UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Lucie Byrtusová

Radiační ochrana na hybridním operačním sále

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Vávra, DiS.

Olomouc 2023

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

Olomouc 28.července 2023 Byrtusová Lucie

Poděkování:

Ráda bych poděkovala Mgr. Tomáši Vávrovi, DiS. za odborné vedení a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Evě Reiterové, PhD. za odborné konzultace ohledně statistického zpracování výsledků výzkumné části.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Diplomová práce

Název práce: Radiační ochrana na hybridním operačním sále

Název práce v AJ: Radiation protection in hybrid operating room

Datum zadání: 2022-01-28
Datum odevzdání: 2023-07-28

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Bc. Lucie Poloková
Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Vávra, DiS.
Oponent práce: Mgr. Pavel Jemelka

Abstrakt v ČJ:

Cílem diplomové práce je zhodnotit úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany ve Fakultní nemocnici Olomouc. V teoretické části je popsán hybridní operační sál. Dále se pojednává o radiační ochraně, jejich principech a faktorech ovlivňujících radiační zátěž, v závěru je poskytnut přehled o technických a organizačních prostředcích zabezpečení radiační ochrany. Výzkumné šetření bylo provedeno metodou kvantitativního výzkumu pomocí průřezové dotazníkové studie. Pro sběr dat byl využit nestandardizovaný dotazník. Celkem se dotazníkového šetření zúčastnilo 25 respondentů. Úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu v oblasti radiační ochrany byla charakterizována hodnotou dosaženého počtu bodů. Pomocí metod statistické analýzy byla popsána úroveň znalostí a bezpečnosti vzorce chování respondentů jako neodpovídající normálnímu rozdělení. Aplikací dalších metod statistické analýzy byl prokázán vliv četnosti výskytu na sále na úroveň znalostí. Vliv žádného z předpokládaných determinantů na bezpečnost vzorce chování prokázán nebyl.

Abstrakt v AJ:

The aim of the master's thesis is to evaluate the level of knowledge and safety of the behavior patter in the field of radiation protection of medical staff working in the hybrid operating room at the Olomouc University Hospital. The theoretical part describes the hybrid operating room. Furthermore, radiation protection, its principles and factors affecting radiation. At the end of theoretical part on overview of technical and organizational means of ensuring radiation protection is provided. A quantitative cross-sectional study design with a questionnaire survey was used to accomplish the research. A non-standardized questionnaire was used for data collection. Overall, 25 respondents participaded in the questionnaire survey. The level of knowledge and safety of the behavior pattern in the field of radiation protection of medical staff were characterized by the value of achieved points. Statistical methods described the level of knowledge and safety of the behavior pattern among respondents as not matching normal distribution. Using further statistical methods, the impact of the frequency of occurrences in the hybrid operating room on the level of knowledge was demonstrated. The influence of any other presumed determinants on the safety of the behavior pattern was not proven.

Klíčová slova v ČJ:

hybridní operační sál, radiační ochrana, radiační zátěž, angiografický systém, znalosti, vzorec chování, zdravotnický personál

Klíčová slova v AJ:

hybrid operating room, radiation protection, radiation dose, angiography system, knowledge, behavior pattern, medical staff

Rozsah: 100 stran / 8 příloh

Obsah

ÚVOD 8

TEORETICKÁ ČÁST 10

1. HYBRIDNÍ OPERAČNÍ SÁL 10

1.1. HISTORIE 11
1.2. VYBAVENÍ 12
1.3. PERSONÁLNÍ OBSAZENÍ 16
1.4. VÝKONY PROVÁDĚNÉ NA HYBRIDNÍM OPERAČNÍM SÁLE 18

2. ZOBRAZOVACÍ TECHNOLOGIE INSTALOVANÁ NA HYBRIDNÍM OPERAČNÍM SÁLE 22

2.1. ANGIOGRAFICKÝ SYSTÉM 22
2.2. INTRAOPERAČNÍ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE 28
2.3. INTRAOPERAČNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE 28

3. RADIAČNÍ OCHRANA 30

3.1. ZÁKLADNÍ PRINCIPY RADIAČNÍ OCHRANY 30
3.2. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ RADIAČNÍ ZÁTĚŽ 32
3.3. RADIOBIOLOGIE 37

4. TECHNICKÉ A ORGANIZAČNÍ PROSTŘEDKY ZABEZPEČENÍ RADIAČNÍ OCHRANY 40

4.1. MONITOROVÁNÍ DÁVEK PRACOVNÍKŮ 40
4.2. KONTROLOVANÉ PÁSMO 41
4.3. VZDĚLÁVÁNÍ V OBLASTI RADIAČNÍ OCHRANY 42
4.4. KLASIFIKACE PRACOVNÍKŮ 45

VÝZKUMNÁ ČÁST 47

5. METODIKA VÝZKUMU 47

5.1. VÝZKUMNÉ CÍLE, OTÁZKY A HYPOTÉZA 47
5.2. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU 48
5.3. METODA SBĚRU DAT 48
5.4. REALIZACE VÝZKUMU 51

5.5. METODA ZPRACOVÁNÍ DAT 52
5.6. VÝSLEDKY VÝZKUMU 54
6. DISKUSE 64
7. ZÁVĚR 79
REFERENČNÍ SEZNAM 81
SEZNAM ZKRATEK 88
SEZNAM OBRÁZKŮ 90
SEZNAM TABULEK 90
SEZNAM PŘÍLOH 91

ÚVOD

V současné době rychlého vývoje a zdokonalování zobrazovacích metod má hybridní operační sál stále důležitější roli na poli chirurgicko-endovaskulární léčby, zvláště kvůli narůstající složitosti prováděných výkonů. Vysoká kvalita zobrazení dosažená pomocí technologií instalovaných na tomto sále, stejně jako zvýšený počet dlouhých a složitých hybridních výkonů, však vede k vyšším dávkám použitého záření. To může mít za následek zvýšení radiační zátěže pracovníků, kteří na hybridním operačním sále vykonávají své pracovní činnosti. Případnému snížení dávek pracovníků lze předejít řádným proškolením v oblasti radiační ochrany, což je přínosné nejen pro optimalizaci chování během používání rentgenových přístrojů, ale podporuje také informovanost personálu o nebezpečích účinků ionizujícího záření. Je totiž zřejmé, že záření má negativní biologické účinky na živé organismy, které se mohou lišit v závislosti na dávce a délce expozice. Při běžných diagnostických účelech jsou dávky rentgenového záření relativně malé, tudíž i zdravotní rizika pro jednotlivce jsou relativně malá. Dlouhodobé a časté vystavování se rentgenovému záření během dlouhých a náročných výkonů u pracovníků v kontrolovaných pásmech, mezi něž hybridní operační sál rovněž patří, však činí z rentgenového záření naléhavější problém. Proto je potřeba brát větší zřetel na radiační ochranu během výkonů prováděných v tomto prostoru. (Yurt et al. 2014; Jentzsch et al. 2015; Brun et al. 2018; Esposito et al. 2021)

I když stále vznikají nové technologie ve snaze snížit radiační zátěž, nezadává to nižší vzdělávací potřebu v oblastech radiační ochrany. Kromě toho i optimalizace nastavení systému a zobrazovacích technik může významně snížit dávku záření. Intraoperační radiační dávka je totiž závislá na kombinaci mnoha faktorů. (Narain et al. 2017; Serna Santos et al. 2020)

V teoretické části práce je popsán hybridní operační sál obecně, jeho historie, vybavení, personální obsazení, výkony, které se na něm provádějí a zobrazovací technologie na něm instalované, dále jsou uvedeny základní principy radiační ochrany, faktory ovlivňující velikost radiační zátěže, včetně poznatků z radiobiologie. Na konci teoretické části jsou uvedeny technické a organizační prostředky zabezpečení radiační ochrany, jako monitorování dávek, kontrolované pásmo, vzdělávání v oblasti radiační ochrany či klasifikace pracovníků.

Cílem této diplomové práce je zjistit úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany, v kontextu mezioborové spolupráce mezi expertními pracovníky, kteří jsou trvale zařazeni k výkonu

povolání v kontrolovaných pásmech, a pracovníky jejichž vysoká odbornost tkví v jiných oblastech medicíny, nejčastěji v chirurgických či jiných specializacích. V praktické části je tato úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování kvantifikována a vyhodnocena. Dále je zkoumáno, jaké možné faktory mohou úroveň znalostí a vzorce chování ovlivňovat. Výzkumné šetření ukazuje, jakou má personál pracující na hybridním operačním sále ve Fakultní nemocnici Olomouc úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování v oblasti radiační ochrany. Dosud totiž nebyl proveden žádný výzkum na toto téma u personálu pracujícího na hybridním operačním sále, kde radiační zátěž může být značně vyšší než na klasickém operačním sále

TEORETICKÁ ČÁST

1. Hybridní operační sál

Operační sál je samostatná část nemocnice, která slouží k provádění operací v aseptickém prostředí. Význam slova „hybridní“ je spojení dvou technologií, které se vzájemně využívají nebo doplňují. To platí i o nejnovější generaci operačních sálů – hybridních operačních sálech. Ty využívají kombinace aseptického operačního sálu s pokročilými zobrazovacími metodami, jako jsou RTG přístroje (skiaskopické zobrazování, DSA), výpočetní tomografie nebo zobrazování magnetickou rezonancí. Tyto vlastnosti hybridního operačního sálu poskytují možnost kombinovat otevřené chirurgické přístupy s katetrizačními intervencemi. Část chirurgická někdy může být nezbytná jenom v případě nouze, takže slouží k některým typům výkonů jako záložní metoda nebo je potřeba pouze u menších výkonů, jako jsou žilní řezy. (Krška 2011; Nollert et al. 2012; Přecechtělová 2013)

Pokročilé zobrazovací metody usnadňují plánování výkonu podle aktuální intraoperační situace, umožňují intraoperační vedení v reálném čase a následné přímé zhodnocení technické úspěšnosti na konci výkonu. Výkony jsou tak spojeny s menším rizikem vzniku komplikací a v mnoha případech kratší dobou nutnou k hospitalizaci, rekonvalescenci a rehabilitaci a představují tak větší komfort a bezpečnost pro pacienta. Další nespornou výhodou je potom také fakt, že tyto kombinované výkony řeší pacientovy potíže komplexně bez nutnosti absolvovat více oddělených výkonů. (Spenkelink et al. 2022)

Vzrůstající počet hybridních operačních sálů odpovídá neustále se navyšujícímu počtu pacientů s kardiovaskulárními onemocněními, stejně jako rostoucímu množství prováděných složitých chirurgických výkonů, které vyžadují vhodné podmínky, aby mohly být provedeny bezpečně. Přináší široké spektrum možností například v diagnostice onemocnění srdce a cév a následné intervenční nebo chirurgické léčbě. Toto všestranné operační prostředí zaručuje nejlepší výkony z hlediska vybavení a zobrazovacích technologií, a to vše při respektování aseptických podmínek. (Anne Figel et al. 2012; Esposito et al. 2021)

Zdokonalování zobrazovacích technologií a vzrůstající složitost např. aortálních výkonů v posledních letech, přináší hybridnímu operačnímu sálu stále důležitější roli na poli chirurgicko-endovaskulární léčby. Zaručuje zřetelné snížení invazivity chirurgických zákroků, což umožňuje léčit také pacienty považované za vysoce rizikové pro otevřenou chirurgickou léčbu. V dnešní době, kdy je tendence pacienty neustále více orientovat na, co nejméně invazivní léčbu je hybridní operační sál skutečně výhodným nástrojem. (Esposito et al. 2021)

Vysoká kvalita zobrazení dosažená pomocí pevného rentgenového systému, stejně jako zvýšený počet dlouhých a složitých hybridních výkonů však vede k vyšším dávkám použitého záření, které jsou dále zvyšovány i z důvodu, že zdravotnický personál má často nedostatečné povědomí o lékařské fyzice a radiační ochraně. To má za následek zbytečně vysokou radiační zátěž, které by se dalo předejít řádným proškolením. Školení je přínosné nejen pro optimalizaci používání rentgenových přístrojů, ale podporuje i informovanost o vhodném způsobu chování během používání zdroje rentgenového záření. (van den Haak et al. 2015; Jentzsch et al. 2015; Brun et al. 2018)

Obrázek 1: Hybridní operační sál (Hospitals Magazine 2017)

1.1. Historie

Využití zobrazovacích technologií na operačních sálech má dlouhou historii. Již na konci 60. let 20 století byla představena mobilní C-ramena, která se stala nepostradatelná při zobrazování během výkonů na operačních sálech. Postupem času však kvůli stále složitějším a náročnějším chirurgickým a intervenčním výkonům nemocnice začaly zjišťovat, že používaná mobilní C-ramena již nesplňují jejich požadavky na zobrazování na operačních sálech a začaly vyžadovat pokročilejší zobrazování. V reakci na to před více než 20 lety mnoho větších nemocnic začalo nahrazovat obyčejné operační sály hybridními operačními sály s využitím nejmodernějších zobrazovacích systémů v podobě na pevno instalovaných zobrazovacích zařízení v kombinaci s otevřenou chirurgií nebo intervenčními výkony, na kterých je umožněno specialistům dělat i ty nejsložitější zákroky. (Van Pelt 2010; Spenkelink et al. 2022)

Vývoj hybridních operačních sálů započal kardiovaskulární zákrok. Tento zákrok provedený na jednom operačním sále, který popsal Barstad et al. v roce 1997 kombinoval

perkutánní transluminální angioplastiku a minimálně invazivní bypass koronární tepny. (Spenkelink et al. 2022)

I přesto, že koncept hybridních operačních sálů byl představen v 90. letech, tak až do roku 2008 byla implementace pomalá, zejména kvůli vysokým nákladům a potřebě vysoce specializovaného personálu. V posledních letech se, ale situace mění a hybridní operační sály začínají být čím dál víc rozšířené. (Van Pelt 2010)

1.2. Vybavení

Vybavení hybridního operačního sálu se musí povinně řídit podle vyhlášky č. 92/2012 Sb. *o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče* k zákonu č. 372/2011 Sb. *o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování*. V této vyhlášce je popsáno minimální přístrojové a věcné vybavení požadované na operačních sálech. Seznam potřebného vybavení operačního sálu z dané vyhlášky je uveden v tabulce č.1. (ČESKO 2012)

Tabulka 1: Minimální technické a věcné vybavení operačního sálu. (ČESKO 2012)

Operační stůl s příslušenstvím
Operační svítidlo a satelit
Anesteziologický přístroj
Defibrilátor
Monitor vitálních funkcí
Instrumentační stolek
Elektrická odsávačka nebo zdroj vakua
Elektrochirurgický generátor
Kontejnery na sterilní materiál a na sterilní nástroje
Kontejner na použitý operační materiál
Infuzní pumpa
Zdroj medicinálního kyslíku a tlakový vzduch
Dávkovač stříkačkový
Instrumentárium podle zaměření pracoviště a věku pacientů
Úložné plochy a pojízdné stolky pro instrumentarium a přístroje

Ve vyhlášce č. 92/2012 Sb. se také uvádí, že: *„Pokud je poskytována péče ve dvou nebo více oborech, kde se provádějí operační výkony, musí operační sál splňovat požadavky na vybavení stanovené pro každý obor poskytované péče.“* Jelikož hybridní operační sál je spojením chirurgického sálu s katetrizačním sálem, musí splňovat požadavky na vybavení pro všechny chirurgické a radiointervenční obory, které na něm provádějí operační výkony. Z chirurgických oborů sem patří především kardiochirurgie, cévní chirurgie, neurochirurgie, páteřní chirurgie, hrudní chirurgie, ortopedie, traumatologie a gynekologie či plastická a estetická chirurgie. Z intervenčních oborů sem řadíme intervenční radiologii, intervenční kardiologii, intervenční neuroradiologii, intervenční onkologii a intervenční pneumologii. Požadavky jednotlivých uživatelů v rámci každého oboru, pak určují stavební dispozice a systémové vybavení hybridního operačního sálu. (Súkupová 2018; Sara 2022)

Zobrazovací technologie

K základnímu vybavení hybridních operačních sálu patří zobrazovací technologie. Obvykle se jedná o výkonný rentgenový přístroj – angiografický systém s C-ramenem zavěšeným ze stropu, případně U/G ramenem uchyceným na podlahovém stativu. (Nollert et al. 2012; Schuetze et al. 2022)

Operační stůl

Dalším nezbytným vybavením hybridního operačního sálu je operační stůl. Operační stůl by měl být vhodný, jak pro chirurgické, tak i pro intervenční katetrizační výkony. Požadavky se ovšem mohou lišit. Chirurgové očekávají stůl, na kterém lze pacienta dobře polohovat pro všechny druhy chirurgických přístupů. Intervenční radiologové zase vyžadují plovoucí desku, která umožňuje provádět rychlé a přesné pohyby při nastavování projekcí nutných k zobrazení cévního systému. Často se využívají tzv. modulární stoly, které jsou využitelné s vhodným příslušenstvím napříč všemi operačními obory. Nejčastěji se deska stolu vyrábí z uhlíkových vláken pro poskytnutí maximální rentgenové transparentnosti a zároveň velké možné váhové zatížitelnosti s ohledem na skutečnost, že hmotnost některých pacientů přesahuje 150 kg. Musí také zaručit neomezený přístup pro C-rameno. Je potom s výhodou, jsou-li operační stoly mobilní a umožňují přímý převoz pacienta z překladového filtru přímo na operační sál a následné provedení výkonu, tedy bez nutnosti dalšího překládání pacienta na hybridním operačním sále. (Nollert et al. 2011; Rypl 2018)

Další potřebné vybavení

Nezbytným vybavením každého hybridního operačního sálu je anesteziologický přístroj, sloužící k aplikaci inhalačních anestetik a zabezpečující ventilaci a oxygenaci pacienta, což umožňuje bezpečnost celkové anestezie pacientů během výkonů. Při jeho instalaci musí být vhodně řešeny přívody nezbytných medicinálních plynů. Většinou bývají součástí anesteziologických přístrojů i monitory vitálních funkcí pacientů, které jsou do těchto přístrojů přímo implementovány. (Hill a Horn 2022)

Umístění anesteziologického přístroje a monitoru vitálních funkcí musí být vždy volitelné podle nutnosti pozice C-ramene RTG přístroje a probíhající procedury. S ohledem na tuto modularitu pracoviště je potom s výhodou, jsou-li tyto přístroje umístěny na stropních stativech, kdy tím pádem není nutné se při přemisťování zabývat vedením medicinálních plynových rozvodů na podlaze. (Hill a Horn 2022)

Z hygienického hlediska je dále pro hybridní operační sály nejvhodnější, aby byl vybaven stropem s laminárním prouděním vzduchu. Proto se nedoporučují stropní systémy s pohyblivými částmi nad operačním polem, které narušují proudění vzduchu tak, že způsobují turbulence a obtížně se čistí. (Nollert et al. 2011)

Další výbavu nacházející se na hybridních operačních sálech představují například tlakový injektor, echokardiografický sonograf, intravaskulární ultrazvuk, zařízení pro mimotělní oběh, ventilační technika, systém pro mechanickou podporu srdeční, samostatné monitory vitálních funkcí, aspirační systémy, generátor pro elektrochirurgický nůž, vybavení elektrofyziologické laboratoře, záložní zdroj napájení, pomůcky pro radiační ochranu atd. Vše je závislé na požadavcích konkrétních oborů, které na daném hybridním operačním sále výkony provádějí, a tedy na tom, jaké vybavení k provedení své intervence vyžadují. (Ovčačík 2012; Esposito et al. 2021)

Při výběru a instalaci vybavení hybridního operačního sálu je nezbytné zohlednit:

- vlastní prostor (podlahovou plochu)
- instalovanou zobrazovací technologii (s ohledem na její nutné prostorové požadavky)
- hledisko radiační ochrany
- efektivní pracovní postup
- akustická hlediska
- enviromentální omezení.

Jedině tak může být vybudovaný kvalitní hybridní operační sál. (Fearon 2018)

Obecně hybridní operační sál musí být větší než standardní operační sál, jelikož musí pojmout zobrazovací zařízení a více personálu. (Fearon 2018)

Technická místnost a ovládací místnost

Dvě další nutné místnosti rozšiřují půdorys hybridního operačního sálu – technická místnost a ovládací místnost (ovladovna). (Fearon 2018)

Technická místnost je prostor určený pro technologicko-elektronické zázemí zobrazovací technologie instalované na hybridním sále, které musí být umístěno v místnosti oddělené od samotného hybridního operačního sálu, z důvodu tepelné zátěže prostoru, hygienických opatření a hluku. Tato místnost bývá většinou opatřena dvěma nezávislými klimatizačními jednotkami. (Fearon 2018)

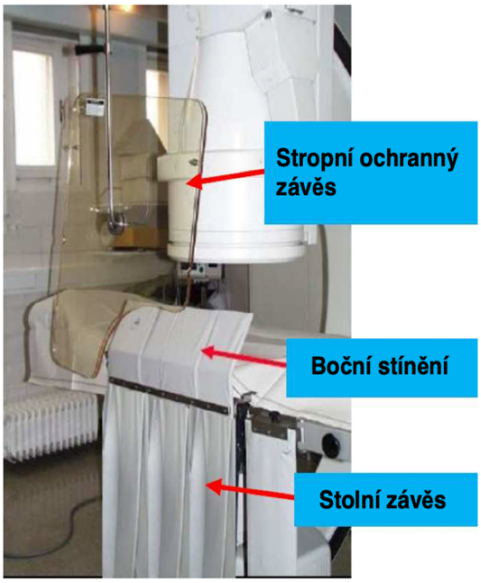
Ovladovna je pak prostor, ze kterého personál může obsluhovat zobrazovací zařízení během výkonů, vůči hybridnímu operačnímu sálu je odstíněna od RTG záření, slouží tedy také jako prostor, kde se personál může uchýlit během expozic RTG přístroje, kdy jejich přítomnost na operačním sále není v danou chvíli nezbytná. (Fearon 2018)

Radiační ochrana

Zásadním vybavením hybridních operačních sálu z hlediska tématu této práce jsou prostředky radiační ochrany. Ochrana stíněním je jedním ze základních způsobů radiační ochrany (kromě ochrany časem a vzdáleností), proto by se měly používat všechny dostupné ochranné stínící prostředky. Ochrana stíněním zahrnuje použití fyzických bariér k absorbování části rozptýleného záření z pacienta během expozice. Personál na hybridních operačních sálech ke stínění využívá hlavně nošení ochranných stínících zástěr a límců, které chrání oblasti těla pracovníků citlivé na ionizující záření od krku (kvůli štítné žláze) až po gonády. Kombinace ochranné zástěry a límce je schopná snížit dávku pro personál až o 95 %. Kromě jednodílných celotělových ochranných zástěr existují i dvoudílné ochranné zástěry, sestávající z vesty a sukně, které mají výhodu spočívající v rozložení váhy stínění částečně na ramena a pánev pracovníka. Ty potom mohou redukovat dávku až o 90 %. U jednodílných zástěr je nevýhodou, že celá hmotnost zástěry je prakticky na ramenou pracovníka. Další nevýhodou potom je, že stínící materiál je pouze v přední části zástěry, zatímco záda nejsou chráněna vůbec, proto by tato zástěra neměla být využívána pracovníky, kteří se během expozice otáčejí zády ke zdroji záření, např. typicky zdravotní sestry. V jejich případě se tedy doporučuje použití dvoudílných ochranných zástěr. (SÚJB 2016)

K dalším metodám stínění, ale již méně používaným patří olověné rukavice ke snížení expozice rukou. Ochranné rukavice jsou účinným prostředkem ke snížení dávek lékařům, ale pouze v případě, kdy se ruce vyskytují mimo primární svazek rtg záření, takže slouží pouze ke snížení dávky z rozptýleného záření. V případě, kdy ruce zůstanou v primárním svazku dochází totiž k zvýšení dávky pacientovi a tím se zvýší i dávka pro okolní personál. Dále k metodám stínění patří ochranné stínící brýle, kvůli ochraně oční čočky nebo také ochranné stínící čepice, jejíž efektivita je však sporná. (SÚJB 2016; Súkupová 2018)

