alice, Paula J. VISCONTI, E. Russell RITENOUR a Kelli Welch HAYNES. Management of Imaging Personnel Radiation Dose During Diagnostic X-Ray Procedures. In: STATKIEWICZ-SHERER, Mary Alice, Paula J. VISCONTI, E. Russell RITENOUR a Kelli Welch HAYNES. *Radiation Protection in Medical Radiography* [online]. 8th Edition. Missouri, U.S.A.: Elsevier, 2018, 730-735 [cit. 2023-03-14]. ISBN 978-0-323-44666-2. Dostupné z:

<https://libgen.is/book/index.php?md5=F682E2A88AE8592F0CC8B36FB3B592E5>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Deterministické a stochastické účinky ozáření* [online]. 2012 [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/deterministicke-a-stochasticke-ucinky-ozareni/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0709-4.

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Správný výběr ochranného stínění (1)* [online]. 2017a [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/spravny-vyber-ochranneho-stineni-1/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Správný výběr ochranného stínění (2)* [online]. 2017b [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/spravny-vyber-ochranneho-stineni-2/>

ŠINKOROVÁ, Zuzana a Leoš NAVRÁTIL. *Biomedicínská detekce ionizujícího záření: organizace zdravotnické péče po zevní kontaminaci radionuklidy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05626-4.

ŠVEC, Jiří. *Radiační fyzika: skriptum*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2014a. ISBN 978-80-7464-572-3.

ŠVEC, Jiří. *Radiační ochrana: skriptum*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2014b. ISBN 978-80-7464-571-6.

ULLMANN, Vojtěch. *Aplikace ionizujícího záření: X-záření – rentgenová diagnostika* [online]. [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>

ULLMANN, Vojtěch. *Detekce a spektrometrie ionizujícího záření: Fotografická detekce ionizujícího záření. Materiálové detektory*. [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm>

ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika: Ionizující záření* [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm>

VOGL, Th., B. BODELLE a , ed. Vascular Interventional Therapy: Endovascular Treatment of Aneurysm. In: VOGL, Thomas J., Wolfgang REITH a Ernst J. RUMMENY. *Diagnostic and Interventional Radiology* [online]. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016, s. 718 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-3-662-44037-7. Dostupné z: <https://libgen.is/book/index.php?md5=B7D0C0B0D3FA74DD019D0723D53F7A45>

VOMÁČKA, Jaroslav a kol.. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 97880-244-4508-3.

Vyhláška č. 422/2016 Sb.: Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového

SEZNAM ZKRATEK

3D	trojrozměrný
A	ampér
AAA	aneurysma abdominální aorty
ADRC	Automatic Dose Rate Control automatická regulace příkonu dávky
AEC	Automatic Exposure Control automatická kontrola expozice
AFC	arteria femoralis communis
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AS	arterie subclavia
AV	arteriovenózní
AVF	arteriovenózní fistula
AVM	arteriovenózní malformace
CMP	cévní mozková příhoda
CT	výpočetní tomografie
CTA	angiografie výpočetní tomografií
D	dávka
Ď	dávkový příkon
DDŽ	dolní dutá žíla
DKK	dolní končetiny
DRÚ	diagnostické referenční úrovně
DSA	digitální subtrakční angiografie
E	efektivní dávka
Euratom	Evropského společenství pro atomovou energii
EVAR	endovaskulární aortální reparace

FD	filmový dozimetr
FLD	fotoluminiscenční detektor
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
GIT	gastrointestinální trakt
Gy	gray
H	dávkový ekvivalent
H _p (d)	osobní dávkový ekvivalent
H _T	ekvivalentní dávka
IAEA	International Atomic Energy Agency Mezinárodní agentura pro atomovou energii
iCMP	ischemická cévní mozková příhoda
ICRP	International Commission on Radiological Protection Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements Mezinárodní komise pro jednotky a měření
ISL	Zákon inverzního čtverce
K	kerma
keV	kiloelektronvolt
KL	kontrastní látka
kV	kilovolt
mA	miliampér
max	maximum
MeV	megaelektronvolt
min	minimum
MR	magnetická rezonance
MRA	angiografie magnetickou rezonancí