Mezi další ochranné pomůcky spadá stropní ochranný závěs, který je schopen redukovat rozptýlené záření až na 1/3 a spolu s bočním stíněním (zástěnou pro operační stůl) a stolním závěsem mohou zajistit redukci dávky z rozptýleného záření až o 90 %. Dále významnou roli ve snížení dávky může hrát mobilní stínící zástěna, kterou se doporučuje využívat především při akvizičním módu a taktéž slouží jako dodatečná ochrana personálu v operační místnosti. Významné jsou i ochranné štíty na manipulačních závěsech. (SÚJB 2016; Narain et al. 2017; Súkupová 2018)



Obrázek 2: Stropní ochranný závěs, boční stínění, stolní závěs (SÚJB 2016)

Obrázek 3: Pojízdná stínící zástěna (SÚJB 2016)

1.3. Personální obsazení

Hybridní operační sály jsou ztělesněním komplexního prostředí, které pro efektivní využití svého potenciálu potřebují operační tým, který se skládá z lékařských i nelékařských zdravotnických pracovníků. Každý člen týmu má svou přesně danou úlohu,

pro kterou je speciálně připraven, a to v rámci svého pregraduálního, případně také postgraduálního, vzdělání. Každý jednotlivec musí mít specifické individuální dovednosti a odborné kompetence, s ohledem na příslušnost ke svému oboru, který se podílí na mezioborovém operačním výkonu. Klíčové je pak vytvoření multidisciplinárních týmů, které kolektivně zajišťují bezchybné provedení příslušných výkonů. V těchto multidisciplinárních týmech je důležitá komunikace a spolupráce mezi lékaři z jednotlivých odborností, kteří se na hybridních výkonech podílejí, a to především mezi chirurgy, intervenčními lékaři a anesteziology. Stejně tak je důležitá i spolupráce a komunikace v rámci nelékařského týmu pracovníků, a to jak vně své odbornosti, tak také meziooborově (nejčastěji mezi zdravotními sestrami, radiologickými asistenty a sanitáři). (Nollert et al. 2012; Bazzi et al. 2019)

Personálu, který se podílí na zajištění léčebné péče na hybridním operačním sále je tedy celá řada. K lékařským pracovníkům, kteří se vyskytují na hybridním sále patří: kardiochirurgové, cévní chirurgové, neurochirurgové, ortopedi, traumatologové, páteřní chirurgové, plastičtí chirurgové, urologové, gynekologové, intervenční radiologové, intervenční kardiologové, intervenční neuroradiologové, intervenční onkologové, intervenční pneumologové, anesteziologové, dále se může jednat i o oftalmology nebo otorinolaryngology. K nelékařským pracovníkům, kteří pracují v těchto prostorách patří zdravotní sestry, radiologičtí asistenti a sáloví sanitáři. (Anne Figel et al. 2012; Nollert et al. 2012; Bazzi et al. 2019)

Anesteziologie

Anesteziologický tým tvoří lékař anesteziolog a anesteziologická sestra. Společně připravují pacienta na výkon, vedou celkovou anestezii během výkonu a následně zajišťují i pooperační péči stran provedené celkové anestezie. Pro operatéry vytvářejí vhodné podmínky k bezpečnému provedení výkonu. U pacienta potom zajišťují, aby průběh výkonu co nejlépe snášel, ale především kontrolují a udržují životní funkce pacienta. Anesteziologický tým se zpravidla nachází u hlavy pacienta. (Kucharová 2022)

Chirurgie

Chirurgický tým také sestává z lékařských i nelékařských zdravotních pracovníků. U hybridních výkonu je operatérem chirurg z příslušného specializovaného oboru, který závisí od typu prováděného výkonu. Většinou bývají při chirurgické části výkonu přítomni chirurgové dva (hlavní operatér a první asistence). Avšak mezi neodmyslitelné členy

chirurgického týmu patří také zdravotní sestry. Perioperační sestry zajišťují provoz operačního sálu. Perioperační sestry mohou zastávat funkci instrumentářky nebo obíhající (cirkulující) sestry. Instrumentářka připravuje nástroje, rouškuje instrumentační stolky, pomáhá se zajištěním operačního pole pacienta a během výkonu podává a nazpátek přebírá nástroje od lékařů. Obíhající sestra tvoří spojení mezi operačním týmem a okolím, jelikož během výkonu musí být dodrženy aseptické podmínky. Součástí týmu je i sálový sanitář, který pomáhá s dezinfekcí, přípravou pacienta, sálu nebo jinými pomocnými činnostmi. (Kucharová 2022)

Radiologie

Radiologický tým tvoří lékař radiolog, radiologický asistent a zdravotní sestra s patřičnou specializovanou způsobilostí. Radiolog provádějící radiologickou část hybridního výkonu musí být specializovaně vyškolený intervenční radiolog. Pod kontrolou zobrazovacích metod provádí invazivní výkony. V některých případech dokonce může zcela nahradit chirurgický výkon. Radiologický asistent manipuluje se zobrazovací technikou, provádí praktickou část lékařského ozáření a je odpovědný za akvizici obrazové dokumentace výkonu, a to s ohledem na daný typ výkonu, jeho fázi, či například hlediska radiační ochrany s výkonem související. Úlohou sestry během intervenčního výkonu je pak zejména instrumentace vlastního výkonu a asistence lékaři během daných procedur. (Kucharová 2022)

1.4. Výkony prováděné na hybridním operačním sále

Kardiovaskulární obory, tedy kardiochirurgové, intervenční kardiologové a cévní chirurgové v dnešní době stále představují hlavní uživatelé hybridních operačních sálů, ale díky neustálému rozvoji zobrazovacích technologií, a vlastních chirurgických oborů se využití hybridních sálu už neomezuje jen na kardiovaskulární výkony. Uplatňují se ve značné míře také u neurochirurgie, která také vyžaduje zobrazovací systémy umístěné v chirurgickém prostředí. Dále i ortopedi provádí minimálně invazivní obrazem řízené výkony na hybridním operačním sále. Další potenciální oblasti využití se stále objevují, jelikož u všech chirurgických oborů je tendence provádět minimálně invazivní výkony. Tato tendence, stejně jako zvýšené nároky kladené na intraoperační zobrazování dávají prostor pro rozmach těchto špičkových operačních sálů i pro další chirurgické obory. Zatím se však nejčastěji o hybridní operační sál dělí kardiochirurgové, intervenční kardiologové, cévní chirurgové, intervenční radiologové, dětští kardiologové,

neurochirurgové, neuroradiologové, ortopedi a traumatologové. (Nollert et al. 2011; Marescaux a Diana 2015; Spenkelink et al. 2022)

Cévní chirurgie

Podstatou hybridních výkonů v cévní chirurgii je kombinace klasické otevřené chirurgie s endovaskularními technikami současně v jedné operaci. Toto spojení dovoluje provádět cévní operace, které by samostatně, jednotlivými metodami nešly řešit vůbec a pokud ano, tak s velkým rizikem pro nemocného. Během posledních 20 let nastal velký rozvoj v oboru cévní chirurgie prostřednictvím zlepšování endovaskulárních technik. (Huffman et al. 2021)

Díky hybridním operačním sálům a provázané spolupráci cévních chirurgů často např. s intervenčními radiology, ale i jinými specializacemi je umožněna pacientům komplexní a precizní léčba. Na základě propracovaných kombinovaných operačních a intervenčních technik umí lékaři řešit stále komplikovanější a rozsáhlejší postižení cév. Část výkonu bývá uskutečněna operačně, jako např. provedení bypassů, endartektomie sklerotických plátů z tepny atd. Intervenční radiolog poté nebo před tím provede endovaskulární intervenční výkon na jiném místě v tepenném systému prostřednictvím speciálního instrumentária, především se může jednat o zavedení stentu nebo stentgaftu do postižené části tepny nebo provedení angioplastiky. (Kaneko a Davidson 2014)

Kardiochirurgie

Specializuje se především na náhrady a plastiky aortálních či mitrálních chlopní, kdy ve spolupráci s intervenčním kardiologem jsou lékaři například schopni nahradit aortální chlopeň transkatétrovou metodou přes tříselnou (nebo podklíčkovou) tepnu pomocí speciálního instrumentária, a to bez nutnosti velké operační rány na hrudníku. Mezi další takové výkony patří např. provádění aortokoronárních bypassů, operace na hrudní aortě nebo operace pro poruchy srdečního rytmu. (Papakonstantinou et al. 2017; Marcus et al. 2018)

Gynekologie

V gynekologii hybridní operační sál najde své využití při operaci vcestné placenty (placenta praevia) nebo vrostlé placenty (placenta accreta), které jsou spojeny s vysokým rizikem mateřské i fetální mortality a morbidity. V případě prokázání těchto malformací placenty se úmrtnost a nemocnost snižuje tím, že porod může být plánovaně provedený

na hybridním operačním sále, kde je k dispozici multidisciplinární tým. Z důvodu snahy o zachování dělohy a fertility u nemocných s poruchami placenty se může zvolit konzervativní přístup, kdy se provede císařský řez bez hysterektomie s ponecháním placenty, to však zvyšuje riziko sepse a krvácení v šestinedělí. Větší bezpečnost porodu císařským řezem bez hysterektomie může zajistit dočasný profylaktický uzávěr vnitřních iliakálních tepen s pouhým ošetřením dělohy. Nicméně běžně indikovaným zákrokem u těchto patologických stavů dělohy je císařský řez s hysterektomií, která se také provádí za zástavy toku krve do dělohy prozatímní okluzí. Takto provedený císařský řez na hybridním operačním sále bez nutnosti transportu pacientek mezi intervenční radiologií a operačním sálem je bezpečnější s menším rizikem velkých krevních ztrát během operace. (Černá et al. 2016; Meller et al. 2019)

Traumatologie

U závažných traumat zůstává krvácení nejčastější příčinou smrti. K snížení mortality je nutný rychlý přesun na operační sál, intervenční radiologii nebo nejlépe na kombinaci obou, jelikož včasná kontrola krvácení je zásadní. Hybridní operační sál hraje významnou roli ve zkrácení intervalu mezi zjištěním rozsahu poranění až po život zachraňující zásah, což má v traumatologii obrovský potenciál. (Khoo et al. 2021)

Hybridní sál má využití i u traumat parenchymových orgánu. Například u rozsáhlých traumat jater lze provést hybridní výkon – dočasnou tamponádu („packing“) jater spolu s embolizací. Obecně při hemodynamicky nestabilním stavu pacienta nebo při traumatu vyžadujícím laparotomii se přistupuje k hybridním výkonům. (Köcher et al. 2015)

Intervenční radiologie

Umožňuje usnadnit nebo nahradit chirurgický zákrok pod kontrolou zobrazovací technologie. Intervenční radiologové provádějí vaskulární a nevaskulární intervence. Vaskulární intervence vycházejí z katetrizační angiografie a jedná se o výkony, které se provádí na cévním řečišti nebo skrze něj. Angiografie slouží k zobrazení velkých cév nebo cévního zásobení určitého orgánu. Může odhalit případný zdroj krvácení, vznik výdutí, zúžení či uzávěr cév. Katetrizačními metodami lze pak cévy léčit např. pomocí dilatací balónkovými dilatačními katétry, implantacemi stentů či stentgraftů, nebo případnou aplikací léků k rozpouštění krevních sraženin. (Heřman 2014; Huffman et al. 2021; Teague 2022)

Hrudní chirurgie

Z hrudních výkonů se na hybridním operačním sále může provádět: plicní biopsie, ablace plicního tumoru nebo resekce tumoru žeber. Důvodem provedení těchto výkonů na hybridním operačním sále je například u plicní biopsie zlepšení umístění jehly. U ablace plicního tumoru zase zlepšení umístění sondy pro lepší cílení na nádor. A u resekce tumoru zase minimalizace poškození okolní tkáně. (Spenkelink et al. 2022)

Ortopedická chirurgie

Z ortopedických výkonů je možné provádět třeba zavádění páteřních šroubů. Dále je hybridní operační sál vhodný při operacích komplexních zlomenin, jako jsou zlomeniny pánve nebo patní kosti. (Zwingmann et al. 2013; Spenkelink et al. 2022)

Při ortopedických výkonech nicméně někteří dávají přednost mobilnímu C-rameni, jelikož na angiografickém systému jsou některé projekce složitě dosažitelné. Rovněž systém musí disponovat 3D softwarem k provedení ortopedického výkonu. (Keith 2016)

Urologie

Na hybridním operačním sále se můžou provádět i urologické výkony jako: perkutánní nefrolitotomie, retrográdní intrarenální operace, laparoskopická termální ablace nebo superselektivní tumorální embolizace. (Spenkelink et al. 2022)

Další chirurgické obory

I jiné chirurgické obory můžou využívat hybridní operační sál, jako například neurochirurgové, kteří však využívají především iCT nebo i MR, dále oftalmologové, ústní a čelistní chirurgové, otolaryngologové atd. (Spenkelink et al. 2022)

2. Zobrazovací technologie instalovaná na hybridním operačním sále

Na hybridních operačních sálech se využívají pokročilé zobrazovací technologie, především se může jednat o angiografický systém, magnetickou rezonanci nebo počítačovou tomografii, případně další přístroje umožňující diagnostiku a intervenci přímo na sále. (Nollert et al. 2011)

V této kapitole se budu věnovat především angiografickému systému, protože ten je instalován ve Fakultní nemocnici Olomouc, kde se provádělo výzkumné šetření popsané v této diplomové práci.

2.1. Angiografický systém

Jedná se o skiaskopicko-skiagrafický rentgenový přístroj určený pro vyšetření tepen a žil pomocí aplikace kontrastní látky zavedeným katétrem do cévního řečiště. (Teague 2022)

Zobrazovací technologie se již dlouhou dobu využívají na operačních sálech ve formě mobilních C-ramen, ale minimálně invazivní postupy na hybridních operačních sálech vyžadují zobrazovací technologie, které umí zobrazit i malé anatomické struktury, jako jsou tenké cévy v srdci nebo vizualizovat tenké vodící dráty a stenty i u obézních pacientů. Zejména během srdečních intervencí, jako při zobrazení pohybujícího se srdce je vyžadována vysoká snímkovací frekvence a vysoký výkon. Tuto potřebnou kvalitu obrazu pro výkony prováděné na hybridních operačních sálech je možné docílit výhradně pomocí vysoce výkonných angiografických systémů instalovaných na pevno, nikoli pomocí mobilních C-ramen. (Nollert et al. 2011; Nollert et al. 2012)

Nicméně kromě kardiologie se hybridní operační sál uplatňuje ještě více u aortálních intervencí. Provádí se především reparace aorty, které jsou jedny z nejběžnějších výkonů na hybridním operačním sále. Výkony zahrnují jak hrudní aortu (TEVAR), tak abdominální aortu (EVAR). Nejběžnější indikací TEVAR a EVAR je aneurysma, disekce aorty nebo traumatické poranění. Rentgen u těchto výkonů musí vydržet obrovskou zátěž a podat velký výkon, což by pojízdný přístroj nevydržel. (Kaneko a Davidson 2014)

Angiografické systémy s pevnými C-rameny přinášejí možnost optimálního provádění mnoha výkonů kvůli pokročilým 3D zobrazovacím technikám, kvalitě obrazu, snímkům s vysokým kontrastem a vylepšené bezpečnosti. Vysoká kvalita s nízkým poměrem šumu, ale bohužel často vede k vyšším dávkám záření. (Serna Santos et al. 2020)

Části angiografického kompletu

- **C-rameno** – je hlavní části angiografického kompletu. C-rameno spojuje výkonnou rentgenku na jednom konci s protilehlým flat panelem na druhém konci a umožňuje skiaskopickou kontrolu během výkonu i snímkování v různých projekcích, tím že se pohybuje kolem pacienta, který je položený na vyšetřovacím stole. C-rameno může být upevněné na stropní závěs, na podlahový stativ nebo v kombinaci s obojím. C-rameno by obecně mělo být co nejvíce flexibilní s dostatečným rozsahem pohybu a možností nastavení libovolné polohy směrem k vyšetřovacímu stolu (pro možnost vyšetřování celého těla pacienta). Důležité je i zvládání rychlých motorických pohybů. Pro lepší ochranu personálu před rozptýleným zářením je nutné mít umístěnou rentgenku pod vyšetřovacím stolem. (Nollert et al. 2011)

- **Angiografický stůl** – je plovoucí deska, která slouží k uložení pacienta během výkonu. Musí být RTG transparentní, ale zároveň být dostatečně zatížitelný, a to s ohledem na obézní pacienty a také nutnost umístění dalších zařízení či provádění srdeční masáže během případné kardiopulmonální resuscitace. (Rypl 2018; Súkupová 2018)

- **Rentgenka** – v angiografických systémech využívaných k intervenčním výkonům rentgenka pracuje při napětí 60-125 kV. Je nutné, aby umožňovala produkovat záření v pulzním režimu (2-30 pulzů/s). Pulzy musí být dostatečně krátké (5-30 ms) a produkované po značně dlouho dobu, jelikož v některých případech může celkový skiaskopický čas trvat až několik hodin. Rentgenka musí být schopná, taktéž produkovat vysoký proud, který činí i cca 1000 mA, k získání dostačující opacifikace tkání, a to i při nižším napětí, aby bylo možné zachovat dostatečný kontrast obrazu. Tyto rentgenky můžou mít dvě až tři ohniska, většinou o velikosti 0,3-2 mm. U angiografických systémů bývá limitující více katoda než anoda, nejčastější závadou proto bývá poškození katodového vlákna. (Súkupová 2018)

- **Flat panel** – je moderní detektor, který poskytuje přímý digitální obraz. Poskytuje informace o intenzitě RTG záření z různých míst ozářeného objektu, díky jednotlivým pixelům, ze kterých se skládá. U digitálního plochého detektoru jsou jeho klíčovými parametry: velikost (úhlopříčka aktivní plochy), možnost volby dalších formátů

(ZOOM), velikost obrazového bodu, maximální rychlost snímání, rozlišovací schopnost detektoru, rozlišovací schopnost v matici nebo detekční kvantová účinnost detektoru. (Ullmann 2009; Fahrig et al. 2021)

- **Hlavní obrazovka** – je určena především pro navádění v reálném čase. Může zobrazit, ale i další snímky současně v různých velikostech, včetně obrazové fúze snímků z jiných modalit. Přes centrální obrazovku lze také ovládat operační stůl, vzduchotechniku, osvětlení a další, jelikož softwarové vybavení umožňuje propojit jednotlivé systémy a centrálně je řídit. (Rypl 2018; Súkupová 2018)

- **Injektor kontrastní látky** – slouží pro aplikaci KL zavedeným katétrem do cévního řečiště. (Vomáčka 2015)

- **Ovládací konzole** – umožňuje identifikovat vyšetřovaného pacienta, navolit druh vyšetření a následně jej vyhodnotit a archivovat. Je žádoucí jí mít umístěnou, jak na hybridním sále, tak v ovládací místnosti. To je vhodné především pro obsluhujícího RA, protože pak nemusí být během celého výkonu přítomný na sále. (Vomáčka 2015; Súkupová 2018)

Zobrazovací módy

Angiografický systém se odlišuje od čistě skiagrafického tím, že umožňuje provádět skiaskopii nebo skiagrafii (subtrahovanou – DSA či nativní), tedy umožňuje udělat stovky až tisíce snímků v řadě. (Súkupová 2018)

Skiaskopie umožňuje kontinuální sledování zavádění instrumentária nebo orgánů v reálném čase. V současnosti se využívá pulzní skiaskopie, mnohdy v kombinaci s nízkým proudem, někdy i s vysokou přídavnou filtrací, pro snížení dávky záření. Při frekvenci 10-15 p/s se lékaři zavádějícímu instrumentárium může obraz jevit jako kontinuální. Jedním z technických pokroků v oblasti snižování dávek je snížení doby trvání a počet pulzů za sekundu, kdy například při snížení z 10 pulzů na 4 pulzy za sekundu (low-dose) lze docílit snížení dávky o 60 %. A to ve většině případů bez zhoršení diagnostické kvality obrazu. V praxi se setkáváme s 7,5 – 5 p/s. Obraz při skiaskopii není kvalitní, tak jako při akvizici, ale pro navádění instrumentária stačí. Ve skiaskopickém módu je dávkový příkon regulovaný, ve vzdálenosti 30 cm od detektoru nesmí být vyšší než 87 mGy/min. (Súkupová 2018; Kaatsch et al. 2022)

Akviziční mód je určený ke sledování dynamických dějů, zejména pak průtoku kontrastní látky cévním řečištěm či její průtok parenchymovým orgánem. Lékař zavede instrumentárium do požadované pozice pod skiaskopickou kontrolou a následně provede nástřik KL, jejíž průtok se zaznamená v akvizičním módu. V akvizičním módu se používá vyšší proud a nižší přídavná filtrace, obraz je tak více kontrastní a jednotlivé tkáňově struktury jsou vidět lépe. Akviziční mód je taktéž pulzní. Stejně jako při skiaskopii, je i při akvizice podstatná frekvence snímků/s, která se uvádí v pulzech/s (p/s) nebo ve framech/s (fr/s). Při 15 fr/s pohyb KL vypadá jako kontinuální. Běžně se 15 fr/s používá v intervenční kardiologii při akvizici bez subtrakce např. pro sycení koronárních tepen. V intervenční radiologii např. pro sycení dolních končetin se používá 2-4 fr/s a v tomto případě se nejedná o kontinuální pohyb, ale o provedení digitální subtrakční angiografie (DSA). DSA je v dnešní době již klasickou metodou invazivního angiografického vyšetření, na kterou je možné navázat různými intervenčními výkony. Principem metody je tzv. subtrakce, tj. odečet dvou snímků jedné oblasti, kdy jeden snímek je nativní a druhý z přítomnosti kontrastní látky. Snímání probíhá ve dvou fázích. Nejdříve nastává nasnímání masky, která je nativním snímkem zobrazované oblasti bez aplikace KL. Poté se zhotoví snímek stejné oblasti po aplikaci KL, od kterého se odečte maska. Tím dojde k odečtení nezměněných struktur (např. skeletu) a zůstanou pouze cévy naplněné kontrastem. Obecně rychlost snímání u DSA může být 0,5-7,5 fr/s, ale 2-4 fr/s se používá nejběžněji. Mezi další parametry DSA ovlivňující radiační dávku patří délka snímání, která se liší od prováděného výkonu. Dále můžeme rozlišit jednofázovou akvizici a multifázovou akvizici. Při jednofázové akvizici je rychlost snímání po celou dobu akvizice scény stejná (např. 4 fr/s). Při multifázové akvizici se rychlost počtu snímků/s mění během akvizice scény, to dokáže účinně snížit velikost obdržené dávky záření. (Procházka 2012; Seidl 2012; Súkupová 2014; 2018)

Skiaskopie se využívá, jak už bylo řečeno při zavádění instrumentária a je u ní slabý kontrast. Akviziční mód slouží pro zaznamenání průběhu šíření KL a má lepší kontrast a prostorové rozlišení, ale dávka je u něj 10-100x vyšší na jeden snímek než v módu skiaskopickém. Obecně se při skiaskopii, kvůli používání po delší časové období, klade vysoké požadavky na kontinuální chlazení rentgenky. Akviziční mód zase zaznamenává dynamický děj po krátkou dobu, ale klade vysoké požadavky na okamžité zatížení katody a anody. (Súkupová 2018)

Počítačové zpracování

Angiografické systémy s C ramenem jsou schopné během hybridních operací nebo během katetrizačních intervencí například vytvořit 3D obraz na základě rotační angiografie, dovedou tak produkovat snímky podobné CT, takové zobrazení se nazývá cone-beam CT (CBCT). Od klasického CT se liší horší kvalitou obrazu, především horším rozlišením kontrastu a horším časovým rozlišením, jelikož náběr dat trvá delší dobu. Uplatňují se zejména v oblasti neuroradiologie. Je to umožněno pořizováním série 2D snímků C-ramenem rotujícím kolem příslušné části těla, jednotlivé snímky jsou následně pomocí softwarových algoritmů rekonstruovány do 3D obrazu. Na výsledná voxelová data, pak lze nahlížet jako na 3D objem, který jde otáčet a přibližovat, nebo jako na multiplanární rekonstrukci, tedy procházení řezů ze tří projekčních úhlů. (Orth et al. 2009; Súkupová 2018; Söder et al. 2020)

Radiační dávka

Rentgenové záření využívané angiografickým systémem je ionizujícím zářením, takže expozice je potenciálně škodlivá. Fixní C-rameno ve srovnání s mobilním C-ramenem může být během operace používané delší dobu, proto je třeba sledovat radiační dávku. (Hwang et al. 2015)

Dávka je značně ovlivněna **volbou expozičních parametrů**. Angiografické systémy, ale neumožňují změnu expozičních parametrů, nýbrž jsou předvoleny tak, aby dávka odpovídala přednastavené hodnotě potřebné pro získání dostatečně kvalitního obrazu. Takže systém si automaticky nastavuje expoziční parametry podle toho, jak velký je prozařovaný objem. V dnešní době jsou angiografické systémy vybaveny ADRC (automatickým řízením dávkového příkonu), což je speciální expoziční automatika. Množství dopadajícího záření je v první řadě ovlivňováno proudem rentgenky. Ten se s větší tloušťkou pacienta zvyšuje. Vyšší proud produkuje více fotonů, takže větší množství fotonů dopadá na receptor obrazu. S vyšším proudem se také může prodlužovat i délka pulzu. Pokud ani při nejvyšším proudu a nejdelší době pulzů není dostatečné množství fotonů dopadajících na receptor, tak se začíná zvyšovat napětí. Vlivem vyššího napětí se produkují fotony o větší energii, které jsou pronikavější, ale na druhou stranu snižují kontrast, jelikož klesá zastoupení fotoefektu, zatímco zastoupení Comptonova jevu se zvyšuje. Taktéž je důležité, že se zvyšujícím se napětím klesá přídavná filtrace, tím se zvyšuje množství fotonů ve svazku, což vede ke zvýšení dávky. Protože měkká část spektra, která nepřispívá k tvorbě obrazu a pouze zvyšuje radiační zátěž se nevyfiltruje. Následně pokud ani při klesající přídavné filtraci množství fotonů není dostatečné,

dojde ke změně ohniska z malého na velké. S větším ohniskem zase ještě stoupá počet produkovaných fotonů, ale souběžně narůstá i geometrická neostrost. Čím menší je tedy oblast na anodovém terčíku, na kterou dopadají urychlené elektrony z katody, tím menší je geometrická neostrost a dosahuje se lepšího prostorového rozlišení. (Súkupová 2018; Kaatsch et al. 2022)

Citlivost detektoru má také vliv na radiační dávku, jelikož je potřeba zaznamenat dostatek fotonů RTG záření. Při nedostatku fotonů RTG záření je RTG obraz narušený šumem. U flat panelů se citlivost receptoru obrazu udává pomocí detekční kvantové účinnosti, což je množství fotonů RTG záření v procentech, které na receptor dopadly, byly zaznamenány a použity k tvorbě obrazu (zbylá část byla neužitečně pohlcena). Takže, čím citlivější detektor tím méně RTG záření musí být vyprodukováno k tvorbě dostatečně kvalitního obrazu. (Ullmann 2009)

Moderní velkoplošné obrazovky s vysokým rozlišením a výpočetními zdroji, které poskytují mnoho možností pro zpracování a zobrazení obrazu jsou vybaveny několika nástroji pro minimalizaci dávky. Jedná se o **virtuální kolimaci** (na monitoru se virtuálně zobrazuje, jaké pole je vykolimováno) nebo dále o **last image hold** a **skiaskopickou smyčku** u dynamických procesů, což předchází potřebě opakování skiaskopie (na monitoru se přehrává pořád dokola poslední skiaskopická nebo akviziční scéna, aby si ji lékař byl schopen detailně prohlédnout bez potřeby dalšího záření). (Súkupová 2018; Kaatsch et al. 2022)

U moderních skiaskopických přístrojů je také nezbytné, aby byly vybavené **zařízením pro měření dávky**, kterým může být KAP metr (měří součinu kermy a plochy) nebo DAP metr (měří součin dávky a plochy). Při sepnutí expozičního snímače během akvizice, stejně jako během skiaskopie na monitoru musí být zobrazený aktuální dávkový (kermový) příkon. Po skončení expozice se hodnota kumulativní (celkové) dávky, kterou pacient během výkonu obdržel musí zobrazit na displeji. Systém také musí být vybavený zvukovým znamením, které oznámí překročení času skiaskopie nad 5 min. (Súkupová 2018)

Přístroje se neustále vyvíjí a zdokonalují tak, aby se snižovaly dávky. Nejnovější **technické inovace hardwaru** zobrazovacích systému nebo **softwaru** pro zpracování obrazu můžou také snížit radiační dávku při zachování kvality obrazu. U hardwaru se jedná o inovacemi, kterými jsou: přidání více měděné filtrace, menší velikostí ohniska, kratší trvání pulzů, clonění bez záření nebo citlivější detektor. U softwaru se jedná o pokročilé algoritmy zpracování obrazu, jelikož lepší výpočetní technika dovoluje zpracovat obraz v reálném čase i přes to, že surová data nemusí být nejkvalitnější. Dnešní angiografické

systémy již musí být vybaveny těmito efektivními systémy pro snižování dávky RTG záření. Limity pro přijatelnou radiační dávku jsou částečně založené na minimální dávce, která je dosažitelná při současných technických možnostech. Zavedení dalších typů nových receptorů obrazu a postprocessingových algoritmů pravděpodobně dále sníží radiační dávku. (van den Haak et al. 2015; Súkupová 2018)

Obecně dávka pro pacienta, tak i pro personál roste lineárně s vyšší hodnotou proudu a déle trvajícím pulzem. Zatímco s větší hodnotou napětí se dávka kvadraticky zmenšuje. Dávka obdržená pacientem se také zřetelně zmenšuje s vyšší použitou filtrací. Tyto všechny parametry jsou voleny automaticky, takže lékař nebo RA je nemůže ovlivnit. Ovlivnit však lze velikost prozařovaného objemu, konfiguraci (rotaci) C-ramene, vyšetřovací protokol, zvětšení, kolimaci, vzdálenost mezi pacientem a receptorem obrazu, použití navigačního módu nebo zvolení low-dose módu. Tyto faktory ovlivňující dávku budou popsány níže. (Súkupová 2018)

2.2. Intraoperační výpočetní tomografie

Výkony navigované CT se uplatňují především při traumatologii v oblasti pánve a páteře, a také dalších ortopedických a neurologických typech operací, jako například: u postupů, které využívají 3D zobrazení k přesnému určení polohy problému, ke kterým patří biopsie mozku nebo drenáž intracerebrálního hematomu, dále u operací, které zahrnují obličej a lebku, u operací zlomenin pánve a kyčlí, u operací kloubních náhrad, u operací nádorů, u operací páteře. (Sipos a Heisey 2015; Ashraf et al. 2020; Li et al. 2022)

Intraoperační CT poskytuje možnost se lépe rozhodovat během zákroků na základě aktuální intraoperační situace. Také lze pomocí snímků v reálném čase ověřit úspěšnost zákroku bezprostředně po operaci, bez nutnosti pacienta převážet do jiné místnosti. (Ashraf et al. 2020)

Existují dva způsoby intaroperačního používání výpočetní tomografie. Prvním způsobem je při potřebě peroperační kontroly převezení pacienta do přilehlé místnosti, kde podstoupí vyšetření výpočetní tomografií. Druhým způsobem je v případě potřeby přivezení výpočetní tomografie pomocí kolejnic na stropě. (Taiji et al. 2021)

2.3. Intraoperační magnetická rezonance

V nedávné době se začaly objevovat hybridní operační sály nejen se skiaskopickými, respektive angiografickými soustavami nebo s výpočetní tomografií,

ale také s intraoperační magnetickou rezonancí, které mají své uplatnění především při neurochirurgických výkonech. Používá se nejen k navigaci během výkonu, ale také ke kontrole provedeného operačního výkonu nebo ke zjištění možné reziduální nádorové tkáně. Při potřebě peroperační kontroly se pacient převeze do přilehlé místnosti, kde podstoupí vyšetření magnetickou rezonancí. (Krška 2011)

Neurochirurgové využívají intraoperační magnetickou rezonanci zejména při operacích mozkových nádorů (především gliomů a adenomů hypofýzy) nebo při léčbě epilepsie. Snímky v reálné čase vytvořené pomocí iMR mají řadu výhod. Jako to, že umožňují rozeznat abnormální mozkovou tkáň od té normální, jelikož někdy může být těžké vizuálně rozlišit, kde přesně končí okraje mozkového nádoru. S iMR je možné zvýšit radikalita výkonu a zároveň bezpečnost. Pomocí iMR se může taktéž zohlednit posun mozku. A také se může ihned potvrdit úspěšnost operace. (Tandon a Mahapatra 2017; Ashraf et al. 2020)

3. Radiační ochrana

K snížení možných nežádoucích účinku způsobených rentgenovým zářením je potřeba dodržovat zásady radiační ochrany. (van den Haak et al. 2015)

Příčinou radiační zátěže personálu je zejména rozptyl rentgenového záření v pacientovi a změna jeho trajektorie. (Cewe et al. 2022)

3.1. Základní principy radiační ochrany

Význam radiační ochrany, by se neměl přeceňovat a vždy by měl platit princip *„tak nízké, jak je rozumně dosažitelné“* (ALARA), který se zaměřuje na snížení radiační dávky. Mezi podstatné metody snížení radiační zátěže pro personál patří maximalizace vzdálenosti mezi zdrojem rentgenového záření a personálem. Následně by měla být použita nízkodávková a pulzní skiaskopie. Taktéž kolimace a minimalizace velikosti rentgenového pole zmenšuje dávku z rozptýleného záření pro personál, jelikož při zaměření se na menší oblast na pacientovi, je umožněno, aby se rozptýlené záření zeslabilo ve větším objemu pacientovy tkáně před tím, než ho opustí. Kromě toho lze radiační dávku pro personál snížit také různou formou stínění proti rentgenovému záření, může se jednat o nošení olověných zástěr, brýlí, nákrčníků nebo stínění stolu.(van den Haak et al. 2015; Serna Santos et al. 2020)

Základní principy pro snížení radiační dávky jsou tedy 3, a to: ochrana časem, vzdálenosti a stíněním. (Kim 2018)

Ochrana časem

Čím déle trvá doba expozice, tím vzrůstá radiační zátěž pro personál. Proto je nutné dobu skiaskopie zkrátit na potřebné minimum. Aby se doba skiaskopie mohla zkrátit, lékaři musí umět provést celou operaci co nejlépe, proto je nezbytné zlepšování jejich dovedností. Stejně tak radiologický asistent musí provést expozici na správném místě a ve správný okamžik bez rozmazaného obrazu. Také použití akvizičních scén by mělo být co nejnižší a jejich délka co nejkratší. A nakonec také použití správných technik snímkování může zkrátit dobu expozice. (Kim 2018)

Ochrana vzdáleností

Větší vzdálenost od zdroje rentgenového záření snižuje radiační zátěž. Intenzita záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti. Proto být ve větší vzdálenosti od zdroje záření je velmi

účinnou metodou pro radiační ochranu. Ukazuje se, že vzdálenost personálu od zdroje záření má na obdrženou dávku dokonce největší vliv. Vzdálenost přibližně 4 metry od zdroje stačila ke snížení naměřených dávek na srovnatelné dávky obdržené z pozadí. Někdy však větší vzdálenost od zdroje není možná zejména u lékařů provádějících výkon. Proto se alespoň doporučuje například při provádění akvizic používat angiografické injektory, které poskytují možnost poodstoupit od pacienta během výkonu. (Kim 2018; Súkupová 2018; Serna Santos et al. 2020)

Nové možnosti, jak se ochránit před zářením větší vzdálenosti, také přináší operace prováděné na dálku pomocí robotického systému. Kdy lékaři jsou za stíněnou ovládací konzoli a pomocí 3D zvětšeného obrazu na dálku joystickem ovládají robotická ramena. To umožnilo snížení dávky až o 96 % pro operatéra. (Biso a Vidovich 2020)

Ochrana stíněním

Stínících pomůcek existuje mnoho. Může se jednat o zástěry, chrániče štítné žlázy, olověné brýle, čepice, rukavice nebo různé např. závěsné štíty. Ochranné stínění by mělo být použito vždy, především ochranné stínící zástěry a ochranné stínící límce. Neméně důležité je, také stropní závěsné stínění nebo stolní závěsné stínění, které také značně redukují množství rozptýleného záření, ale pouze v případě správného umístění, což vyplývá ze studie Kleinema et al. publikované v roce 2011. Při stínění femorálního nebo radiálního přístupu závěsným stropním stíněním platí, že čím blíže je stínění u pacienta (vykrojení je těsně nad pacientem), tím lépe. U implantací kardiostimulátorů závěsné stolní stínění umožňuje zmenšení dávky skoro o 100 % na dolní polovinu těla kardiologů. Na horní část těla lze snížit dávku alespoň o 40-60 % pomocí jednorázových stínících roušek, jelikož stropní závěs použít nelze kvůli zastínění operačního pole. Stropní závěs má nejčastěji tvar obdélníku s vykrojeným jedním rohem pro přístup k pacientovi. Stolní závěs je často kombinovaný s dodatečným bočním stíněním. (Kim 2018; Súkupová 2018)

Také existují např. ochranné zástěry na pacienta, které odstíní rozptýlené záření z oblasti břicha a pánve. To dokáže lékařům snížit dávku na jednu třetinu. Vede to, ale ke dvojnásobnému zvýšení dávky u pacienta, z důvodu odražení rozptýleného záření zpět do pacienta, které by v případě absence zástěry uniklo. Dávka z rozptýleného záření je však v případě pacienta zanedbatelná vůči celkové dávce obdržené během výkonu. (Súkupová 2018)

Co se týče ochranných rukavic, tak ty mohou účinně snížit dávku z rozptýleného záření na ruce lékařů. Efektivní jsou však pouze v případě, kdy ruce zůstávají mimo primární svazek

rtg záření, to může dávku na ruce snížit o 20-60 %. V případě, že se však ruce vyskytují v primárním svazku dochází k výraznému zvýšení dávkového příkonu, a tím ke zvýšení dávky pacientům i lékařům, z tohoto důvodu někteří používání ochranných rukavic nedoporučují. (Súkupová 2020)

To, jak je materiál schopen pohlcovat záření obvykle vyjadřujeme tzv. polotloušťkou materiálu, tj. tloušťkou, po jejímž průchodu intenzita záření klesne na polovinu původní hodnoty. Žádoucí jsou materiály s vysokým atomovým číslem a vysokou hustotou. Například pouze 1 cm olova zredukuje intenzitu rentgenového záření na 50 %, zatímco betonu k zredukování stejné intenzity rentgenového záření na polovinu je potřeba 6 cm. (Ullmann 2009)

3.2. Faktory ovlivňující radiační zátěž

Každý pracovník může praktikovat principy radiační ochrany jako ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Kromě toho i optimalizace nastavení systému a technik může významně snížit dávku záření. Intraoperační radiační dávka je závislá na kombinaci mnoha faktorů. Také stále vznikají další nové technologie ve snaze snížit radiační zátěž. Problémem však jsou vysoké náklady a často neadekvátní školení personálu. (Narain et al. 2017; Serna Santos et al. 2020)

Informovanost personálu

Dávku obdrženého záření je možné snížit tím, že se zvýší informovanost personálu o radiační ochraně, a to zejména neradiačních pracovníků, kteří se v kontrolovaném pásmu pohybují také a je nutné na to klást větší zřetel, jelikož jejich znalosti ohledně radiační ochrany nemusí být takové, jako u radiačních pracovníků, kteří jsou v této oblasti školení. Povědomí o riziku spojeném se skiaskopicky vedenými výkony je podstatné pro minimalizaci radiační expozice na pracovišti. Opatření potřebná ke snížení expozice často vyžadují velmi málo úsilí a jsou dostupná pro všechny. (van den Haak et al. 2015; Serna Santos et al. 2020)

Low-dose mód

Angiografické systémy musí mít možnost nízkodávkového skiaskopického módu, který se odlišuje od normálního přinejmenším o 50 % v dávce. V studii od Serna Santose et al. 2020 bylo prokázáno, že režim nízkodávkové skiaskopie může pro operujícího chirurga snížit obdrženou dávku čtyřikrát až sedmkrát oproti normálnímu režimu a režimu s vysokou

dávkou, proto by se měl nízkodávkový mód preferovat vždy, umožní-li získat dostatečnou kvalitu obrazu. V případě nízké kvality obrazu je pak nezbytné zvolit mód s vyšší dávkou pro získání dostatečné diagnostické informace. (Súkupová 2018; Serna Santos et al. 2020)

Navigační programy

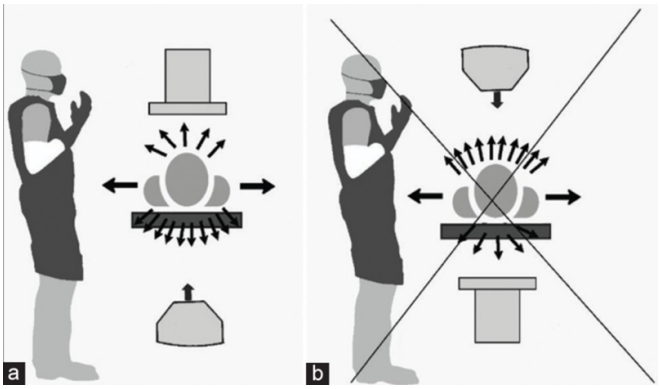
Mezi další účinné nástroje pro snížení dávky patří použití skiaskopických navigačních módu. Jelikož kromě klasické skiaskopie existují i další tzv. speciální režimy skiaskopie. Jedním z nich je funkce Road Map, která slouží jako naváděcí skiaskopický snímek, který je schopen v reálném čase zobrazit vodící dráty a katétry přes cévní systém. Je to velmi užitečná technika při zavádění instrumentária do složitých a malých cév, která může zkrátit dobu používání RTG záření. Dalším navigačním programem, který je schopen také snížit dávku je Fluoro Fade (Overlay Fade), který poskytuje možnost snadné navigace během intervence, jelikož může cévy naplněné KL uložené v referenci z předchozí angiografie promítnou do skiaskopického obrazu v reálném čase ve formě stínů, intenzita promítnutí je proměnná. Další možností je fúzovaná skiaskopie, která je alternativou ke konvenčnímu mapování. Umí provést fúzi s 3D, CT, like-CT a tím vytvořit 3D rekonstrukce tepen, které se prolnou do skiaskopie. K provedení je ale nutná stejná pozice pacienta. Je prokázáno, že technologie fúze živého rentgenového obrazu z předoperačním CT nebo MR může snížit potřebu skiaskopického zobrazování během zákroku a přináší možnost komplexnějších zákroků. Ve studii Serna Santos et al. 2020 při srovnání režimu Road Map a Fluoro Fade s low-dose módem došlo u režimu Road Map až k trojnásobnému zvětšení radiační dávky oproti low-dose módu. Zatímco při srovnání režimu Fluoro Fade s low-dose módem byly dávky téměř stejné. (van den Haak et al. 2015; Jones et al. 2018; Serna Santos et al. 2020; Böckler 2020)

DSA a CBCT

Tyto dva režimy generují největší radiační dávku z rozptýleného záření pro personál. DSA vede až k 30x větší radiační dávce operujícímu lékaře oproti low-dose módu. CBCT způsobuje dokonce 47-80x větší radiační dávku v různých polohách oproti low-dose módu pro operujícího lékaře. Vzhledem k vysokým dávkám během DSA a CBCT se doporučuje, aby personál během těchto akvizic vždy opustil hybridní operační sál nebo se alespoň přemístil, co nejdále od stolu. (Serna Santos et al. 2020)

Projekce

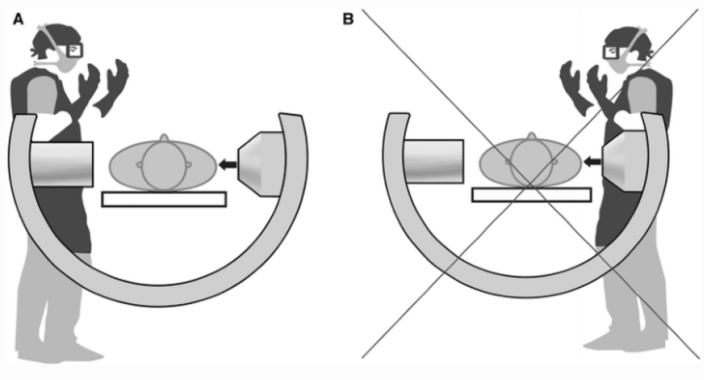
Podstatnou metodou pro snížení rozptylové dávky na personál je nastavení zobrazovacího systému tak, aby detektor byl nad pacientem a rentgenka pod pacientem. Toto snížení je zapříčiněno zpětným rozptylem, jelikož když záření dopadne na pacienta, tak se velká část záření z pacienta rozptýlí zpětně. Tedy je lepší, aby rentgenka byla pod stolem s pacientem. Pak se rozptýlené záření šíří směrem k zemi a způsobí statisticky méně významné ozáření především lékařům, než kdyby rentgenka byla umístěna nad pacientem. (Súkupová 2018; Serna Santos et al. 2020)



Obrázek 4: Vertikální umístění receptoru obrazu a rentgenky. A – správné umístění receptoru obrazu nad pacientem. B – nesprávné umístění receptoru obrazu pod pacientem. (Almalki et al. 2021)

Projekce vzhledem k lékaři taktéž velmi ovlivňuje dávku. Jako příklad můžu uvést srdeční katetrizaci, kdy lékař je na pravé straně pacienta, v tom případě LAO (levá šikmá projekce – směřující z pravé strany pacienta k levé straně) způsobí lékaři podstatně vyšší dávku než PA projekce nebo pravá šikmá projekce. Ve studii Serna Santos et al. 2020 naměřili při změně úhlu z LAO v -86° do AP v 0° strmou změnu dávek. Dávka byla největší pro fantom představující operatéra v -86° (38,26 μGy). Radiační dávka klesala až do přemístění C-ramene do RAO +15°, kdy byla naměřená nejmenší dávka (1,29 μGy). Od této polohy se dávka zase zvyšovala v +75°, byla dávka z rozptýleného záření 3,79 μGy. V +90° dávka narostla na 7,87 μGy z rozptýleného záření pro operatéra stojícího na pravé straně pacienta. Nastavení C-ramene tak, aby receptor obrazu byl otočený směrem k operátorovi (RAO), podstatně snižuje dávku na pozici operatéra. Toto snížení je způsobeno zpětným rozptylem, ale také často štíty, které by měly být namontovány na straně operatéra – v tomto případě vpravo. Takže obecně jsou RAO projekce bezpečnější než LAO projekce, pokud je operatér na pravé straně stolu. (Súkupová 2018; Serna Santos et al. 2020)

Stejně v případě horizontální projekce by lékař kvůli zpětnému rozptylu měl stát na straně receptoru obrazu. (Jentzsch et al. 2015)



Obrázek 5: Horizontální umístění receptoru obrazu a rentgenky. A – správné umístění receptoru obrazu na straně lékaře. B – nesprávné umístění receptoru obrazu na opačné straně, než je lékař. (Jentzsch et al. 2015)

Zobrazovací mód

V dnešní době je samozřejmostí používání pulzního skiaskopického režimu. V ideálním případě by skiaskopický i pulzní mód měl být používaný při co nejnižším počtu pulzů/obrazů za sekundu. Po uplynutí každých 5 minut skiaskopie by zvukovým znamením měl být lékař upozorněný na tuto skutečnost. (Súkupová 2018)

Tloušťka prozařovaného objemu

Čím větším objemem tkáně RTG svazek musí projít, tím větší dávkový příkon musí být použitý, takže dávka na vstupu pacienta musí být větší, aby na výstupu mohla být stejná. S ohledem na to, by se šikmé a bočné projekce měly používat, co nejméně a mělo by se preferovat projekce zadopřední. Vyšší dávkový příkon zvyšuje dávku nejen pro pacienta, ale také pro okolní personál. (Súkupová 2018)