mSv	milisievert
MT	mechanická trombektomie
OSL	opticky stimulovaný dozimetr
OSN	Organizace spojených národů
PA	zadopřední
PACS	Picture Archiving and Communicating Systém Systém pro archivaci a komunikaci snímků
PAT	perkutánní aspirační tromboemboliktomie
PTA	perkutánní transluminální angioplastika
PTC	perkutánní transhepatická cholangiografie
PTCA	perkutánní transluminální koronární angioplastika
PTD	perkutánní transhepatická drenáž žlučových cest
PTFE	polytetrafluorethylen
PTRA	perkutánní transluminální renální angioplastika
Q	jakostní faktor
RBE	relative biological effectiveness
RBU	relativní biologická účinnost
RTG	rentgenové
SAP	subintimální angioplastika
SIR	subintimální rekanalizace
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TEN	tromboembolická nemoc
TIPS	transjugulární portosystémový shunt
TJBJ	transjugulární biopsie jater
TLD	termoluminiscenční detektor
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

	Vědecký výbor OSN pro účinky atomového záření
UV	ultrafialové
V	volt
WHO	Světová zdravotnická organizace World Health Organization
X	expozice
ZIZ	zdroj ionizujícího záření

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Porovnání charakteru deterministických a stochastických účinků záření na organismus.....	14
Tabulka 2 Přehled obecných limitů	17
Tabulka 3 Přehled limitů pro žáky a studenty	17
Tabulka 4 Přehled limitů pro radiační pracovníky	18
Tabulka 5 Výsledky měření pro PTD	47
Tabulka 6 Výsledek měření pro dilataci žlučových cest	47
Tabulka 7 Výsledky měření pro skupinu 1	47
Tabulka 8 Výsledky měření pro embolizace	48
Tabulka 9 Výsledky měření pro PTA pánevních tepen.....	48
Tabulka 10 Výsledky měření pro samostatné výkony v této skupině	48
Tabulka 11 Výsledky měření pro skupinu 2.....	49
Tabulka 12 Výsledky měření pro skupinu 3.....	50
Tabulka 13 Výsledky měření pro skupinu 4.....	50
Tabulka 14 Výsledky měření pro dilatace jícnu	51
Tabulka 15 Výsledky měření pro aplikace stentu do jícnu	51
Tabulka 16 Výsledky měření pro TIPS	51
Tabulka 17 Výsledky měření pro skupinu 5.....	52
Tabulka 18 Výsledky měření pro rekanalizace iCMP	52
Tabulka 19 Výsledky měření pro embolizace AN	53
Tabulka 20 Výsledky měření pro samostatné výkony v této skupině	53
Tabulka 21 Výsledky měření pro skupinu 6.....	53
Tabulka 22 Výsledky měření pro sklerotizace	54
Tabulka 23 Výsledky měření pro PTA AS.....	54
Tabulka 24 Výsledek měření pro EndoAVF	54
Tabulka 25 Kruskal-Wallis test dávek pro skupinu 1	55
Tabulka 26 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 1	55
Tabulka 27 Scheffe test dávek pro skupinu 1	56
Tabulka 28 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 2	56
Tabulka 29 Scheffe test dávek pro skupinu 2.....	56
Tabulka 30 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 3	57
Tabulka 31 Scheffe test dávek pro skupinu 3.....	57

Tabulka 32 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 4.....	58
Tabulka 33 Scheffe test dávek pro skupinu 4.....	58
Tabulka 34 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 5.....	59
Tabulka 35 Scheffe test dávek pro skupinu 5.....	59
Tabulka 36 Analýza rozptylu dávek pro skupinu 6.....	60
Tabulka 37 Scheffe test dávek pro skupinu 6.....	60
Tabulka 38 Analýza rozptylu dávek pro intervenčního radiologa	61
Tabulka 39 Scheffe test dávek pro intervenčního radiologa	61
Tabulka 40 Analýza rozptylu dávek pro sestru instrumentářku	62
Tabulka 41 Scheffe test dávek pro sestru instrumentářku.....	62
Tabulka 42 Analýza rozptylu dávek pro radiologického asistenta.....	63
Tabulka 43 Scheffe test dávek pro radiologického asistenta.....	63
Tabulka 44 Popisná statistika skupiny 1 (2008).....	68
Tabulka 45 Popisná statistika skupiny 1 (2023).....	68
Tabulka 46 Popisná statistika skupiny 2 (2008).....	68
Tabulka 47 Popisná statistika skupiny 2 (2023).....	68
Tabulka 48 Popisná statistika skupiny 3 (2008).....	69
Tabulka 49 Popisná statistika skupiny 3 (2023).....	69
Tabulka 50 Popisná statistika skupiny 5 (2008).....	70
Tabulka 51 Popisná statistika skupiny 4 (2023).....	70
Tabulka 52 Popisná statistika skupiny 6 (2008).....	70
Tabulka 53 Popisná statistika skupiny 5 (2023).....	71
Tabulka 54 Popisná statistika skupiny 6 (2023).....	71
Tabulka 55 Průměrné naměřené dávky pro intervenčního radiologa pro rok 2008 a 2023	72
Tabulka 56 Průměrné naměřené dávky pro sestru instrumentářku pro rok 2008 a 2023	72
Tabulka 57 Průměrné naměřené dávky pro radiologického asistenta pro rok 2008 a 2023.....	72
Tabulka 58 Průměrných skiaskopické časy pro rok 2008 a 2023	72