Kolimace

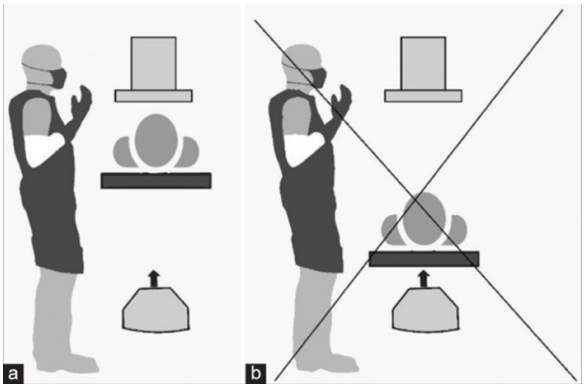
Velikost zobrazovaného pole také hraje důležitou roli v redukci dávky záření. Je vhodné zobrazovat co nejmenší možné pole, jelikož tím se snižuje množství rozptýleného záření. To má za následek nižší dávku pro personál a zároveň lepší kvalitu obrazu kvůli lepšímu kontrastu a snížení poměru šumu. Například zmenšení počátečního pole na 25 % snižuje dávku na polovinu. (Súkupová 2018; Serna Santos et al. 2020; Covello a McKeon 2023)

Zvětšení (zoom)

Používání zvětšení má také vliv na naměřené dávky, protože zobrazovací systém s větším zvětšením zvyšuje dávkový příkon, proto by se zvětšení mělo používat uvážlivě. (Serna Santos et al. 2020)

Vzdálenost pacient-receptor obrazu

Dalším faktorem ovlivňujícím dávku pro personál je vzdálenost pacienta od detektoru. Tím, že se pacient přiblíží, co nejvíce k receptoru obrazu se zmenší množství rozptýleného záření. S méně rozptýleným zářením zasahujícím receptor obrazu nebude muset automatická regulace jasu zvyšovat napětí nebo proud, aby byla zachována vysoká kvalita snímků, a tím se nezvýší zbytečně dávka záření. Vzdálenost by tedy měla být, co nejmenší. Kromě toho receptor obrazu může posloužit také, jako stínící prostředek a lékař se během některých projekcí může za receptor schovat. (Súkupová 2018; Covello a McKeon 2023)



Obrázek 6: Umístění receptoru obrazu a rentgenky. A – správné umístění receptoru obrazu blízko pacienta. B – nesprávné umístění receptoru obrazu daleko od pacienta. (Almalki et al. 2021)

Protirozptýlová mřížka

Používá se k odstranění rozptýleného záření dopadajícího na detektor, které nepřispívá k výslednému obrazu, protože nekoreluje s místem interakce. Do jisté míry však pohlcuje i primární fotony, které by přispěly pozitivně ke tvorbě obrazu. Použití této mřížky má za důsledek snížení dávky, která dopadá na receptor obrazu, to však vede ADRC ke změně expozičních parametrů s cílem zvýšení dávky, která dopadá na receptor, kdy např. dojde ke zvýšení proudu. To vede ke zvýšení dávky pro pacienta minimálně 2x. Mřížku je možno vyjmout a nepoužívat, to se ale doporučuje pouze u dětí. U dospělých kvůli značné snížení kvality (především kontrastu) se vyjmutí nedoporučuje. (Súkupová 2018)

Monitorování dávky

Bylo prokázáno, že monitorování dávky v reálném čase, mění chování operujícího lékaře. A to pozitivně ve vztahu k snížení celkové radiační dávky. (Kaatsch et al. 2022)

3.3. Radiobiologie

Radiobiologie kombinuje obor radiační fyziky a biologie a zabývá se účinkem záření na biologické tkáně a živé organismy. Buňky lze ozářit přímým nebo nepřímým mechanismem. U přímého mechanismu záření interaguje rovnou s jádrem. U nepřímého mechanismu záření interaguje s atomy a molekulami (zejména vody), a tvoří volné radikály, které se poté šíří buňkou a ničí chemické vazby. Změny v chemických vazbách, způsobují biologické poškození. Všeobecně ozáření zapříčiňuje velké množství poškození, jako vznik leukémie a solidních tumorů, neurokognitivní poškození, vznik vaskulárních a kardiovaskulárních onemocnění, katarakty nebo intelektuálního deficitu. Doba od poškození chemické vazby po projevení se biologického poškození může trvat hodiny až roky. Podle této doby lze rozdělit poškození způsobené ozářením na brzké účinky záření, které se projeví během hodin až dnů, a pozdní účinky záření, které se projeví i po několika letech, a to především vznikem rakoviny. V případě mutací pohlavních buněk se poškození nemusí projevit nikdy. Mnohem častěji, než na základě doby mezi ozářením a projevem poškození se účinky záření dělí podle charakteristiky poškození, a to na účinky deterministické a stochastické. (Súkupová 2018)

Deterministické účinky záření

Deterministické účinky se projevují při překročení prahové dávky pro jejich vznik. Charakteristická je ztráta schopnosti dělení velké části buněk v určité tkání nebo orgánu, což zapříčiní jejich smrt. Při dávkách nižších, než je prahová dávka, i přes poškození části buněk, okolní buňky můžou zastat funkci poškozených buněk. Po poškození se uplatňují reparační mechanismy buňky, proto se deterministické účinky nedají během delšího časového období sčítat. Pokud se prahová dávka překročí, tak okolní buňky už nejsou schopny kompenzovat funkci poškozených buněk a poškození se projeví. Závažnost těchto účinků roste s rostoucí dávkou. Zavedením a dodržováním limitů jde zabránit vzniku deterministických účinků. (Súkupová 2018)

K deterministickým účinků se řadí katarakta, poškození kůže, neplodnost, kardiovaskulární onemocnění, poškození plodu u těhotných žen nebo akutní radiační syndrom.

Například u katarakty, usmrcené buňky v oční čočce nejsou přirozené z oka odstraňovány a v důsledku jejich nahromadění vzniká toto onemocnění. U frakcionovaného ozáření je dávkový práh 5 Gy pro vznik katarakty. Neplodnost u žen zase vzniká kvůli poškození zářením nezralých vajíček. Dávka záření k vyvolání neplodnosti záleží na věku, s vyšším věkem potřebná dávka klesá, protože počet vajíček je menší. U mužů neplodnost může být dočasná nebo trvalá kvůli ztrátě spermií. Akutní radiační syndrom se projevuje pocitem na zvracení, zvracením a průjmem během několika minut nebo hodin po ozáření. Je to způsobené poškozením GIT, centrální nervové soustavy a kostní dřeně. Také poškození mozku u dětí lze zařadit do deterministických účinků, jelikož nezralý mozek dětí do přibližně 7 let je více radiosenzitivní než mozek dospělých. Proto u dětí po ozáření hlavy při dávce vyšší, než 1 Gy nastává pokles kognitivních funkcí, intelektu a objevuje se vyšší výskyt retardace. Z kardiovaskulárních onemocnění se může vyskytnout infarkt myokardu, poškození chlopní, kardiomyopatie atd., a to při dávkách na srdce 1-2 Gy. (Súkupová 2018)

Deterministické účinky se můžou objevit, například u pacientů po komplikovaných intervenčních výkonech nebo u lékařů, kteří dlouhodobě provádějí intervenční výkony. (Súkupová 2018; Cewe et al. 2022)

K deterministickým účinkům souvisejícím s chronickou expozicí malými dávkami, které se vyskytují se ve statistický významné míře patří již zmíněná katarakta, dále ateroskleróza karotid, chronická radiodermatitida nebo předčasné stárnutí cév, což může vést ke kardiovaskulárním onemocněním a neurodegenerativním změnám. Kvůli chronickému ozařování dochází také ke zvýšení množství peroxidu vodíku v buňkách nebo k poklesu neurokognitivních schopností. Dle studie Marazziniho et al. z roku 2015, u exponovaných pracovníků byla prokázáná horší dlouhodobá paměť a verbální fluence oproti jiným neexponovaným pracovníkům. U pracovníků invazivní kardiologie byly objeveny i další zdravotní problémy, a to vyšší výskyt onemocnění štítné žlázy, úzkostí i depresí a taky ortopedických problémů. (Marazziti et al. 2015; Súkupová 2018)

Stochastické účinky záření

Stochastické účinky záření mají náhodný charakter, jsou bezprahové. Nelze určit u koho z ozářených se projeví, jde určit pouze pravděpodobnost s jakou se projeví, ta roste lineárně s rostoucí dávkou, ale závažnost poškození na velikosti dávky nezávisí. Stochastickým účinkům nejde zabránit zavedením limitů, ale pravděpodobnost výskytu je možné snížit při udržování dávek, tak nízkých, jak je rozumně možné. Jejich podstatou je poškození DNA buňky během interakce se zářením, a to vznikem zlomů, které můžou

být jednoduché nebo dvojné, dále poškozením bází, lokální denaturací DNA atd., někdy i kombinací těchto poškození. Přes 99% poškození buněk se opraví ochrannými mechanismy buňky, ale zbývající poškození, které se neopraví, se buď nemusí projevit nikdy nebo může zapříčinit rozvoj malignit nebo vznik mutací. Kromě poškození DNA může nastat i poškození například lipidů nebo proteinů, ale při srovnání s DNA to jsou zanedbatelná poškození, jelikož tyto části jsou obsaženy v buňce v spoustě kopiích, na rozdíl od DNA, která má ohraničený počet kopií v buňce – jednu nebo dvě. Stochastické účinky způsobují zejména vznik nádorových onemocnění, nebo dědičné genetické změny. V případě výskytu rakoviny se u zveřejněných případů jednalo v 50 % o glioblastom. Změny DNA byly zkoumány na jednovaječných dvojčatech ve studii Andreassiho et al. z roku 2007, kdy jeden byl intervenční kardiolog a druhý právník. Tato studie prokázala, že chronické ozařování i malými dávkami zapříčinilo vyšší výskyt chromozomových aberací a dicentrik u intervenčního kardiologa. (Súkupová 2018; Cewe et al. 2022)

Pro oba účinky riziko progresivně stoupá s dávkou. Proto existují limity expozice na pracovišti, jak pro efektivní dávku, tak pro ekvivalentní dávku v jednotlivých tkáních či orgánech. (Cewe et al. 2022)

4. Technické a organizační prostředky zabezpečení radiační ochrany

4.1. Monitorování dávek pracovníků

S ohledem na zvýšené riziko vzniku rakoviny nebo deterministického poškození kůže zejména během složitých hybridních operací, kdy je zdravotnický personál často vystaven vysokým dávkám radiační zátěže jsou potřeba účinné strategie pro monitorování a redukci dávky záření. (Koch et al. 2023)

Na každém pracovišti, kde je nakládáno se zdrojem ionizujícího záření musí být vypracovaný program monitorování. Ten se týká nejen osobního monitorování, ale i monitorování pracoviště a okolí. Rozsah programu monitorování je vymezený ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. (ČESKO 2016)

Dozimetrie má za cíl především zjistit, zda limit osobního dávkového ekvivalentu a osobního dávkového ekvivalentu na kůži za rok nebyl překročen. (Seidl 2012)

Osobní dozimetrie

K měření absorbované dávky záření nejčastěji slouží osobní dozimetry, které radiační pracovníci nosí na referenčním místě, což je levá přední strana hrudníku, vně ochranné zástěry. Nevýhodou osobních dozimetrů je, že k jejich vyhodnocování dochází jednou za měsíc, pracovníci tak nevidí aktuální dávkový příkon záření během výkonu. (O'Connor et al. 2021)

Tyto pasivní osobní dozimetry jsou nejvíce rozšířené k ověřování dodržování dávkových limitů. Jsou malé, lehké, nevyžadují napájení a nenarušují pohodlí a činnost personálu. Podle zavedeného monitorovacího programu může být personálu vydán jeden nebo dva dozimetry (pro nad/pod olověnou zástěrou), případně i další dozimetr vyhrazený pro měření dávky na oční čočku nebo prstový dozimetr pro měření dávky na ruce. (O'Connor et al. 2021)

Osobní monitorování dávky osobním dozimetrem musí být zabezpečeno pro radiačního pracovníka kategorie A. U radiačních pracovníku kategorie B může být osobní monitorování zajištěno, také osobním dozimetrem nebo výpočtem dávky z údajů o monitorování pracoviště nebo vybavením osobním dozimetrem pouze jednoho radiačního pracovníka kategorie B vykonávajícího stejnou činnost na stejném pracovišti a přiřazením jeho osobní dávky ostatním radiačním pracovníkům bez osobního dozimetru. (ČESKO 2016)

Speciální systémy přímého odečítání dávek

V současné době se čím dál častěji v kombinaci s pasivními osobními dozimetry začínají používat elektronické dozimetry, které měří úroveň záření v reálném čase a jsou schopny pracovníky varovat, pokud se přibližují zvýšeným nebo nebezpečným úrovním expozice. Bylo zjištěno, že tyto elektronické neboli aktivní osobní dozimetry jsou schopny pomoci optimalizovat expozici během výkonů, a tím efektivně minimalizovat dávku záření. Také mají lepší detekční citlivost než pasivní osobní dozimetry. (O'Connor et al. 2021)

Integrace dozimetrie v reálném čase se ukazuje jako užitečná metoda ve zkracování doby expozice ionizujícím zářením. Vizuální zpětná vazba v reálném čase ovlivňuje povědomí o radiační dávce a vede k používání radiaci šetřících postupů. Tím tento systém monitorování tvoří bezpečnější prostředí pro personál. (Koch et al. 2023)

Okamžitá zpětná vazba může účinně podporovat použití ochranných stínících pomůcek, omezit používání některých projekcí, zkrátit čas skiaskopie a vést k zvýšení vzdálenosti mezi zdrojem RTG záření a exponovanými osobami. V studii Schulz et al. se uvádí snížení radiační zátěže přibližně až o 60 % po zavedení dozimetrie v reálném čase a to. (Olschewski et al. 2021)

4.2. Kontrolované pásmo

Hybridní operační sál musí být vymezený kontrolovaným pásmem, jelikož se v něm nachází významný zdroj RTG záření. Kontrolované pásmo je prostor, kde efektivní dávka může překročit 6 mSv ročně nebo ekvivaletní dávka může být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro kůži či končetiny nebo 15 mSv pro oční čočku. Rovněž očekávaný příkon dávkového ekvivalentu na tomto pracovišti bude při běžném provozu zdroje v průměru za rok vyšší než 2,5 μSv/h. Přesné vymezení kontrolovaného pásma je dáno vyhláškou č. 422/2016 Sb. (ČESKO 2016)

Kontrolované pásmo je ucelená a jednozančně vymezená část pracoviště. Obvykle je stavebně oddělená a zajištěna proti vstupu nepovolaných osob. Kontrolované pásmo je označeno na vchodech nebo ohraničení znakem radiačního nebezpečí a upozorněním *"Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán"*, a také údaji o charakteru zdroje, který se v kontrolovaném pásmu nachází a riziky s ním spojenými. (ČESKO 2016)

Podmínky práce v kontrolovaném pásmu

Do kontrolovaného pásma smí vstupovat pouze osoby poučené ohledně chování v kontrolovaném pásmu, tak aby neohrozily zdraví své nebo ostatních osob. U radiačních pracovníků se toto poučení provádí zpravidla jednou ročně. (ČESKO 2016)

Práci v kontrolovaném pásmu mohou vykonávat jen pracovníci kategorie A. Ostatní osoby mohou v těchto prostorách provádět pouze nevyhnutelnou činnost po dobu nezbytně nutnou a pod dozorem radiačního pracovníka kategorie A, nebo jde-li o radiačního pracovníka kategorie B, tak je dovoleno poskytování pomoci nemocnému, který podstupuje lékařské ozáření. Ostatní osoby mohou v těchto prostorách pracovat pouze pokud provozovatel kontrolovaného pásma zajistí takové podmínky, že jejich ozáření nepřesáhne obecné limity. (ČESKO 2016)

Zásady pohybu v kontrolovaném pásmu

Každý vstupující do kontrolovaného pásma se obléká do ochranných pracovních pomůcek, přiměřeným způsobem dle své činnosti nebo dle důvodů svého pobytu. (ČESKO 2016)

Pro pobyt radiačních pracovníku v tomto pásmu musí být zajištěno osobní monitorování. Rozsah je stanovený v programu monitorování. Každý pracovník kategorie A musí disponovat osobním dozimetrem. Pokud příkon dávkového ekvivalentu může překročit 1 mSv/h, tak radiační pracovníci musí být navíc vybaveni operativními, tj. přímoodečítacími, signálními osobními dozimetry nebo jinými v programu monitorování schválenými dozimetry. (ČESKO 2016)

4.3. Vzdělávání v oblasti radiační ochrany

Pregraduální vzdělávání

Do studijních plánů vysokoškolského studia je vzdělání v oblasti radiační ochrany zařazeno do systému studia oboru radiologický asistent. V rámci pregraduální přípravy jsou o základních principech radiační ochrany informovány také všeobecné zdravotní sestry. Studium medicíny zahrnuje informace z oblasti radiobiologie a toxikologie bez ohledu na přesné zaměření, konkrétnější znalosti získávají pak studenti specializující se na radiologii, a to v následné postgraduální přípravě. (ČESKO 2011)

Postgraduální vzdělávání

Postgraduální vzdělání v oblasti radiační ochrany absolventů stanovuje legislativa. Ve vyhlášce č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, se uvádí, že držitel povolení musí zabezpečit průběžné vzdělávání radiačních pracovníků tak, aby pracovníci znali: obecná pravidla radiační ochrany, opatření týkající se radiační ochrany při provádění radiační činnosti a dokumentaci a vnitřní předpisy pro povolovanou činnost. Znalosti a způsobilost k nerizikovému výkonu činnosti radiačních pracovníků se ověřují před nástupem do zaměstnání a dále pak nejméně jedenkrát za rok. Výsledky přezkoušení musí být zaznamenány. Pokud radiační pracovník u zkoušky neuspěje, musí se stanovit opatření k nápravě. Tato pravidla se ve zdravotnických zařízeních týkají radiologických asistentů, lékařů – radiologů, a všech radiačních pracovníků. Ostatní zdravotní pracovníci a lékaři nejsou povinni se zúčastnit tohoto vzdělání v oblasti radiační ochrany. (ČESKO 2016)

Celoživotní vzdělávání

Celoživotní vzdělávání zdravotnických pracovníků se lékařským zákonem č. 95/2004 Sb. definuje jako *„průběžné obnovování vědomostí, dovedností a způsobilostí odpovídajících získané odbornosti v souladu s rozvojem oboru a nejnovějšími vědeckými poznatky.“* Dle zákona č. 96/2004 Sb., o nelékařských zdravotnických povoláních se tím rozumí *„nejen průběžné obnovování, ale i zvyšování, prohlubování a doplňování vědomostí, dovedností a způsobilosti zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků v příslušném oboru v souladu s rozvojem oboru a nejnovějšími vědeckými poznatky.“* Tímto procesem vzdělávání by měl procházet během výkonu své profese v určitých intervalech každý zdravotnický pracovník. Může se jednat o různé kurzy, semináře, stáže, konference nebo workshopy. (ČESKO 2004)

Celoživotní vzdělávání předpokládá, že vzdělávání není omezeno pouze na formální institucionální vzdělávací programy, ale zahrnuje i neformální vzdělávání a informální učení. (MŠMT 2007)

Učící se organizace je koncept, který se často používá v kontextu celoživotního vzdělávání. Popisuje organizaci, která je schopna adaptovat se, učit se a neustále se zdokonalovat ve svých činnostech a procesech v souladu se změnami a novými výzvami ve svém okolí. V systému celoživotního vzdělávání má učící se organizace klíčovou roli, protože nabízí prostředí, ve kterém se zaměstnanci nebo členové organizace mohou neustále rozvíjet a učit se novým dovednostem a znalostem. Tímto způsobem organizace zvyšuje

svou konkurenceschopnost, inovativnost a schopnost přizpůsobit se rychle se měnícím podmínkám. (Senge a Grusová 2016)

V učící se organizaci jsou zaměstnanci povzbuzováni k aktivnímu učení se prostřednictvím školení, workshopů, kurzů, konferencí nebo seminářů. Tato organizace také vytváří prostředí, které podporuje experimentování, chyby vnímá jako příležitost k učení a podporuje kreativitu a inovaci. Důležitým prvkem učících se organizací je také důraz na vzájemné sdílení informací a zkušeností mezi jednotlivými členy organizace. Spojení učící se organizace a celoživotního vzdělávání pak pomáhá neustále rozvíjet své dovednosti a znalosti, a to napříč celou profesní kariérou a životem. Koncept učící se organizace je nepostradatelný zejména při implentacích nových technologií, kdy je kladen velký důraz na schopnosti pracovníků modifikovat své dosavadní pracovní návyky a zkušenosti a přijmout často velmi zásadní změny, které s sebou implementace nových přístrojů přinášejí. (Senge a Grusová 2016)

Formální vzdělávání

V oblasti zdravotnictví je formální vzdělávání základním kamenem profesní přípravy. Lékaři, sestry a další zdravotnický personál musí dosáhnout určitého stupně vzdělání potvrzeného příslušným osvědčením k výkonu své profese. Jeho obsah, cíle, organizační formy jsou vymezeny právními předpisy. Formální vzdělávání poskytuje základní teoretické znalosti, praktické dovednosti a klinickou praxi potřebnou pro poskytování zdravotní péče. (Český statistický úřad 2011)

Neformální vzdělávání

Jak už bylo řečeno, tak zdravotnictví není omezeno pouze na formální vzdělávání. Zdravotnický personál se musí neustále učit novým lékařským postupům, technologiím a výzkumným objevům. Neformální vzdělávání je realizováno mimo formální vzdělávací systém za účasti odborného lektora, učitele nebo jiné vzdělávací autority. Nejedná se o ucelené školské vzdělání. Vzdělávací aktivity jsou však strukturované a nabízí rozvoj postojů, dovedností a kompetencí, které mají významný vliv na profesní rozvoj zdravotnického personálu. Může se jednat o školení, workshopy, odborné kurzy, konference, semináře a další příležitosti ke zdokonalování dovedností a získávání nových znalostí. Charakteristická je dobrovolnost. Motivaci k účasti je zájem o danou problematiku. (Český statistický úřad 2016)

Informální učení

Jedná se o získávání poznatků a zlepšování dovedností obvykle nesystematicky a institucionálně neorganizovanou formou např. z každodenních zkušeností a činností v práci. Jde tedy o učení založené na zkušenosti. V kontextu zdravotnictví je informální učení důležité pro neustálé zdokonalování znalostí a dovedností. Může se jednat o samostudium, diskuse s kolegy nebo mentoring od zkušenějších profesionálů. Poskytuje příležitost k rozšíření a aktualizaci vědomostí, seznámení se s novými postupy, technologiemi a aktuálními výzkumy v oblasti zdravotnictví. Tím přispívá k profesnímu růstu a zvyšování kvality poskytovaní zdravotní péče. (Český statistický úřad 2012)

4.4. Klasifikace pracovníků

Radiační pracovníci se pro účely monitorování v radiační ochraně kategorizují do kategorií A nebo B, a to podle předpokládané obdržené dávky záření za běžného provozu a při očekávatelných poruchách a odchylkách od běžného provozu. Radiačním pracovníkem je každá fyzická osoba vystavena profesnímu ozáření. O kategorizaci pracovníků se stará dohlížející osoba, která jí připravuje v dokumentaci pro držitele povolení v tzv. Programu monitorování a se znalostí možného ozáření jednotlivých osob zdůvodňuje. (Seidl 2012; ČESKO 2016)

Radiační pracovník kategorie A

Musí být starší 18 let a může obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než 0,3 limitu ozáření pro končetiny a kůži nebo ekvivalentní dávku vyšší než 15 mSv na oční čočku. (Seidl 2012)

U těchto pracovníků musí být zajištěno osobní monitorování vyhodnocované v měsíčních intervalech, preventivní lékařské prohlídky prováděné jedenkrát za rok a pravidelné každoroční školení a přezkoušení z předpisů radiační ochrany. (Seidl 2012)

Radiační pracovník kategorie B

To jsou všichni ostatní radiační pracovníci, je-li potřeba jejich kategorizace. V kontrolovaném pásmu smí poskytovat pomoc fyzické osobě podstupující lékařské ozáření. Také i na nich se vztahuje nutnost pravidelného školení v oblasti radiační ochrany, tedy znalost zásad chování při výkonu v kontrolovaném pásmu. (ČESKO 2016)

Neradiační pracovník

To jsou pracovníci, kteří nejsou vybaveni osobním dozimetrem. Radiační pracovníci vykonávají činnost v průběhu plánované expozice, musí omezit ozáření neradiačních pracovníků tak, aby celkové ozáření bylo optimalizované, odůvodněné a nepřekračovalo obecné limity pro obyvatelstvo. K trvalému výkonu povolání v kontrolovaném pásmu smí být zařazen pouze radiační pracovník kategorie A. Každá jiná fyzická osoba smí v KP vykonávat pouze nezbytnou a nahodilou činnost po dobu nezbytně nutnou, a to pod dozorem radiačního pracovníka kategorie A. Provozovatel kontrolovaného pásma musí zajistit takové podmínky, aby jejich ozáření nepřesáhlo obecné limity. Tito pracovníci nemají povinnost absolvovat školení v oblasti radiační ochrany. (ČESKO 2016; Štědrová 2017)

VÝZKUMNÁ ČÁST

5. Metodika výzkumu

Tato diplomová práce vychází z kvantitativního výzkumu provedeného aplikací průřezové dotazníkové studie. Dotazníky jsou víceméně subjektivní, zachycují totiž realitu tak, jak ji vidí samotný respondent. Získaná data se analyzují pomocí statistických metod, můžeme tak potvrdit či vyvrátit pravdivost našich představ o vztahu pozorovaných proměnných nebo o rozdílech mezi proměnnými. Kvantitativní výzkum zobrazuje skutečnosti pomocí měřitelných proměnných – podle specifických postupů jim lze přiřadit různá čísla nebo hodnoty. Výstupem jsou pak numerická data. (Hendl 2008; Vévodová a Ivanová 2015)

5.1. Výzkumné cíle, otázky a hypotéza

Výzkumné cíle

Hlavním cílem výzkumné části je pomocí dotazníkového šetření zjistit úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování v oblasti radiační ochrany u neradiačních a radiačních pracovníků vykonávajících činnost na hybridním operačním sále. Z výzkumného souboru byli vyloučeni lékaři radiologové a radiologičtí asistenti, vzhledem k tomu že se jedná o aplikující odborníky. Na základě teoretických východisek je totiž zřejmé, že znalosti a vzorec chování personálu mohou značně ovlivnit radiační zátěž během prováděných výkonů v kontrolovaném pásmu.

Po prostudování literatury byla pro diplomovou práci zpracována tato výzkumná otázka:

Jaká je úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany a jaké faktory tyto znalosti a chování ovlivňují?

Hypotézy

Byly stanoveny tyto výzkumné hypotézy:

Hypotéza 1 (H1): Úroveň znalostí respondentů v oblasti radiační ochrany bude mít charakter normálního rozdělení.

Hypotéza 2 (H2): Chování respondentů v oblasti radiační ochrany bude mít charakter normálního rozdělení.

Hypotéza 3 (H3): Radiační pracovníci budou mít vyšší úroveň znalostí v oblasti radiační ochrany než neradiační pracovníci.

Hypotéza 4 (H4): Radiační pracovníci budou mít bezpečnější vzorec chování v oblasti radiační ochrany než neradiační pracovníci.

Hypotéza 5 (H5): Úroveň znalostí personálu v oblasti radiační ochrany se bude lišit na základě délky praxe na hybridním operačním sále.

Hypotéza 6 (H6): Bezpečnost vzorce chování personálu v oblasti radiační ochrany se bude lišit na základě délky praxe na hybridním operačním sále.

Hypotéza 7 (H7): Úroveň znalostí personálu v oblasti radiační ochrany se bude lišit podle četnosti výskytu na hybridním operačním sále.

Hypotéza 8 (H8): Bezpečnost vzorce chování personálu v oblasti radiační ochrany se bude lišit podle četnosti výskytu na hybridním operačním sále.

5.2. Charakteristika výzkumného souboru

Výzkum byl proveden mezi zaměstnanci Fakultní nemocnice Olomouc, která disponuje hybridním operačním sálem. Dotazováni byli cíleně pracovníci provádějící své pracovní činnosti na hybridním operačním sále a přicházejí, tak do kontaktu s ionizujícím zářením. Vyňati z výzkumného souboru byli lékaři radiologové a radiologičtí asistenti, jelikož se jedná o aplikující odborníky, kteří dohlížejí na dodržování zásad chování při lékařském ozáření a předpokládá se u nich, že mají dostatečné vědomosti o radiační ochraně a také bezpečný vzorec chování. Výzkumný soubor je tedy tvořen: lékaři operatéry (v odbornostech cévní chirurgie a gynekologie), lékaři anesteziology, perioperačními sestrami, anesteziologickými sestrami, porodními asistentkami a sanitáři.

5.3. Metoda sběru dat

Sběr dat byl veden formou kvantitativního výzkumu, konkrétně se jednalo o průřezové dotazníkové šetření. Hodnocená data byla získána pomocí online dotazníku zpracovaného službou Survio.

Tvorba dotazníku

Dotazník se skládá z 31 otázek a můžeme jej rozdělit na 4 části. První část zjišťovala demografické údaje respondentů a skládala se z 6 otázek. Druhá část obsahující 9 otázek,

se zabývala problematikou chování respondentů v kontrolovaném pásmu. Třetí část obsahující 4 otázky zjišťovala materiálové a personální zajištění k realizaci radiační ochrany. Poslední část zjišťovala znalosti ohledně radiační ochrany – a to základní znalosti, které by mohli mít i neradiační pracovníci a následně ještě rozšířený rámec znalostí, u kterého se předpokládá, že se jedná o znalosti, které by mohli mít alespoň radiační pracovníci. Otázek ověřujících základní znalosti bylo 5 a otázek ověřujících rozšířený rámec znalostí bylo 7. Ve výsledcích jsou otázky zahrnující základní znalosti s otázkami zahrnujícími rozšířený rámec znalostí počítány do jedné kategorie – celkových znalostí.

Otázka č. 1: „Vykonáváte své pracovní činnosti na hybridním operačním sále (operační sál č. 6)?“

- *Otázka cílí na vlastnosti výzkumného souboru.*

Otázka č. 2: „Jak často vykonáváte činnost na hybridním operačním sále?“

- *Otázka cílí na vlastnosti výzkumného souboru.*

Otázka č. 3: „Jste kategorizován/a jako radiační pracovník? (Radiační pracovník je vybaven osobním dozimetrem)“

- *Otázka cílí na vlastnosti výzkumného souboru.*

Otázka č. 4: „Jaké je Vaše pracovní zařazení?“

- *Otázka cílí na vlastnosti výzkumného souboru.*

Otázka č. 5: „Kolik let pracujete na hybridním operačním sále?“

- *Otázka cílí na vlastnosti výzkumného souboru.*

Otázka č. 6: „Domníváte se, že jste řádně proškoleni o radiační ochraně a zásadách ochrany před ionizujícím zářením při vykonávání svých pracovních činnosti v kontrolovaném pásmu (místě, kde je instalován RTG přístroj)?“

- *Otázka cílí na vlastnosti výzkumného souboru.*

Otázka č. 7: „Máte vždy během operace využívající RTG přístroj, pokud jim jste vybaven/a, osobní dozimetr?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 8: „Pokud osobní dozimetr u sebe máte, tak na jakém místě?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 9: „Jaké ochranné pomůcky k redukci dávky záření máte k dispozici na hybridním operačním sále?“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – základní znalosti.*

Otázka č. 10: „Jaké ochranné stínící pomůcky k redukci dávky záření používáte během výkonů na hybridním operačním sále?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 11: „Jak často používáte ochranné pomůcky k redukci dávky záření?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 12: „Je ochranných pomůcek k dispozici dostatek?“

- *Otázka cílí na materiálové zajištění pomůcek k realizaci radiační ochrany.*

Otázka č. 13: „Jaké zásady radiační ochrany před ionizujícím zářením využíváte na hybridním operačním sále?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 14: „Jste si vědomi během probíhající expozice, kde se na sále přesně pohybujete a jak jste natočeni ke zdroji záření?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 15: „Pokud je to klinicky možně, snažíte se maximalizovat svou vzdálenost od RTG svazku?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 16: „Pokud na hybridním operačním sále během expozice není Vaše přítomnost nezbytná, snažíte se uchýlit do jiné, odstíněné, místnosti?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 17: „Máte během svých činností přehled, kdy je RTG přístroj v provozu, tedy vydává záření, a kdy ne?“

- *Otázka cílí na chování v kontrolovaném pásmu.*

Otázka č. 18: „Dostáváte pokyny od aplikujících odborníků (lékař radiolog, radiologický asistent/laborant), že se zahajuje expozice RTG zářením?“

- *Otázka cílí na personální zajištění k realizace radiační ochrany.*

Otázka č. 19: „Vnímáte někdy během svých činností na hybridním operačním sále pokyny a připomínky v souvislosti s provozem RTG záření? Například, že se nacházíte příliš blízko, jste natočen/a nesprávným směrem ke zdroji RTG záření, či že vkládáte ruce do primárního svazku?“

- *Otázka cílí na personální zajištění k realizaci radiační ochrany.*

Otázka č. 20: „Byl/a jste někdy vyzván/a aplikujícím odborníkem (lékař radiolog, radiologický asistent), abyste během výkonu na hybridním operačním sále použili ochranný prostředek – stínící zástěru, nebo stínící zástěnu, kterou vložíte mezi sebe a stůl s pacientem?“

- *Otázka cílí na personální zajištění k realizaci radiační ochrany.*

Otázka č. 21: „Umístění rentgenky (zdroje vysílajícího záření do pacienta) je vhodnější:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – rozšířený rámec znalostí.*

Otázka č. 22: „Rozptýlené RTG záření se šíří nejvíce:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – rozšířený rámec znalostí.*

Otázka č. 23: „Při laterální poloze C-ramene (RTG rameno leží vodorovně a záření do pacienta vstupuje z boku) je dávka pro okolí větší:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – rozšířený rámec znalostí.*

Otázka č. 24: „Receptor obrazu by měl být:“

- Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – *rozšířený rámec znalostí*.

Otázka č. 25: „Pokud pracovník poodstoupí od zdroje záření na dvojnásobnou vzdálenost, obdržená dávka se proti dávce v původní vzdálenosti:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – základní znalosti.*

Otázka č. 26: „Polotloušťka d charakterizuje schopnost látky zeslabovat záření. Na jakou hodnotu klesne dávkový příkon po průchodu rentgenového záření vrstvou látky o tloušťce 2d?“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – rozšířený rámec znalostí.*

Otázka č. 27: „Jak použití zvětšení při zobrazování ovlivňuje dávku záření pro chirurga a pacienta?“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – rozšířený rámec znalostí.*

Otázka č. 28: „Jaký vliv má použití kolimace (zmenšení plochy rentgenového záření na pacienta) na radiační zátěž?“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – rozšířený rámec znalostí.*

Otázka č. 29: „Největší vliv na dávku pro personál má:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – základní znalosti.*

Otázka č. 30: „Mezi deterministické (prahové) účinky záření patří:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – základní znalosti.*

Otázka č. 31: „Mezi stochastické (bezprahové) účinky záření patří:“

- *Otázka cílí na znalosti z oblasti radiační ochrany – základní znalosti.*

5.4. Realizace výzkumu

V první fázi výzkumu byly předány dotazníky společně s informovaným souhlasem ke schválení Etické komisi Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci. Po získání souhlásného stanoviska Etické komise (viz. Příloha 1) byla podána žádost

o povolení sběru dat do Fakultní nemocnice Olomouc, kde byl také udělen souhlas (Příloha 2). Distribuce dotazníků a sběr dat probíhal od 19.6. – 30.6. 2023. Distribuce dotazníku probíhala zasláním odkazu na dotazník prostřednictvím e-mailu, a to cíleně vedoucím pracovníkům (přednostové klinik, primáři, případně vrchní sestry) jednotlivých klinik (II. Chirurgické kliniky cévně-transplantační FNOL, Porodnicko-gynekologické kliniky FNOL, Kliniky anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny FNOL, Oddělení centrálních operačních sálů a sterilizace FNOL a Radiologické kliniky FNOL). Vedoucí jednotlivých klinik a vrchní sestry byly v e-mailu požádány o distribuci dotazníků mezi zaměstnance vykonávající pracovní činnosti na hybridním operačním sále. Součástí distribuovaného online dotazníku byl i informovaný souhlas o dobrovolné účasti respondentů na výzkumu. Respondenti byli informováni o účelu a zaměření výzkumu, o zajištění anonymity a ochrany osobních dat. Z navrácených 25 dotazníků bylo pro statistické zpracování použito všech 100 % dotazníků, žádný nebyl vyřazen.

5.5. Metoda zpracování dat

Získaná data z online dotazníku služby Survio byla převedena do tabulky programu Microsoft Office – Excel.

Podstatou výzkumné části jsou získaná alternativní a metrická data a jejich následná analýza a vyhodnocení využitím vhodných statistických metod. Pro statistické zpracování byly použity tyto veličiny:

- Počet bodů – Hodnota výsledného získaného počtu bodů, jež pracovníci dosáhli po vyplnění předloženého dotazníku, a to zvlášť ze znalostní části a zvlášť z části o chování v oblasti radiační ochrany. Za každou správnou odpověď byl přičten 1 bod. Za špatné odpovědi body nebyly odečítány.

Dále byla data blíže rozdělena na základě možných ovlivňujících faktorů úroveň znalostí a vzorec chování v podobě demografických údajů:

- Kategorie pracovníků – Zda se respondent řadí k radiačním nebo neradiačním pracovníkům.
- Délka praxe – Doba, po kterou respondent vykonává činnost na hybridním operačním sále.
- Četnost výskytu – Jak často respondent vykonává činnost na hybridním operačním sále.

Pro zodpovězení výzkumných otázek bylo zapotřebí zvolit odpovídající statistické metody. Za tímto účelem bylo statistické zpracování dat konzultováno se statističkou RNDr. Evou Reiterovou, Ph. D. Ke statistickému zpracování byl využit program program IBM SPSS Statistics verze 29. Pro testování statistických hypotéz je směrodatné určit, zdali rozložení dat odpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení. Pro tento účel byl aplikován Chí-kvadrát test, kterým byla ověřena výzkumná hypotéza H1 a H2. Všechny aplikované statistické testy byly provedeny na hladině významnosti 0,05. Podle výsledků Chí-kvadrát testů bylo možné konstatovat, že rozdělení počtu dosažených bodů za znalosti i za chování neodpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení. Proto byly následně použity neparametrické metody testování statistických hypotéz. Bližší výsledky týkající se Chí-kvadrát testu budou popsány v další kapitole práce.

V další části statistické analýzy získaných dat byly zkoumány možné ovlivňující faktory úrovně znalostí a vzorce chování respondentů, která byla charakterizována počtem dosažených bodlů. Mezi tyto determinanty byly zařazeny všechny výše uvedené veličiny. K vyhodnocení sloužily metody deskriptivní a testovací statistiky. Prostřednictvím deskriptivní statistiky byly všechny veličiny popsány a graficky znázorněny. Z důvodu práce s daty, které mají charakter nenormálního rozdělení byly použity v rámci testovací statistiky metody neparametrické. Pro analýzu rozdílu mezi průměrnými hodnotami dvou nezávislých skupin byl použit neparametrický Mannův Whitneyův U-test. Tato testovací metoda hodnotila, zdali jsou zjištěné rozdíly v naměřených hodnotách statisticky významné. Závislost mezi délkou praxe a četnosti výskytu na sále s počtem dosažených bodů byla ověřena pomocí Spearmanova korelačního koeficientu. Tyto statistické testy se týkaly výzkumných hypotéz H3–H8 a byly provedeny na hladině významnosti 0,05.

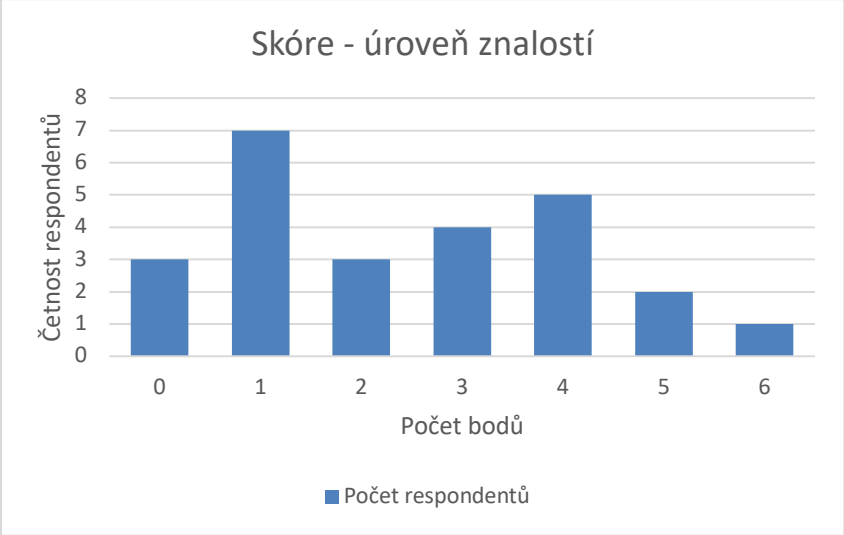
Cílem výzkumné části diplomové práce je získat odpověď na výzkumnou otázku a potvrdit či vyvrátit stanovené hypotézy. Analýzou výsledků deskriptivní a testovací statistiky bylo možné zodpovědět výzkumnou otázku, tj. Jaká je úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany a jaké faktory tyto znalosti a chování ovlivňují? Následně podle statistických metod bylo možné přijmout či zamítnout stanovené hypotézy. Elementem hodnocení výsledků je také popsat limity provedeného výzkumu.

5.6. Výsledky výzkumu

Po provedení dotazníkového šetření byla získána data od celkem 25 respondentů, které tvoří personál pracující na hybridním operačním sále ve Fakultní nemocnici Olomouc, kromě radiologických asistentů a lékařů radiologů, jelikož se jedná o aplikující odborníky. Cílem diplomové práce je aplikací metod deskriptivní a testovací statistiky analyzovat úroveň znalostí a vzorec chování tohoto personálu v oblasti radiační ochrany. Dále jsou analyzovány faktory, jež úroveň znalostí u respondentů mohou ovlivnit. Jsou tedy hodnoceny i demografické údaje.

Úroveň znalostí

Jedním z cílů práce je určit úroveň znalostí personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany. Úroveň znalosti charakterizovala hodnota získaného počtu bodů, kterého respondenti dosáhli při vyplnění znalostní části dotazníku. Četnost získaných bodů ukazuje Obrázek 7.



Obrázek 7: Četnost respondentů a hodnota skóre za znalosti

Průměrná hodnota získaných bodů byla 2,27 (SD ± 1,73) z celkových 12 možných (18,91 %). Medián byl 2 body. Jak ukazuje Obrázek 7, respondenti dosáhli bodového hodnocení v rozpětí 0–6 bodů. Žádný z respondentů nezískal 100 % bodů. Pouze 1 respondent (4 %) získal více než 50 % (6) bodů.

Za účelem rozhodnutí o přijetí či zamítnutí stanovené výzkumné hypotézy H1 a byl aplikován Chí-kvadrát test. Byla stanovena nulová a alternativní hypotéza: H0:

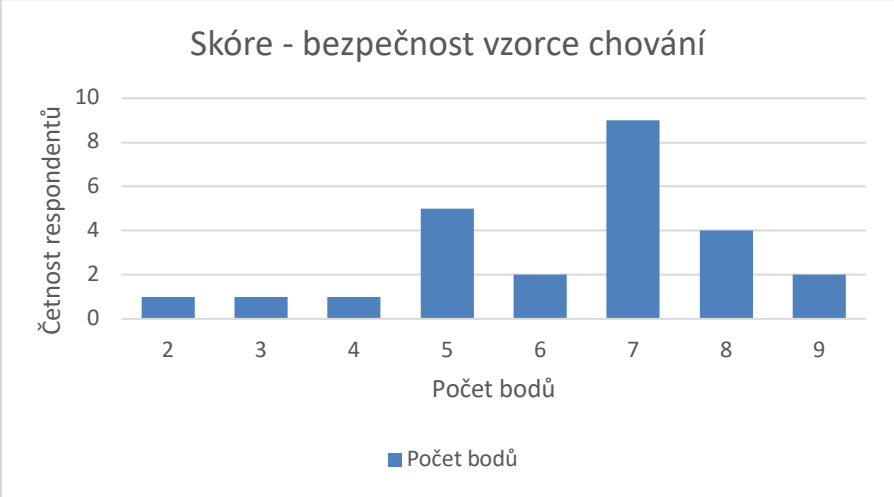
statistický soubor nemá normální rozdělení a HA: statistický soubor má normální rozdělení. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledků (p>0,2) bylo možné zamítnout alternativní hypotézu a přijmou nulovou hypotézu o normalitě rozdělení statistického souboru.

Je možné tvrdit, že rozdělení získaného skóre respondentů nemá charakter normálního rozdělení, tedy, že úroveň znalostí personálu v oblasti radiační ochrany neodpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení, p>0,05.

Na základě aplikovaného Chí-kvadrát testu bylo nutné zamítnout stanovenou výzkumnou hypotézu H1 o normalitě rozdělení úrovně znalostí personálu.

Vzorec chování

Dalším cílem práce je určit vzorec chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany. Bezpečnost vzorce chování charakterizovala hodnota získaného počtu bodů, kterého respondenti dosáhli při vyplnění části dotazníku ohledně chování v oblasti radiační ochrany. Četnost získaného skóre zobrazuje Obrázek 8.



Obrázek 8: Četnost respondentů a hodnota skóre za chování

Průměrný počet získaných bodů byl 6,33 (SD ± 1,78) z celkových 9 možných (70,33 %). Medián byl 7 bodů. Jak ukazuje Obrázek 8, respondenti dosáhli bodového hodnocení v rozpětí 2–9 bodů. 2 (8 %) respondenti získali 100 % bodů a 22 (88 %) respondentů získalo více než 50 % (4,5) bodů.

Dále byl využit za účelem rozhodnutí o přijetí či zamítnutí stanovené výzkumné hypotézy H2 Chí-kvadrát test a byly stanoveny statistické hypotézy – H0: statistický soubor nemá

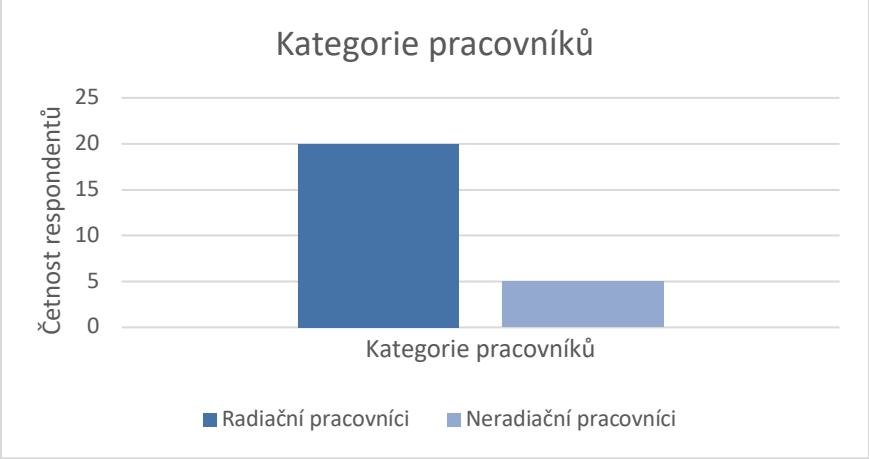
normální rozdělení a HA: statistický soubor má normální rozdělení. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledku (p>0,24) bylo nutné zamítnou nulovou hypotézu a přijmou alternativní hypotézu, tj. že empirické rozdělení neodpovídá normálnímu rozdělení.