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Stochastické účinky.....	13
Obrázek 2 Deterministické účinky	13
Obrázek 3 Zákon inverzního čtverce.....	21
Obrázek 4 Osobní ochranné pomůcky	22
Obrázek 5 Závěsná stínění a mobilní zástěny	24
Obrázek 6 Angiografický přístroj Siemens ARTIS icono floor.....	32
Obrázek 7 Princip digitální subtrakční angiografie.....	33
Obrázek 8 Elektronický osobní dozimetr Graetz ED150	43
Obrázek 9 Graf rozdělení výkonů do skupin.....	46

SEZNAM PŘÍLOH

1. Stanovisko Etické komise FZV UP
2. Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat
3. Informovaný souhlas

PŘÍLOHY

Příloha č. 1



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL - 201717/FZV-2022

Vážená paní
Bc. Štěpánka Godulová

2022-09-29

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní bakalářko,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem **„Radiční zátěž pracovníků oddělení intervenční radiologie“**, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

S pozdravem,

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Fakulta zdravotnických věd
Etická komise
Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc


Mgr. Renáta Váverková
předsedkyně
Etické komise FZV UP

Příloha č. 2



FAKULTNÍ NEMOCNICE
OLOMOUC
I. P. Pavlova 185/6, 779 00 Olomouc
Tel. 588 441 111, E-mail: info@fnol.cz
IČ: 00098892

ODBOR KVALITY

Fm-MP-G015-05-ZADOST-001

verze č. 1, str. 1/2

Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Bc. Štěpánka Godulová

Datum narození: 2.1.1998 Telefon: 774 892 336 E-mail: stepanka.godulova01@upol.cz

Kontaktní adresa: Horní Žukov 36, Český Těšín 737 01

Přesný název školy/fakulty: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia: prezenční kombinovaná distanční

Téma závěrečné práce:

Radiační zátěž pracovníků oddělení intervenční radiologie

Žadatel ve FNOL koná odbornou praxi:

ANO na pracovišti: _____ v termínu od: _____ do: _____
 NE

Žadatel je zaměstnancem FNOL:

ANO na pracovišti: _____
 NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: Radiologická klinika, Oddělení intervenční radiologie

Účel žádosti:

- sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce
 sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (uvedte): _____

Požadavek na (zaškrtněte):

V případě, že žadatel potřebuje získat informaci o počtech vyšetření/ošetření a předem má souhlas konkrétního pracoviště, že tato data mu budou poskytnuta vedením tohoto pracoviště bez nutnosti jeho nahlížení do zdravotnické dokumentace pacientů, vyplní oddíl „Ostatní – statistická data“. Jinak vyplní oddíl „Nahlížení do zdr. dokumentace“.

Dotazníková akce pro pacienty FNOL pro zaměstnance FNOL

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: _____

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: _____ do: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

Nahlížení do zdravotnické dokumentace

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: _____

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: _____ do: _____

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci:

Při nahlížení do zdravotnické dokumentace bude do každé dokumentace vložen formulář Fm-MP-G015-05-NAHLED-001 Záznam o nahlédnutí do zdravotnické dokumentace pro účely výzkumu/studie.

Ostatní

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: _____
 vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: _____ povolání: _____

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor rozhovoru (orientační okruh otázek).

statistická data – informace o počtech např. zdravotnických výkonů, vyšetření, určité agendy (např. porodnost), přístrojích

jiné (specifikujte): Cílem práce je zjistit a porovnat velikost radiační zátěže personálu oddělení intervenční radiologie (intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta) u vybraných běžně prováděných výkonů na oddělení intervenční radiologie Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL).