Je tedy nutné konstatovat, že rozdělení získaného počtu bodů nevykazuje Gaussovo normální rozložení, p>0,05.

Podle výsledku analýzy bylo nutné zamítnout stanovenou výzkumnou hypotézu H2 o normalitě rozdělení chování personálu.

Kategorie pracovníků

Za účelem zodpovězení výzkumné otázky je nutné určit, jaké zjištěné faktory mají vliv na získané bodové hodnocení respondentů. Jedním z těchto možných determinantů je kategorie pracovníků, tj. dělení personálů na radiační a neradiační pracovníky.

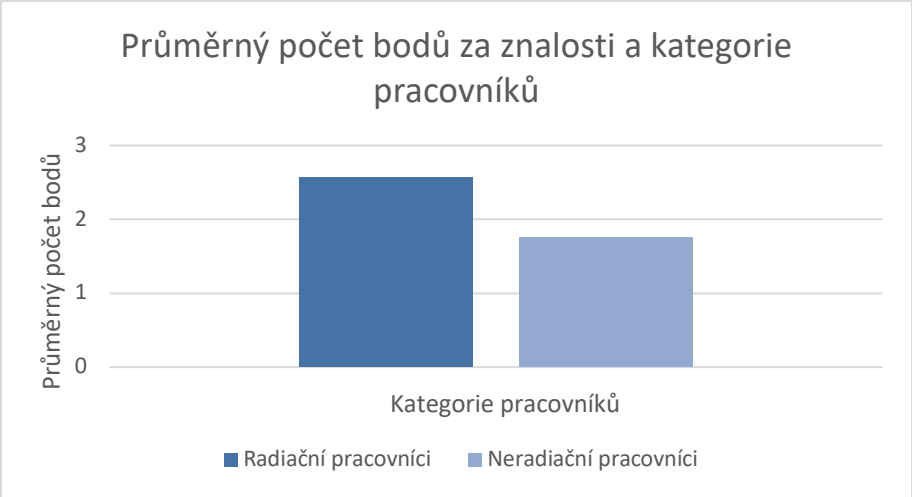


Obrázek 9: Četnost respondentů a kategorie pracoviště

Jak je zobrazeno na Obrázku 9, tak z 25 respondentů 20 (80 %) patřilo mezi radiační pracovníky a zbytek, tj. 5 (20 %) respondentů spadalo mezi neradiační pracovníky.

Vliv kategorie pracovníků na úroveň znalostí

Nejprve bude hodnocen vliv kategorie pracovníků na úroveň znalostí.



Obrázek 10: Průměrný počet bodů za znalosti podle kategorie pracovníků

V rámci dotazníkového šetření bylo možné respondenty rozdělit do dvou již zmíněných skupin, a to na radiační a neradiační pracovníky. Průměrné bodové zisky zmíněných skupin jsou zobrazeny na Obrázku 10. U radiačních pracovníků byla průměrná hodnota bodového zisku 2,57 (SD ± 1,86) bodů. Zatímco u neradiačních praocvníků byla průměrná hodnota 1,75 (SD ± 0,95) bodů. Při porovnání číselných hodnot i vizuálního zobrazení na Obrázku 10 je možné tvrdit, že v průměrném bodovém hodnocení radiační pracovníci dosahují o něco vyšší bodové hodnocení než neradiační pracovníci.

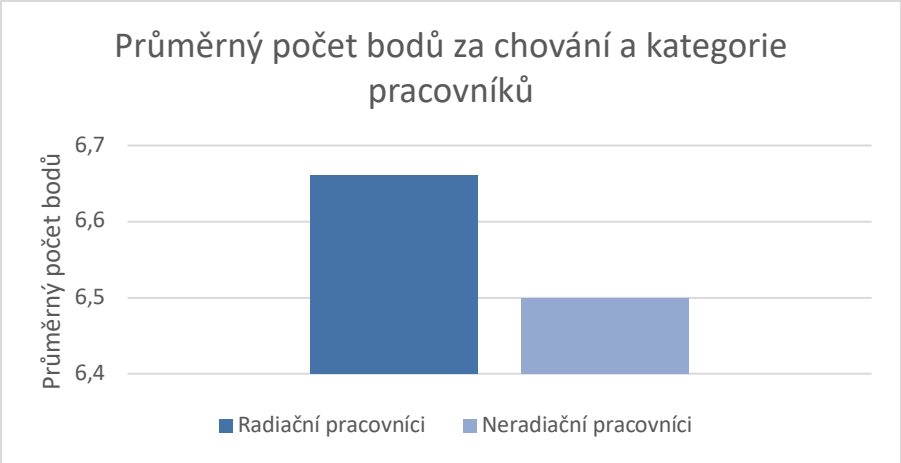
Významnost tohoto rozdílu byla testována použitím Mann-Whitney U-testu. Byly stanoveny statistické hypotézy – H0: $\mu 1 = \mu 2$ a HA: $\mu 1 \neq \mu 2$. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledků Mann-Whitney U-testu (p=0,2) bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu a přijmout nulovou hypotézu.

Mezi radiačními a neradiačními pracovníky není signifikantně významný rozdíl v úrovni znalostí, p>0,05.

Na základě výsledku Mann-Whitney U-testu bylo nutno zamítnout výzkumnou hypotézu H3 o vlivu kategorie pracovníků na úroveň znalostí v oblasti radiační ochrany.

Vliv kategorie pracovníků na vzorec chování

Stejně jako byla analyzována úroveň znalostí podle kategorie pracovníků nyní bude hodnocený vzorec chování podle kategorie pracovníků.



Obrázek 11: Průměrný počet bodů za chování podle kategorie pracovníků

Hodnota průměrného bodového skóre respondentů je znázorněno na Obrázku 11. Průměrný bodový zisk u radiačních pracovníků byl 6,66 (SD ± 1,59). Neradiační pracovníci dosahovali průměrného bodového zisku 6,5 (SD ± 1,73 bodů. Porovnáním zmíněných číselných hodnot a vizuální analýzy Obrázku 11 je možné konstatovat, že respondenti spadající do kategorie radiačních pracovníků dosahovali v průměru vyššího počtu bodů než neradiační praocvníci.

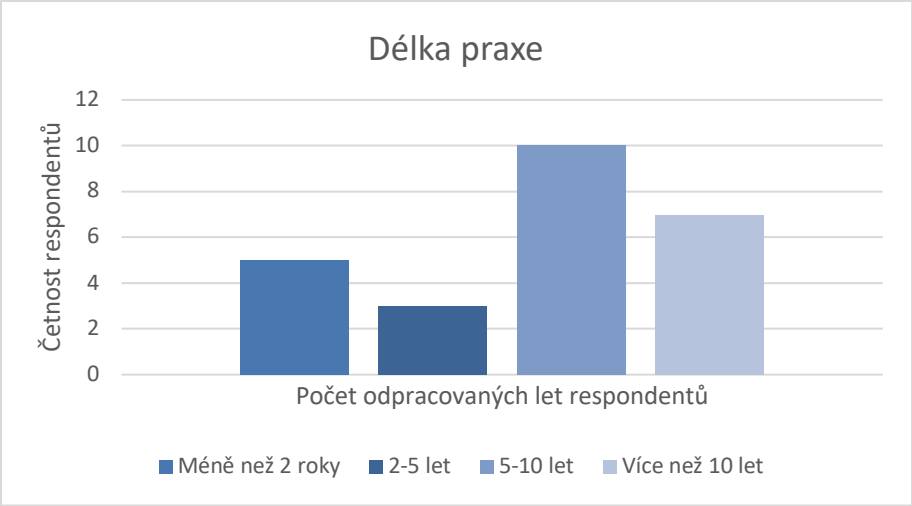
Pro zhodnocení statistické významnosti tohoto rozdílu byl aplikován Mann-Whitney U-test a byly stanoveny statistické hypotézy – H0: $\mu 1 = \mu 2$ a HA: $\mu 1 \neq \mu 2$. Test byl proveden na hladině významnosti 0,05. Na základě výsledku testu bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu a přijmout nulovou hypotézu.

Mezi radiačními a neradiačními pracovníky není signifikantní rozdíl ve vzorci chování, p>0,05.

Na základě výsledku Mann-Whitney U-testu (p=0,6) bylo nutno zamítnou výzkumnou hypotézu H4 o vlivu kategorie pracovníků na bezpečnost vzorce chování.

Délka praxe

Mezi další možné faktory ovlivňující úroveň znalosti nebo vzorec chování patři délka praxe na hybridním operačním sále

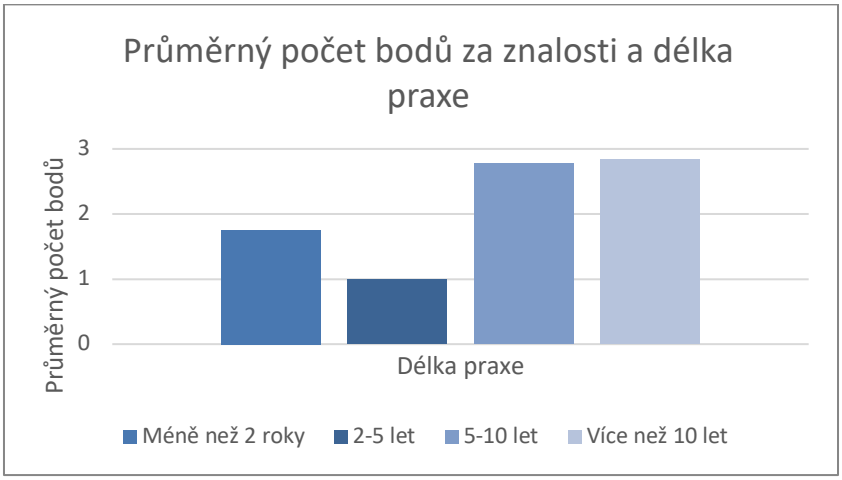


Obrázek 12: Četnost respondentů a počet odpracovaných let

Jak je vidět na Obrázku 12, tak 5 (20 %) respondentů uvedlo, že na sále vykonávají činnost méně než 2 roky. Další 3 (12 %) respondenti uvedli, že na sále se vyskutují 2–5 let. 10 (40 %) respondentu odpovědělo 5–10 let. A 7 (28 %) pracovníků uvedlo, že na sále vykonávají profesi více než 10 let.

Vliv délky praxe na úroveň znalostí

Jako další bude hodnocen vliv délky praxe na úroveň znalostí.



Obrázek 13: Průměrný počet bodů za znalosti podle délky praxe

Hodnota průměrně získaných bodů respondentů v závislosti na délce praxe je znázorněna na Obrázku 13. Průměrný bodový zisk u pracovníků vykonávající činnost na hybridním operačním sále méně než 2 roky byl 1,75 (SD ± 0,95). Pracovníci, vyskytující se na tomto sále 2–5 let dosahovali průměrného bodového skóre 1 (SD ± 1,41). Pracovníci, pohybující

se na tomto sále 5–10 let získali v průměru 2,77 bodů (SD ± 2,16). Pracovníci výkonávající činnost více než 10 let dosahovali v průměru 2,83 bodů (SD ± 1,6). Porovnáním zmíněných číselných hodnot a vizuální analýzy Obrázku 16 je možné konstatovat, že mezi skupinami neexistuje korelace v délce praxe a získaných bodech za znalosti.

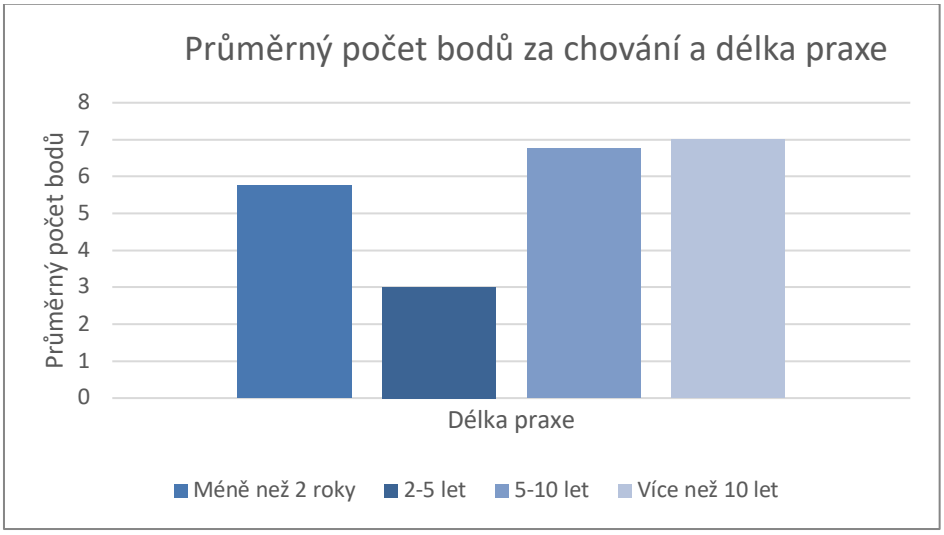
Za účelem otestování výzkumné hypotézy H5 byla použita neparametrická metoda Spearmanova koleračního koeficientu, díky níž byl analyzován vliv počtu odpracovaných let na počet získaných bodů za znalosti. Byly stanoveny statistické hypotézy H0: R=0 a HA: R≠0. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledku korelační analýzy (p=0,4) musela být zamítnuta alternativní hypotéza a přijata nulová hypotéza, tj. R=0.

Je tedy možné tvrdit, že úroveň znalostí nezávisí na počtu odpracovaných let, p>0,05.

Výsledek tohoto kroku zamítá výzkumnou hypotézu H5 o vlivu počtu odpracovaných let na úroveň znalostí.

Vliv délky praxe na vzorec chování

Nyní bude hodnocen vliv délky praxe na chování respondentů v oblasti radiační ochrany.



Obrázek 14: Průměrný počet bodů za chování podle délky praxe

Průměrné bodové zisky za vzorec chování v závislosti na délce praxe jsou zobrazeny na Obrázku 14. Průměrná hodnota bodového zisku u pracovníků pracujících méně než 2 roky byla 5,75 (SD ± 1,5). Pracovníci pracující 2–5 let dosahovali průměrného bodového skóre 3 (SD ± 3,53). Pracovníci pracující 5–10 let získali v průměru 6,77 (SD ± 1,78) bodů

a pracovníci pracující více než 10 let dosahovali v průměru skóre 7 (SD ± 1,09). Je možné tvrdit, že mezi skupinami není korelace v počtu odpracovaných let a bodovým ziskem.

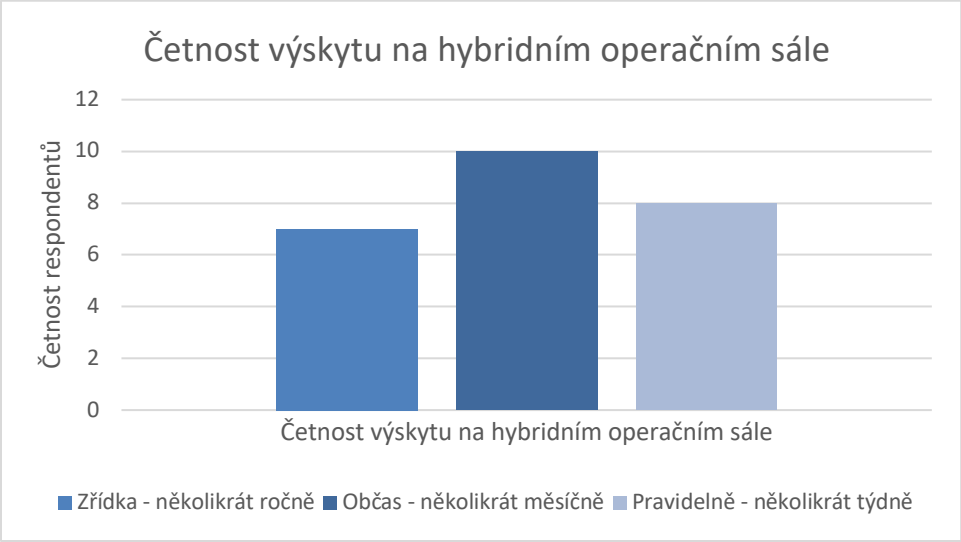
Za účelem otestování výzkumné hypotézy H5 byl rovněž použit Spearmanovův koleračí koeficient, jež analyzoval vliv počtu odpracovaných let na počet získaných bodů za chování. Byly stanoveny statistické hypotézy H0: R=0 a HA: R≠0. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledku korelační analýzy (p=0,4) musela být zamítnuta alternativní hypotéza a přijata nulová hypotéza, tj. R=0.

Výsledek Spearmanova korelačního koeficientu tedy podporuje tvrzení, že chování pracovníků nezávisí od délky praxe, p>0,05.

Na základě výsledku provedené analýzy bylo nutno zamítnou výzkumnou hypotézu H6 o vlivu délky praxe na chování pracovníků.

Četnost výskytu na hybridním operačním sále

Dále se uvažovalo, že mezi možné faktory ovlivňující úroveň znalostí nebo vzorec chování personálu v oblasti radiační ochrany patří četnost výskytu na hybridním operačním sále.



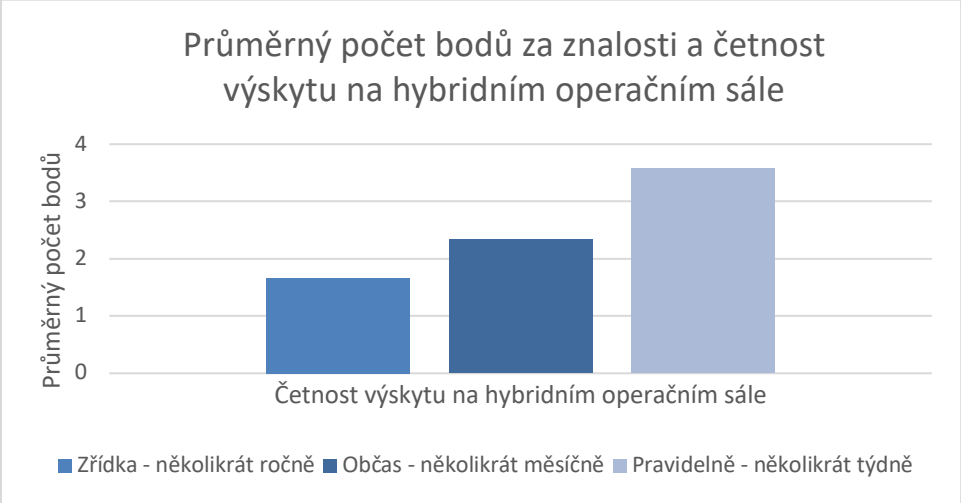
Obrázek 15: Četnost respondentů a četnost výskytu na hybridním operačním sále

V rámci předkládaného dotazníku mohli respondenti v otázce četnosti výskytu na hybridním operačním sále vybírat ze tří možností: a to, zda se na sále vyskytují zřídka – několikrát ročně, občas – několikrát měsíčně nebo pravidelně – několikrát týdně. Pracovníků, kteří se na hybridním sále vyskytují zřídka (několikrát ročně) bylo 7 (28 %). Těch, co na sále

pracují občas (několikrát týdně) bylo 10 (40 %). A respondentů, kterých na sále pracuje pravidelně (několikrát týdně) bylo 8 (32 %).

Vliv četnosti výskytu na hybridním operačním sále na úroveň znalostí

Stejně jako byl hodnocen vliv délky praxe na úroveň znalostí nebo vzorec chování nyní bude analyzován vliv četnosti výskytu na hybridním operačním sále na úroveň znalostí dle dosaženého bodového skóre.



Obrázek 16: Průměrný počet bodů za znalosti a četnost výskytu na hybridním operačním sále

Hodnota průměrného bodového skóre respondentů je znázorněno na Obrázku 16. Průměrný bodový zisk respondentů, kteří odpověděli, že se na sále vyskytují zřídka, byl 1,66 (SD ± 1,5) bodů. Respondenti, jež na sále pracují občas dosahovali průměrného bodového zisku 2,33 (SD ± 1,65) bodů. A nakonec respondenti, kteří na sále pracují pravidelně dosahovali nejvyššího průměrného skóre, a to 3,57 (SD ± 1,61) bodů. Dle zmíněných číselných hodnot a po vizuální analýzy Obrázku 16, lze konstatovat, že mezi skupinami existuje závislost mezi četnosti výskytu na sále a bodovým hodnocením.

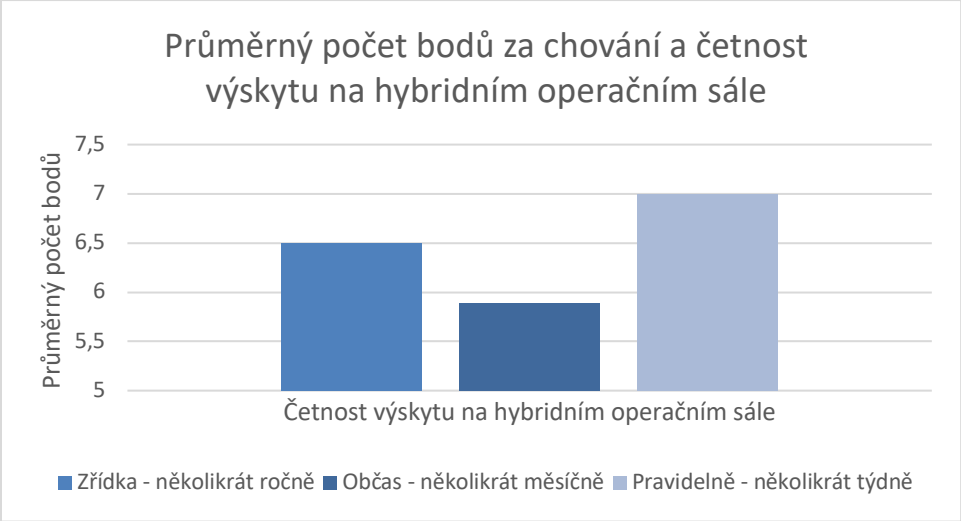
Pro zhodnocení statistické významnosti tohoto rozdílu byla aplikována. neparametrická metoda Spearmanova korelačního koeficientu, díky níž byl analyzován vliv četnosti výskytu na sále na získaný počet bodů. Byly stanoveny statistické hypotézy H0: $R=0$ a HA: $R\neq0$. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledku korelační analýzy ($p=0,045$) musela bylo nutné zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu, tj, že $R\neq0$.

Výsledek analýzy tedy podporuje tvrzení, že úroveň znalostí v oblasti radiační ochrany závisí od četnosti výskytu na sále, $p<0,05$.

Výsledek aplikovaného Spearmanova korelačního koeficientu, tedy podporuje přijetí stanovené výzkumné hypotézy H7 o vlivu četnosti výskytu pracovníků na hybridním operačním sále na úroveň znalostí.

Vliv četnosti výskytu na hybridním operačním sále na chování.

Jako poslední nyní bude hodnocen vliv četnosti výskytu na sále na chování personálu.



Obrázek 17: Průměrný počet bodů za chování podle četnosti výskytu na hybridním operačním sále

Respondenti, jež odpověděli, že se na sále vyskytují zřídka dosahovali průměrného skóre 6,5 (SD ± 1,22) bodů. Respondenti, jež na sále pracují občas získali průměrně 5,88 (SD ± 1,9) bodů. Poslední možná alternativa pracovníků, pracujících pravidelně dosahovala průměrně 7 (SD ± 2,08) bodů. Celkové průměrné výsledky respondentů jsou představeny na Obrázku 17. Analýzou číselných výsledků je možné pozorovat vyšší průměrný výsledek u respondentů pracujících na sále pravidelně.

Za účelem rozhodnutí o přijetí či zamítnutí stanovené výzkumné hypotézy H7 byl aplikován Spearmanův korelační koeficient, jež pomohl zhodnotit vliv četnosti výskytu na sále na získaný počet bodů za chování. Byly stanoveny statistické hypotézy H0: R=0 a HA: R≠0. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Z důvodu výsledku aplikovaného testu (p=0,71) bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu HA a přijmout nulovou hypotézu H0: R=0.