Personál, který se přímo účastní intervenčních výkonů na katetrizačním sále, (intervenční radiolog, sestra instrumentářka případně i radiologický asistent) budou před vybranými výkony vybaveni přímo odečitatelným osobním elektronickým dozimetrem. Tento dozimetr bude sloužit k měření dávkového ekvivalentu obdrženého v průběhu výkonu. Na konci výkonu budou data z dozimetrů zapsána do tabulky spolu s typem výkonu a celkovým skiaskopickým časem. Pro každý typ výkonu bude provedeno několik měření. Po získání dostatečného množství dat, proběhne statistické a grafické zpracování. Statistickými testy bude posouzena rozdílnost radiační zátěže mezi jednotlivými členy týmu, mezi různými výkony a následně srovnána s daty z práce obdobného charakteru, která byla provedena na stejném pracovišti v roce 2008.

Prezentace těchto dat bude v probíhat v naprosté anonymitě.

Za které období budou data zjišťována: 1.10.2022 - 31.3.2023

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: 1.10.2022 do: 31.3.2023


Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce:

Budete FNOL uvádět jako „zdroj dat“ ve své práci? ANO NE

Poučení:

Žadatel souhlasí se zpracováním jeho osobních údajů dle zásad GDPR pro účely evidence této žádosti. Zavazuje se zachovat mlčenlivost o skutečnostech, o nichž se dozví v souvislosti s prováděným výzkumem a sběrem dat/informací.

Žadatel (datum podpis): 12.9.2022 Bc. Štěpánka Godulová 

Schválil (datum podpis): 13.9.2022


Mgr. Jitka Čančíková, MBA
vedoucí Odboru kvality
Fakultní nemocnice Olomouce

Poznámky: Vedoucím diplomové práce je Mgr. Pavel Jemelka.

Příloha č. 3

Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Diplomová práce na téma „Radiační zátěž pracovníků oddělení intervenční radiologie.“

Období realizace: 1.10.2022 – 31.3.2023

Řešitelé projektu: Bc. Štěpánka Godulová

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem práce je zjistit a porovnat velikost radiační zátěže personálu oddělení intervenční radiologie (intervenčního radiologa, sestry instrumentářky a radiologického asistenta) u vybraných běžně prováděných výkonů na oddělení intervenční radiologie Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL). Personál, který se přímo účastní intervenčních výkonů na katetrizačním sále, (intervenční radiolog, sestra instrumentářka případně i radiologický asistent) budou před vybranými výkony vybaveni přímo odečitatelným osobním elektronickým dozimetrem. Tento dozimetr bude sloužit k měření dávkového ekvivalentu obdrženého v průběhu výkonu. Na konci výkonu budou data z dozimetrů zapsána do tabulky spolu s typem výkonu a celkovým skiaskopickým časem. Pro každý typ výkonu bude provedeno několik měření. Po získání dostatečného množství dat, proběhne statistické a grafické zpracování. Statistickými testy bude posouzena rozdílnost radiační zátěže mezi jednotlivými členy týmu, mezi různými výkony a následně srovnána s daty z práce obdobného charakteru, která byla provedena na stejném pracovišti v roce 2008.

Z účasti na výzkumu pro Vás vyplývají tyto výhody či rizika. Z účasti na výzkumu účastníkům vyplývají stejná rizika jako při běžném provozu na pracovišti intervenční radiologie. Pokud s účastí na výzkumu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

Prohlášení účastníka výzkumu

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném výzkumu. Řešitel/ka projektu mne informoval/a o podstatě výzkumu a seznámil/a mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na výzkumu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou anonymně zpracovány, použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné

vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Osobní údaje (sociodemografická data) účastníka výzkumu budou v rámci výzkumného projektu zpracována v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady EU 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (dále jen „nařízení“).

Prohlašuji, že beru na vědomí informace obsažené v tomto informovaném souhlasu a souhlasím se zpracováním osobních a citlivých údajů účastníka výzkumu v rozsahu a způsobem a za účelem specifikovaným v tomto informovaném souhlasu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží účastník výzkumu (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis účastníka výzkumu (zákonného zástupce): _____

V _____ dne: _____

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: Bc. Štěpánka Godulová