Je tedy možné tvrdit, že mezi chováním a četnosti výskytu na sále nebyla zjištěna žádná korelace, p>0,05.

Z tohoto důvodu je nutné zamítnout výzkumnou hypotézu H8 o vlivu četnosti výskytu pracovníků na chování v oblasti radiační ochrany.

6. Diskuse

Cílem této diplomové práce je určit úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování v oblasti radiační ochrany u personálu pracujícího na hybridním operačním sále. V souvislosti s položenou výzkumnou otázkou bylo důležité také vzít v potaz možné faktory ovlivňující úroveň znalostí nebo bezpečnost vzorce chování. Mezi tyto determinanty patřily skutečnosti, které souvisí s profesním charakterem respondentů. Jednalo se tedy o kategorii pracovníků, délku jejich praxe a četnost výskytu v rámci provádění pracovních činností na hybridním operačním sále.

Následným výstupem byla hodnota získaného počtu bodů, která charakterizovala obdržený počet bodů, které respondent získal při správných odpovědích na otázky položené v dotazníku. Tyto otázky souvisely se skutečnostmi popsanými v teoretické části diplomové práce.

Nejprve se do souvislosti se získaným počtem bodů za znalosti a chování dávala kategorie pracovníků. Z celkových 25 respondentů jich 20 (80 %) tvořili radiační pracovníci a zbytek 5 (20 %) tvořili neradiační pracovníci. Jelikož radiační pracovníci musí absolvovat pravidelné proškolování z radiační ochrany, předpokládalo se, že tím pádem mají vyšší úroveň znalostí nebo bezpečnější vzorec chování než neradiační pracovníci. Jak ovšem bylo zjištěno statistickou metodou Mann-Whitney U-testu, tak nebyl prokázán statistický významný rozdíl mezi průměrným počtem dosažených bodů a kategorií pracovníků.

Dále se předpokládal vzájemný vztah mezi délkou praxe a získaným počtem bodů za znalosti a za vzorce chování. Hypoteticky se nabízelo, že pracovníci s delší dobou praxe budou mít vyšší úroveň znalostí nebo bezpečnější vzorec chování. Statistická metoda, která byla aplikována však tyto předpoklady vyvrátila.

Jako poslední byl zkoumán vliv četnosti výskytu na hybridním sále na úroveň znalostí a vzorec chování. Po statistické analýze byla prokázána závislost vlivu četnosti výskytu na sále na úroveň znalostí. Tato závislost vyšla jako jediná signifikantně významná, takže je možné tvrdit, že častá pracovní zkušenosti má největší vliv na úroveň znalostí nebo možná pravidelný výskyt na sále zvyšuje zájem respondentů o problematiku radiační ochrany. Mezi četnosti výskytu na hybridním operačním sále a vzorcem chování však závislost po statistické analýze prokázána nebyla.

Mezi další informace, které byly o respondentech v demografické části, zjišťovány patřilo i to, zda vykonávají své pracovní činnosti na hybridním operačním sále, pracovní zařazení nebo to, zda se domnívají, že jsou řádně proškoleni o radiační ochraně. Na otázku,

zda pracují na hybridním sále odpovědělo 25 (100 %) respondentů ANO, jednalo se o otázku zjišťující vhodnost zařazení respondentů do výzkumného souboru. Profesní rozložení pracovníků bylo ve výzkumném souboru následující, z celkových 25 respondentů tvořily 20 (80 %) perioperační sestry, další 2 (8 %) byli lékaři – operatéři, 2 (8 %) sanitáři a 1 (4 %) porodní asistentka. Odpovědí na dotazníkové šetření se nepodařilo získat od lékařů – anesteziologů nebo anesteziologických sester. Z důvodu malého zastoupení jednotlivých skupin nebylo možné zjistit případné korelace mezi pracovním zařazením a mírou znalostí nebo vzorcem chování. Pokud bychom měli zmínit další demografický údaj, tedy, zda se pracovníci domnívají, že jsou řádně proškoleni o radiační ochraně, tak 20 (80 %) z nich odpovědělo ANO a zbylých 5 (20 %), že ne. Souvislost s výsledky dosažených znalostní části dotazníku, kde byl průměrný bodový zisk pouze 2,37 (19,75 %) bodů z 12 možných, naznačuje že zcela neodpovídá dostatečnému proškolení v radiační ochraně. Nabízí se tedy otázka, zda zde neidentifikujeme vzdělávací mezeru v této oblasti, a zda by nebylo vhodné tyto chybějící znalosti doplnit. Při průměrném skóre za chování, které činí 6,33 (70,33 %) bodů z 9 možných je však situace odlišnější. Důvodem tohoto výsledku může být fakt důležitosti a významu učení se na pracovišti, mající zásadní vliv na praktické dovednosti, místo na teoretické znalosti.

Znalostní část

Znalostní část dotazníku byla rozdělena na otázky ověřující základní znalosti, kterých bylo 5 a otázky ověřující rozšířený rámec znalosti, kterých bylo 7. Celkový průměrný počet bodů ze základních znalostí byl 0,87 (SD ± 0,74) bodů z 5 (17,4 %). Průměrné skóre z rozšířeného rámce znalostí bylo 1,41 (SD ± 1,05) bodů ze 7 (20,14 %). Nejprve si shrneme otázky ověřující základní znalosti. První otázka zjišťovala, zda respondenti ví, jaké ochranné pomůcky k redukci dávky záření mají k dispozici na hybridním operačním sále. Jak je vidět v Tabulce 2, tak respondenti si nejsou vědomi všech dostupných ochranných pomůcek, které mají k dispozici. Pokud respondent označil alespoň 5 (62,5 %) správných odpovědí byl hodnocen 1 bodem, v opačném případě nezískal žádný bod. Na základě toho bylo nakonec 13 (52 %) respondentů v této otázce hodnoceno 1 bodem a zbylých 12 (48 %) nezískalo žádný bod.

Tabulka 2: Procentuální úspěšnost v první otázce znalostní části

Jaké ochranné pomůcky k redukci dávky záření máte k dispozici na hybridním operačním sále?	**ANO**	**NE**
Ochrannou stínící zástěru – pouze přední díl	**23 (92 %)**	2 (8 %)
Ochrannou stínící zástěru – celotělovou	**13 (52 %)**	12 (48 %)
Ochranný stínící límec	**22 (88 %)**	3 (12 %)
Ochranné stínící brýle	**3 (12 %)**	22 (88 %)
Ochranné stínící rukavice	0 (0 %)	**25 (100 %)**
Ochranný stínící stolní závěs	**12 (48 %)**	13 (52 %)
Ochranný stínící stropní štít na stativu	**10 (40 %)**	15 (60 %)
Pojízdnou stínící zástěnu	**12 (48 %)**	13 (52 %)

Další otázka zjišťovala odpovědi na otázku, co má největší vliv na dávku pro personál. Jak je vidět v Tabulce 3, tak pouze 2 (8%) dotazovaní odpověděli správně. Jak píše ve svém výzkumu Cewe et al. (2022), tak radiační zátěž personálu způsobuje především rozptyl RTG záření v pacientovi a změna jeho trajektorie.

Tabulka 3: Procentuální úspěšnost v druhé otázce znalostní části

Největší vliv na dávku pro personál má:	
Primární rentgenové záření (vydává jej přístroj)	19 (76 %)
Rozptýlené rentgenové záření (šíří se z pacienta během expozice)	**2 (8 %)**
Nevím	4 (16 %)

Na další otázku o vlivu poodstoupení od zdroje záření na dvojnásobnou vzdálenost na obdrženou dávku odpověděl správně pouze 1 (4 %) respondent. Jak uvádí mezi jinými Súkupová (2018), tak intenzita záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti, takže pokud pracovník poodstoupí na dvojnásobnou vzdálenost dávka se sníží čtyřikrát, a ne pouze na polovinu, jak se domnívala většina 16 (64 %) respondentů.

Tabulka 4: Procentuální úspěšnost v třetí otázce znalostní části

Pokud pracovník poodstoupí od zdroje záření na dvojnásobnou vzdálenost, obdržená dávka se proti dávce v původní vzdálenosti:	
Zdvojnásobí	2 (8 %)
Sníží čtyřikrát	**1 (4 %)**
Sníží na polovinu	16 (64 %)
Nevím	6 (24 %)

Tabulka 5 ukazuje odpovědi na další otázku. Správnou odpověď neoznačil nikdo. Jak uvádí Súkupová (2018), tak u katarakty usmrcené buňky v oční čočce nejsou přirozeně z oka odstraňovány. Při překročení prahové dávky pro vznik deterministických účinků, po nahromadění usmrcených buněk v oční čočce vzniká toto onemocnění.

Tabulka 5: Procentuální úspěšnost v čtvrté otázce znalostní části

Mezi deterministické (prahové) účinky záření patří:	
Vznik nádorových onemocnění	12 (48 %)
Vznik katarakty	**0 (4 %)**
Vznik dědičných genetických změn	8 (28 %)
Nevím	5 (20 %)

Poslední otázka ověřující základní znalosti zjišťovala, zda respondenti ví, co patří mezi stochastické účinky záření. Jak je vidět v Tabulce 6, tak 7 (28 %) respondentu odpovědělo správně. Jak uvádí ve svém výzkumu Cewe et al (2022), tak stochastické účinky záření mají náhodný charakter a jejich podstatou je poškození DNA buňky během interakce se zářením. Přes 99% poškození buněk se opraví ochrannými mechanismy buňky, ale zbývající poškození, které se neopraví, se buď nemusí projevit nikdy nebo můžou zapříčinit například rozvoj nádorových onemocnění.

Tabulka 6: Procentuální úspěšnost v páté otázce znalostní části

Mezi stochastické (bezprahové) účinky záření patří:	
Vznik nádorových onemocnění	**7 (28 %)**
Poškození kůže	7 (28 %
Neplodnost	3 (12 %)
Nevím	8 (32 %)

První otázka ověřující rozšířený rámec znalostí se ptala na vhodnost umístění rentgenky. Jak ukazuje Tabulka 7, tak nadpoloviční většina (56 %) respondentů označilo správnou odpověď, že vhodnější umístění rentgenky je pod pacientem. Jak uvádí ve své studii Serna Santos et al. tak vhodnost tohoto umístění je dána proto, že když záření dopadne na pacienta, tak se velká část záření z pacienta rozptýlí zpětně. Tedy je lepší, aby rentgenka byla pod stolem s pacientem. Rozptýlené záření se tím pádem šíří směrem k zemi a způsobí statisticky méně významné ozáření personálu.

Tabulka 7: Procentuální úspěšnost v šesté otázce znalostní části

Umístění rentgenky (zdroje vysílajícího záření do pacienta) je vhodnější:	
Pod pacientem	**14 (56 %)**
Nad pacientem	4 (16 %)
Není v tom rozdíl	2 (8 %)
Nevím	5 (20 %)

Nejistota se objevila u další otázky týkající se dávky pro okolí při laterální poloze C-ramene. Kde, jak je vidět v Tabulce 8, pouze 12 % dotazovaných odpovědělo správně. Jak uvádí ve své studii Jentzsch et al. (2015), tak stejně jako v případě minulé otázky je dávka pro okolí větší na stejné straně jako rentgenka, a to kvůli zpětnému rozptylu. Pracovníci by tím pádem měli stát na straně receptoru obrazu.

Tabulka 8: Procentuální úspěšnost v sedmé otázce znalostní části

Při laterální poloze C-ramene (RTG rameno leží vodorovně a záření do pacienta vstupuje z boku) je dávka pro okolí větší:	
Na stejné straně jako rentgenka	**3 (12 %)**
Na stejné straně jako receptor obrazu	6 (24 %)
Není v tom rozdíl	4 (16 %)
Nevím	12 (48 %)

Stejně, jako na předchozí otázku, tak i na otázku o umístění receptoru obrazu, odpovědělo pouze 12 % respondentů správně. Přesné rozložení odpovědí a znění této otázky, je zobrazeno v Tabulce 9. Jak uvádí Súkupová (2018), tak tím, že se pacient přiblíží, co nejvíce k receptoru obrazu se zmenší množství rozptýleného záření a s méně rozptýleným zářením nebude muset automatická regulace jasu zvyšovat napětí nebo proud pro zachování kvality obrazu, a tím se nezvýší zbytečně dávka záření.

Tabulka 9: Procentuální úspěšnost v osmé otázce znalostní části

Receptor obrazu by měl být:	
Co nejdále od pacienta	3 (12 %)
Co nejblíže k pacientovi	**3 (12 %)**
Ve vzdálenosti 75 cm od zdroje záření	2 (8 %)
Nevím	17 (68 %)

Na následující otázku o vlivu zvětšení RTG obrazu na radiační zátěž pro personál a pacienta, odpovědělo správně (20 %) respondentů. Jak uvádí Serna Santos et al. (2020), tak při použití zvětšení se zvyšuje dávkový příkon přístroje, což v důsledku zvyšuje radiační zátěž.

Tabulka 10: Procentuální úspěšnost v deváté otázce znalostní části

Jak použití zvětšení RTG obrazu při zobrazování ovlivňuje dávku záření pro chirurga a pacienta?	
Dávka se zvyšuje	**5 (20 %)**
Dávka klesá	2 (8 %)
V dávce není rozdíl	9 (36 %)
Nevím	9 (36 %)

V následující Tabulce 11 je vidět odpovědi na otázku o vlivu použití kolimace na radiační zátěž. Správně odpovědělo 11 (44 %) respondentů. Jak je možné se dočíst ve výzkumu Serna Santos et al. (2020), tak při zmenšení ozařované oblasti se zmenší množství rozptýleného záření.

Tabulka 11: Procentuální úspěšnost v desáté otázce znalostní části

Jaký vliv má použití kolimace (zmenšení plochy rentgenového záření na pacienta) na radiační zátěž?	
Radiační zátěž snižuje	**11 (44 %)**
Radiační zátěž zvyšuje	0 (0 %)
Nemá vliv	6 (24 %)
Nevím	8 (32 %)

Jak zobrazuje Tabulka 12, tak pouze 1 (4 %) respondent odpověděl správně na otázku o šíření rozptýleného RTG záření, které se šíří nejvíce zpětným rozptylem, jak uvádí i Súkupová (2018).

Tabulka 12: Procentuální úspěšnost v jedenácté otázce znalostní části

Rozptýlené RTG záření se šíří nejvíce:	
Zpětným rozptylem (zpětně ke zdroji)	**1 (4 %)**
Směrem k receptoru obrazu	6 (24 %)
Všemi směry	13 (52 %)
Nevím	5 (20 %)

Poslední otázka znalostí části zjišťovala, zda respondenti ví, na jakou hodnotu klesne dávkový příkon po průchodu rentgenového záření vrstvou látky o tloušťce 2d? Jak píše Ullmann (2009), tak polotloušťka d vyjadřuje tloušťku, po jejímž průchodu intenzita záření klesne na polovinu původní hodnoty, takže po průchodu RTG záření vrstvou látky o tloušťce 2d klesne intenzita záření na 25 % původní hodnoty. Na tuto otázku odpověděli pouze 2 (8 %) respondenti správně.

Tabulka 13: Procentuální úspěšnost ve dvanácté otázce znalostní části

Polotloušťka d charakterizuje schopnost látky zeslabovat záření. Na jakou hodnotu klesne dávkový příkon po průchodu rentgenového záření vrstvou látky o tloušťce 2d?	
Na 25 %	**2 (8 %)**
Na 0	1 (4 %)
Na polovinu	6 (24 %)
Nevím	16 (64 %)

Část o chování

Nejprve byli respondenti tázaní, zda nosí vždy během výkonů využívajících RTG přístroj osobní dozimetr, pokud jsou jim vybaveni. Na tuto otázku mohli odpovídat pouze radiační pracovníci, proto je celkových odpovědí 20. Z toho pouze 9 (45 %) pracovníku odpovědělo, že dozimetr nosí vždy. Přitom podle Vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje každý radiační pracovník, pokud disponuje osobním dozimetrem, tak ho má nosit.

Tabulka 14: Procentuální zisk v první otázce části o chování

Máte vždy během operace využívající aktivní RTG přístroj, pokud jim jste vybaven/a, osobní dozimetr?	
ANO	**9 (45 %)**
NE	11 (55 %)

Další otázka ověřovala, na jakém místě osobní dozimetr pracovníci nosí. Jak je vidět v tabulce 15, tak pokud už ho nosí, tak většinou 12 (60 %) respondentů ho nosí vně ochranné

zástěry, což je uváděno jako referenční místo pro umístění osobního dozimetru, mezi jinými např. podle O'Connor et al. (2021).

Tabulka 15: Procentuální zisk v druhé otázce části o chování

Pokud osobní dozimetr u sebe máte, tak na jakém místě?	
Vně ochranné zástěry	**12 (60 %)**
Pod ochrannou zástěrou	0 (0 %)
Nemám ho přímo u sebe, ale nachází se v místnosti sálu	4 (15 %)
Nenosím ho u sebe během operací vyhřívajících ionizující záření	4 (15 %)

Stejně jako ve znalostní části dotazníku byla otázka zkoumající, o jakých ochranných pomůckách k redukci dávky záření respondenti ví, že jsou k dispozici na hybridním sále, tak v této otázce bylo zjišťováno, jaké ochranné pomůcky respondenti používají během výkonů na hybridním operačním sále. Pokud pracovníci používají alespoň tři ochranné stínící pomůcky v libovolné kombinaci získali 1 bod, pokud méně získali 0 bodů. Nakonec pracovníku, kteří získali 1 bod bylo 11 (44 %) a zbytek 14 (56 %) nezískal žádný bod. Podle SÚJB (2016) je ochrana stíněním jedním ze základních způsobů radiační ochrany a měly by se používat všechny dostupné ochranné stínící prostředky.

Tabulka 16: Procentuální zisk v třetí otázce části o chování

Jaké ochranné stínící pomůcky k redukci dávky záření používáte během výkonů na hybridním operačním sále?	**ANO**	**NE**
Ochrannou stínící zástěru – pouze přední díl	**20 (80 %)**	5 (20 %)
Ochrannou stínící zástěru – celotělovou	**3 (12 %)**	22 (88 %)
Ochranný stínící límec	**20 (80 %)**	5 (20 %)
Ochranné stínící brýle	**1 (4 %)**	24 (96 %)
Ochranné stínící rukavice	0	25 (100 %)
Ochranný stínící stolní závěs	**5 (20 %)**	20 (80 %)
Ochranný stínící stropní štít na stativu	**10 (40 %)**	15 (60 %)
Pojízdnou stínící zástěnu	**2 (8 %)**	23 (92 %)

Další otázka zjišťovala, jak často respondenti používají ochranné stínící pomůcky. Jak je vidět v Tabulce 17, tak 24 (96 %) respondentů je používá vždy. Podle SÚJB (2016) by se měly používat pokaždé všechny dostupné ochranné stínící prostředky.

Tabulka 17: Procentuální zisk v čtvrté otázce části o chování

Jak často používáte ochranné pomůcky k redukci dávky záření?	
Vždy	**24 (96 %)**
Občas	1 (4 %)
Nikdy	0 (0 %)

Následující otázka zkoumala, jaké zásady radiační ochrany respondenti využívají během výkonů na hybridním sále. Pokud respondent využívá, alespoň 2 zásady v libovolné kombinaci získal 1 bod, jinak 0. Nakonec 1 bod získalo celkově 13 (52 %) respondentů, zatímco 0 bodů mělo 12 (48 %) respondentů. Podle SÚJB (2016) by se měly využívat všechny principy radiační ochrany, které jsou 3 – ochrana stíněním, ochrana vzdáleností a ochrana časem. I když u předchozí otázky odpovědělo 96 % respondentů, že vždy používají ochranné stínící pomůcky, tak u této otázky odpovědělo pouze 17 (68 %) respondentů, že využívají ochranu stíněním. A stejně i u dalších principů ochrany před ionizujícím zářením respondenti odpovídali v nesouladu s dalšími otázkami zaměřujícími se na tyto principy. U této otázky tedy pravděpodobně mohlo dojít k nedorozumění a nepochopení otázky ze strany respondentů. Není tedy jasné, jak výsledky hodnotit.

Tabulka 18: Procentuální zisk v páté otázce části o chování

Jaké zásady radiační ochrany před ionizujícím zářením využíváte na hybridním operačním sále?	**ANO**	**NE**
Vzdálenost	**20 (80 %)**	5 (20 %)
Stínění	**17 (68 %)**	8 (32 %)
Čas	**1 (4 %)**	24 (96 %)
Nevyužívám ani jednu z uvedených	2 (8 %)	23 (92 %)

Další otázka se ptala, zda si respondenti jsou vědomi, kde se pohybují a jak jsou natočeni ke zdroji záření během probíhající expozice. Podle odpovědí si 20 (80 %) respondentů toho je vědomo. Pozice pracovníka vzhledem k aktivnímu RTG přístroji podle výzkumu Serna Santos et al. (2020) značně ovlivňuje radiační zátěž.

Tabulka 19: Procentuální zisk v šesté otázce části o chování

Jste si vědomi během probíhající expozice, kde se na sále přesně pohybujete a jak jste natočeni ke zdroji záření?	
ANO	**20 (80 %)**
Ne	5 (20 %)

V Tabulce 20 je vidět odpovědi na otázku, zda se respondenti snaží maximalizovat svou vzdálenost od zdroje RTG záření, pokud to je klinicky možné. 24 (96 %) dotázaných odpovědělo ANO. Mimo jiné např. i Súkupová (2018), píše, že intenzita záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti, takže čím je vzdálenost od zdroje RTG záření u respondentů větší, tím lépe v rámci radiační ochrany.

Tabulka 20: Procentuální zisk v sedmé otázce části o chování

Pokud je to klinicky možně, snažíte se maximalizovat svou vzdálenost od RTG svazku?	
ANO	**24 (96 %)**
NE	1 (4 %)

Další otázka zjišťovala, zda se pracovníci uchylují do jiné, odstíněné místnosti, v případě, že jejich přítomnost na sále není zrovna nezbytná. V Tabulce 21 je vidět, že 18 (72 %) dotázaných odpovědělo ANO. To můžeme považovat za nejúčinnější způsob radiační ochrany, jelikož se využívá princip ochrany časem, vzdáleností i stíněním.

Tabulka 21: Procentuální zisk v osmé otázce části o chování

Pokud na hybridním operačním sále během expozice není Vaše přítomnost nezbytná, snažíte se uchýlit do jiné, odstíněné místnosti?	
ANO	**18 (72 %)**
NE	7 (28 %

Poslední otázka v části o chování ověřovala, zda pracovníci mají přehled během svých činností o tom, kdy je RTG přístroj v provozu, a kdy ne. Většina 23 (92 %) respondentů odpovědělo ANO. To poukazuje nejen na to, že personál vnímá přítomnost aktivního RTG přístroje, ale i na dostatečnost signalizace probíhající expozice.

Tabulka 22: Procentuální zisk v deváté otázce části o chování

Máte během svých činností přehled, kdy je RTG přístroj v provozu, tedy vydává záření, a kdy ne?	
ANO	**23 (92 %)**
NE	2 (8 %

Personální a materiálové zajištění k realizaci radiační ochrany

Poslední část dotazníku měla za cíl zjistit personální a materiálové zajištění k realizaci radiační ochrany a obsahovala celkem 4 otázky. V Tabulce 23 jsou zobrazeny odpovědi na otázku, zda je ochranných stínících pomůcek k dispozici dostatek. Podle 24 (96 %) respondentů jich je dostatek. To poukazuje na dobré materiálové zajištění k realizaci radiační ochrany.

Tabulka 23: Procentuální zisk v první otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany

Je ochranných pomůcek k dispozici dostatek?	
ANO	**24 (96 %)**
NE	1 (4 %)

Další otázka zjišťovala, zdali pracovníci dostávají pokyny od aplikujících odborníků, že se zahajuje expozice RTG zářením. Znovu valná většina 23 (92 %) odpověděli, že ANO. To svědčí o dobrém personálním zajištění k realizaci radiační ochrany.

Tabulka 24: Procentuální zisk v druhé otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany

Dostáváte pokyny od aplikujících odborníků (lékař radiolog, radiologický asistent/laborant), že se zahajuje expozice RTG zářením?	
ANO	**23 (92 %)**
NE	2 (8 %

Na další otázku, zda respondenti vnímají během svých činností na hybridním operačním sále pokyny a připomínky v souvislosti s provozem RTG záření, tak znovu většina 18 (72 %) dotazovaných odpovědělo ANO. To, že většina respondentů byla napomenuta, že se pohybují u aktivního RTG přístroje nevhodným způsobem, také ukazuje na dobré zajištění radiační ochrany aplikujícími odborníky.

Tabulka 25: Procentuální zisk v třetí otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany

Vnímáte někdy během svých činností na hybridním operačním sále pokyny a připomínky v souvislosti s provozem RTG záření? Například, že se nacházíte příliš blízko, jste natočen/a nesprávným směrem ke zdroji RTG záření, či že vkládáte ruce do primárního svazku?	
ANO	**18 (72 %)**
NE	7 (28 %)

U poslední otázky tázající se respondentů, zda někdy byli vyzváni aplikujícím odborníkem, aby během výkonu na hybridním sále použili nějaký ochranný stínící prostředek, odpovědělo 17 (88 %) respondentů ANO. To rovněž svědčí o dobrém personálním zajištění k realizaci radiační ochrany.

Tabulka 26: Procentuální zisk v čtvrté otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany

Byl/a jste někdy vyzván/a aplikujícím odborníkem (lékař radiolog, radiologický asistent), abyste během výkonu na hybridním operačním sále použili ochranný prostředek – stínící zástěru, nebo stínící zástěnu, kterou vložíte mezi sebe a stůl s pacientem?	
ANO	**17 (68 %)**
NE	8 (32 %)

Průměrný bodový zisk respondentů v úrovni znalostí činil necelých 20 %. To může naznačovat jisté mezery ve vědomostech personálu pracujícího na hybridním sále v oblasti radiační ochrany. Jak výše zmíněné výzkumy ukazují, tak vědomosti o radiační ochraně spojené se skiaskopicky vedenými výkony jsou totiž podstatné pro minimalizaci radiační expozice na pracovišti. Z tohoto důvodu je důležité nadále podporovat vzdělávání tohoto personálu a prohlubovat jejich vědomosti o radiační ochraně. Jak se zjistilo, tak znalosti však nesouvisí s chováním, a tak v této oblasti respondenti dosahovali značně lepších výsledků. Pravděpodobně je u personálu pracujicím na hybridním operačním sále kladen větší důraz na praktické dovednosti místo na teoretické znalosti v oblasti radiační ochrany. Průměrný bodový zisk z chování činil 70,33 %. Personální i materiálové zajištění radiační ochrany je dle provedeného dotazníkového šetření dostačující, avšak u znalostních otázek, stejně jako u otázek o chování pracovníku lze identifikovat jisté vzdělávací potřeby. Nelze se tedy spoléhat na zajištění radiační ochrany pouze aplikujícími odborníky,

ale větší povědomí o radiační ochraně by měl mít každý, kdo pracuje v kontrolovaném pásmu. Jak výše zmíněné výzkumy ukazují, tak k snížení radiační expozice stačí velmi málo úsilí, tudíž by se mělo dbát na to, aby každý jednotlivec měl, co nejlepší přehled o radiační ochraně.

Limity a význam výzkumného šetření

Ve výzkumu provedeném v této diplomové práci je možné určit několik limitací. První podstatnou limitací je relativně malá návratnost dotazníků. Nepochybně by, tak pro zobecnění výsledku na celý personál pracující na hybridním operačním sále ve FN Olomouc bylo dobré získat větší soubor odpovědí. Nabízí se tak úvaha, zda by byla vhodnější fyzická distribuce tištěného dotazníku? Dalšími potenciálně ovlivňujícími skutečnostmi pak mohou rovněž být doba prováděného dotazníkového šetření, zájem respondentů o radiační ochranu, zájem respondentů o dotazníková šetření obecně, časové možnosti respondentů zabývat se dotazníkem, fakt možnosti nelibého pocitu respondenta, že je zkoušen atd.

Dále je možné označit za limitaci použití nestandardizovaného dotazníku, takže takovýto dotazník vlastní konstrukce mohl být zatížen případnou chybou. Jak se například ukázalo u jedné z otázek, u které i na základě zpětné vazby od respondentů, pravděpodobně došlo k nesprávnému pochopení, této konkrétní otázky.

Další limitací výzkumu může být nízké zastoupení jednotlivých zkoumaných skupin pracujících na hybridním operačním sále. Jedná se o zastoupení kategorie pracovníků, protože většinu tvořili radiační pracovníci (80 %) a zbytek pouze (20 %) neradiační pracovníci. Ještě horší zastoupení mělo ve výzkumu pracovní zařazení personálu. Zatímco perioperačních sester se výzkumu zúčastnilo 80 %, tak lékařů – operatéru pouze 8 %, sanitářů také 8 %, a porodních asistentek jenom 4 %, takže z důvodu malého zastoupení jednotlivých skupin se nemohly aplikovat statistické metody pro určení vlivu pracovního zařazení na úroveň znalostí nebo bezpečnost vzorce chování.

Limitací provedeného výzkumného šetření byla i negativa spojena se sběrem dat formou online dotazníku. Nebylo tak zajištěno, aby respondenti nevyužívali jiný zdroj informací při vyplňováni dotazníku.

Další limitací výzkumu prováděného pomocí dotazníku je to, že dotazníky jsou víceméně subjektivní, zachycují totiž realitu tak, jak ji vidí samotný respondent. Tím pádem u otázek ověřujících chování pracovníků se nedá zjistit, zda odpovídají realitě.

Význam tohoto výzkumu tkví v zjištění úrovně znalostí a bezpečnosti vzorce chování v oblasti radiační ochrany u personálu pracujícího ve FN Olomouc na hybridním operačním sále.

Výsledky diplomové práce by mohly být využity jako impulz pro úpravu stávajícího systému vzdělávání zdravotnických pracovníků v oblasti radiační ochrany, to by bylo přínosné nejen pro optimalizaci chování v kontrolovaném pásmu, ale také pro informovanost zaměstnanců o nebezpečí ionizujícího záření. Nově implementované zobrazovací technologie využívající pokročilé systémy tvorby RTG obrazu s redukcí dávek záření mohou dávat pocit falešného bezpečí pracovníků vůči ozáření, nicméně stochastické účinky nelze nikdy zcela vyloučit, ani u jakkoliv snížené dávky, z úhlu tohoto pohledu má radiační ochrana neustále významné postavení v každodenních činnostech prováděných v kontrolovaných pásmech.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zjistit úroveň znalosti a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany. Po literární rešerši byla následně zformulována výzkumná otázka: „Jaká je úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany a jaké faktory tyto znalosti a chování ovlivňují?“ Pro splnění cíle a zodpovězení výzkumné otázky byl realizován kvantitativní výzkum v podobě průřezové dotazníkové studie. Analyzována byla data od celkem 25 respondentů, které tvořil personál pracující na hybridním operačním sále ve Fakultní nemocnici Olomouc.

První výzkumná hypotéza H1 předpokládala charakter normálního rozdělení úrovně znalostí dotazovaných. Tato úroveň znalostí byla reprezentována počtem dosažených bodů. Aplikovaný test normality však tuto hypotézu vyvrátil. Vědomosti personálu v oblasti radiační ochrany neodpovídají Gaussovu normálnímu rozdělení.

Druhá hypotéza H2 předpokládala charakter normálního rozdělení u bezpečnosti vzorce chování respondentů. Tento vzorec chování byl rovněž reprezentován hodnotou dosaženého počtu bodů. Aplikovaný test normality tuto hypotézu vyvrátil. Vzorec chování personálu v oblasti radiační ochrany tak neodpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení.

Aby mohla být zodpovězena i druhá část výzkumné otázky, tak další hypotézy musely obsahovat demografické údaje o respondentech v podobě možných ovlivňujících faktorů.

Podle hypotézy H3 měli respondenti kategorizováni jako radiační pracovníci dosahovat vyšších průměrných výsledků v úrovni znalostí než neradiační pracovníci. Aplikovaný statistický test neprokázal významný rozdíl mezi těmito skupinami, a tedy bylo nutné hypotézu H3 zamítnout.

Hypotéza H4 předpokládala, že respondenti kategorizování jako radiační pracovníci budou mít vyšší průměrné bodové hodnocení z chování než neradiační pracovníci. I tuto hypotézu bylo potřeba zamítnout. Nebyl prokázán statisticky signifikantní rozdíl mezi zmíněnými skupinami.

Hypotéza H5 předpokládala, že úroveň znalostí respondentu se bude lišit na základě délky praxe. Na základě aplikovaného statistického testu bylo nutné hypotézu H5 zamítnout, protože nebyla prokázána statisticky významná korelace mezi délkou praxe a bodovým hodnocením respondentů.

Hypotéza H6 tvrdila, že bezpečnost vzorce chování se bude lišit na základě délky praxe. Po statistické analýze však nebyla prokázána statisticky významná korelace mezi těmito proměnnými, tudíž hypotézu H6 bylo nutné zamítnout.

Hypotéza H7 předpokládala, že průměrný bodový zisk v úrovni znalostí se bude lišit podle četnosti výskytu na sále. Po statistickém hodnocení bylo prokázano, že úroveň znalostí v oblasti radiační ochrany závisí na četnosti výskytu pracovníků na hybridním operačním sále. Výsledek aplikovaného Spearmanova korelačního koeficientu, tedy podporuje přijetí stanovené výzkumné hypotézy H7.

U hypotézy H8 se předpokládala závislost mezi četností výskytu na hybridním operačním sále a bezpečností vzorce chování. Na základě aplikovaného statistického testu bylo nutné hypotézu H8 zamítnout, protože nebyl prokázán vliv četnosti výskytu na sále na průměrný počet bodů za chování.

Cíl diplomové práce byl splněn. Využitím kvantitativní výzkumné metody průřezové dotazníkové studie a následným provedením statistické analýzy bylo možné zjistit úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování personálu pracujícího na hybridním operačním sále v oblasti radiační ochrany. Bylo také možné zodpovědět položenou výzkumnou otázku, tedy že úroveň znalostí a bezpečnost vzorce chování tohoto personálu neodpovídá normálnímu rozdělení a ze zkoumaných možných faktorů ovlivňujících úroveň znalostí byl prokázán vliv četnosti výskytu na sále na tuto úroveň znalostí. U bezpečnosti vzorce chování v oblasti radiační ochrany naopak nebyl prokázán vliv žádného ze zkoumaných faktorů.

Referenční seznam

ALMALKI, Abdulrahman H., Mohammad A. Almalki, Rasheed S. Alballa, Ibrahim S. Alshaygy, a Hamza M. Alrabai. 2021. *„The Compliance with Radiation Protection and Knowledge about Radiation Exposure among the Orthopedic Operating Room Personnel in Saudi Arabia"*. Journal of Musculoskeletal Surgery and Research: 178–86. Dostupné z: https://doi.org/10.25259/JMSR_48_2021.

ANDREASSI, Maria Grazia, Emanuela Piccaluga, Luna Gargani, Laura Sabatino, Andrea Borghini, Francesco Faita, Rosa Maria Bruno, Renato Padovani, Giulio Guagliumi, a Eugenio Picano. 2015. *„Subclinical Carotid Atherosclerosis and Early Vascular Aging From Long-Term Low-Dose Ionizing Radiation Exposure"*. JACC: Cardiovascular Interventions: 616–27. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jcin.2014.12.233.

ASHRAF, Mohammad, Nabeel Choudhary, Syed Shahzad Hussain, Usman Ahmad Kamboh, a Naveed Ashraf. 2020. *„Role of Intraoperative Computed Tomography Scanner in Modern Neurosurgery – An Early Experience"*. Surgical Neurology International: 247. Dostupné z: https://doi.org/10.25259/SNI_303_2020.

BAZZI, May, Ingegerd Bergbom, Mikael Hellström, Isabell Fridh, Karin Ahlberg, a Solveig M. Lundgren. 2019. *„Team Composition and Staff Roles in a Hybrid Operating Room: A Prospective Study Using Video Observations"*. Nursing Open, nop2.327. https://doi.org/10.1002/nop2.327.

BISO, Sylvia Marie R., a Mladen I. Vidovich. 2020. *„Radiation protection in the cardiac catheterization laboratory"*. Journal of Thoracic Disease: 1648–55. Dostupné z: https://doi.org/10.21037/jtd.2019.12.86.

BÖCKLER, D. 2020. *„Praktische Tipps für den persönlichen Strahlenschutz bei endovaskulären Eingriffen im Hybrid-Operationssaal"*. Gefässchirurgie: 19–30. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s00772-020-00620-9.

BRUN, R. Alcaraz Mor, M. Bourrelly, G. Dalivoust, G. Gazazian, R. Boufercha, M. P. Lehucher-Michel, a I Sari-Minodier. 2018. *„Radiation protection for surgeons and anesthetists: practices and knowledge before and after training"*. Journal of Radiological Protection: 175–88. Dostupné z: https://doi.org/10.1088/1361-6498/aa9dbd.

CEWE, Paulina, Robert Vorbau, Artur Omar, Adrian Elmi-Terander, a Erik Edström. 2022. *„Radiation distribution in a hybrid operating room, utilizing different X-ray imaging systems: investigations to minimize occupational exposure"*. Journal of NeuroInterventional Surgery: 1139. Dostupné z: https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-018220.

COVELLO, Brian, a Brett McKeon. 2023. *„Fluoroscopic Angiography Assessment, Protocols, and Interpretation"*. In StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568767/.

ČERNÁ, Marie, Martin Köcher, Karel Huml, Vojtěch Prášil, a Martin Hazlinger. 2016. *„Profylaktický uzávěr vnitřních iliakálních tepen u pacientek s abnormálně vrostlou nebo*

vcestnou placentou". Ces Radiol: 72–77. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1602_72_77.pdf.

ČESKO. 2004. *Zákon č. 95/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání odborné způsobilosti a specializované způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání lékaře, zubního lékaře a farmaceuta.* Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-95.

ČESKO. 2004. *Zákon č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činnosti souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních).* Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-96.

ČESKO. 2011. *Věstník MZ ČR.* Dostupné z: https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/5293/36203/Věstn%C3%ADk%20MZ%20ČR%208-2011.pdf.

ČESKO. 2011. *Zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování*. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-372.

ČESKO. 2012. *Vyhláška č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče*. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-92.

ČESKO. 2016. *Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, Státního úřadu pro jadernou bezpečnost*. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263.

ČESKO. 2016. *Zákon č. 263/2016 Sb. atomový zákon*. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263.

ČSÚ. 2011. *„Formální vzdělávání"*. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/20561193/331313a01.pdf/8999acec-2a60-47e9-9ade-51161603a358?version=1.0.

ČSÚ. 2012. *„Vzdělávání dospělých"*. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/20561189/331312.pdf/a9c31ba3-7523-47de-b308-6c2114200893?version=1.0.

ČSÚ. 2016. *„Neformlání vzdělání"*. (online). Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/76208655/23005318k2.pdf/31710590-1ee5-4c63-8a49-4b46f5a20bf9?version=1.1.

ESPOSITO, Davide, Francesco Gonfiantini, Aaron Thomas Fargion, Walter Dorigo, Flavio Villani, Rossella Di Domenico, Sara Speziali, a Carlo Pratesi. 2021. *„Hybrid Operating Room Applications in the Increasingly Complex Endovascular Era: The Trump Card of Modern Vascular Surgery"*. Annals of Surgical Treatment and Research: 54. Dostupné z: https://doi.org/10.4174/astr.2021.100.1.54.

FAHRIG, Rebecca, David A. Jaffray, Ioannis Sechopoulos, a J. Webster Stayman. 2021. *„Flat-panel conebeam CT in the clinic: history and current state"*. Journal of Medical Imaging. Dostupné z: https://doi.org/10.1117/1.JMI.8.5.052115.

FEARON, Mary. 2018. *„Hybrid Operating Room Design Basics".* Dostupné z: https://www.fgiguidelines.org/wp-content/uploads/2019/01/FGI-Hybrid-OR-Design.

FIGEL, Anne, Clemens Bulitta, Franziska Altenbeck, Georg Nollert, Thomas Hartkens, a Vanessa Gerhard. 2012. *The Hybrid Operating Room.* INTECH Open Access Publisher.

HAAK, R.F.F. van den, B.C. Hamans, K. Zuurmond, B.A.N. Verhoeven, a O.H.J. Koning. 2015. *„Significant Radiation Dose Reduction in the Hybrid Operating Room Using a Novel X-Ray Imaging Technology".* European Journal of Vascular and Endovascular Surgery: 480–86. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2015.06.025.

HENDL, Jan. 2008. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. 2., Aktualiz. vyd. Praha: Portál.

HEŘMAN, Miroslav. 2014. *Základy radiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého.

HILL, Nicholas E., a Danielle B. Horn. 2022. *„Anesthesia Machine".* In StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK572060/.

HOSPITALS MAGAZINE. 2017. *„Hybrid Operating Rooms".*

HUFFMAN, Jennifer, W. Kirt Nichols, a Jonathan Bath. 2021. *„Current Hybrid Interventions in Vascular Surgery: Merging Past and Present".* Missouri Medicine: 381–86.

HWANG, Jongmin, Soo Yong Lee, Min Ku Chon, Sang Hyun Lee, Ki Won Hwang, Jeong Su Kim, Yong Hyun Park, June Hong Kim, a Kook Jin Chun. 2015. *„Radiation Exposure in Coronary Angiography: A Comparison of Cineangiography and Fluorography".* Korean Circulation Journal: 451. Dostupné z: https://doi.org/10.4070/kcj.2015.45.6.451.

JENTZSCH, Thorsten, Christiane M. Pietsch, Brigitte Stigler, Leonhard E. Ramseier, Burkhardt Seifert, a Clément M. L. Werner. 2015. *„The Compliance with and Knowledge about Radiation Protection in Operating Room Personnel: A Cross-Sectional Study with a Questionnaire".* Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery: 1233–40. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s00402-015-2257-z.

JONES, Douglas W., Lars Stangenberg, Nicholas J. Swerdlow, Matthew Alef, Ruby Lo, Fahad Shuja, a Marc L. Schermerhorn. 2018. *„Image Fusion and 3 – Dimensional Roadmapping in Endovascular Surgery".* Annals of Vascular Surgery: 302–11. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.avsg.2018.03.032.

KAATSCH, Hanns Leonhard, Julian Schneider, Carolin Brockmann, Marc A. Brockmann, Daniel Overhoff, 2022. *„Radiation Exposure during Angiographic Interventions in Interventional Radiology – Risk and Fate of Advanced Procedures".* International Journal of Radiation Biology: 865–72. Dostupné z: https://doi.org/10.1080/09553002.2021.2020362.

KANEKO, Tsuyoshi, a Michael J. Davidson. 2014. *„Use of the Hybrid Operating Room in Cardiovascular Medicine".* Circulation: 910–17. Dostupné z: https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.006510.

KEITH, Loria. 2016. *„C-Arm Choice: Deciding Between Fixed Angio Systems and Portable C-Arms"*. Radiology Today, č. Vol. 17 No. 3 P. 22.

KHOO, Chun Yuet, Terence Yi Song Liew, a Sachin Mathur. 2021. *„Systematic Review of the Efficacy of a Hybrid Operating Theatre in the Management of Severe Trauma"*. World Journal of Emergency Surgery: 43. Dostupné z: https://doi.org/10.1186/s13017-021-00390-z.

KIM, Jae Hun. 2018. *„Three Principles for Radiation Safety: Time, Distance, and Shielding"*. The Korean Journal of Pain: 145–46. Dostupné z: https://doi.org/10.3344/kjp.2018.31.3.145.

KOCH, Vitali, Lena Marie Conrades, Leon D. Gruenewald, Katrin Eichler, Simon S. Martin, Christian Booz, Tommaso D'Angelo, et al. 2023. *„Reduction of Radiation Dose Using Real-time Visual Feedback Dosimetry during Angiographic Interventions"*. Journal of Applied Clinical Medical Physics. Dostupné z: https://doi.org/10.1002/acm2.13860.

KÖCHER, M., M. Černá, a S. Buřval. 2015. *„Traumata parenchymových orgánu a pánve, možnosti intervenční radiologie"*. Fakultní nemocnice Olomouc. Dostupné z: https://slideplayer.cz/slide/12097422/.

KRŠKA, Zdeněk, ed. 2011. *Techniky a technologie v chirurgických oborech: vybrané kapitoly*. 1. vyd. Praha: Grada.

KUCHAROVÁ, Kateřina. 2022. *„Hybridní cévní výkony z pohledu radiologického asistenta"*. Brno: Masarykova Univerzita.

LI, Yen-Yao, Shih-Hao Chen, Kuo-Chin Huang, Chien-Yin Lee, Chin-Chang Cheng, Ching-Yu Lee, Meng-Huang Wu, a Tsung-Jen Huang. 2022. *„High Accuracy and Safety of Intraoperative CT-Guided Navigation for Transpedicular Screw Placement in Revision Spinal Surgery"*. Journal of Clinical Medicine: 5853. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/jcm11195853.

MARAZZITI, Donatella, Francesco Tomaiuolo, Liliana Dell'Osso, Virginia Demi, Serena Campana, Emanuela Piccaluga, Giulio Guagliumi, et al. 2015. *„Neuropsychological Testing in Interventional Cardiology Staff after Long-Term Exposure to Ionizing Radiation"*. Journal of the International Neuropsychological Society: 670–76. Dostupné z: https://doi.org/10.1017/S135561771500082X.

MARCUS, Sivan G., Vaikom S. Mahadevan, a Tobias Deuse. 2018. *„Hybrid Open Minimally Invasive Transcatheter Mitral Valve Replacement"*. The Annals of Thoracic Surgery: 57–59. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.02.066.

MARESCAUX, Jacques, a Michele Diana. 2015. *„Next Step in Minimally Invasive Surgery: Hybrid Image-Guided Surgery"*. Journal of Pediatric Surgery: 30–36. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.10.022.

MELLER, César Hernán, Ricardo D. Garcia-Monaco, Gustavo Izbizky, Marina Lamm, Jorge Jaunarena. 2019. *„Non-Conservative Management of Placenta Accreta Spectrum in the Hybrid Operating Room: A Retrospective Cohort Study"*. CardioVascular and Interventional Radiology: 365–70. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s00270-018-2113-y.

MŠMT. 2007. *„Strategie celoživotního učení ČR".* msmt (online). Dostupné z: https://www.msmt.cz/file/9911_1_1/download/.

NARAIN, Ankur S, Fady Y Hijji, Kelly H Yom, Krishna T Kudaravalli, Brittany E Haws, a Kern Singh. 2017. *„Radiation Exposure and Reduction in the Operating Room: Perspectives and Future Directions in Spine Surgery".* World Journal of Orthopedics: 524. Dostupné z: https://doi.org/10.5312/wjo.v8.i7.524.

NOLLERT, Georg, Thomas Hartkens, Anne Figel, Clemens Bulitta, Franziska Altenbeck, a Vanessa Gerhar. 2012. *„The Hybrid Operating Room".* In Special Topics in Cardiac Surgery, editoval Cuneyt Narin. InTech. Dostupné z: https://doi.org/10.5772/27599.

NOLLERT, Georg, Sabine Wich, a Anne Figel. 2011. *„The Cardiovascular Hybrid OR-Clinical & Technical Considerations".* CTSnet. Dostupné z: https://www.ctsnet.org/article/cardiovascular-hybrid-or-clinical-technical.

O'CONNOR, U., E. Carinou, I. Clairand, O. Ciraj-Bjelac, F. De Monte, J. Domienik-Andrzejewska, P. Ferrari, et al. 2021. *„Recommendations for the Use of Active Personal Dosemeters (APDs) in Interventional Workplaces in Hospitals".* Physica Medica: 131–35. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.05.015.

OLSCHEWSKI, Maximilian, Helen Ullrich, Moritz Brandt, Sebastian Steven, Majid Ahoopai, Recha Blessing, Aniela Petrescu, Philip Wenzel, Thomas Munzel, a Tommaso Gori. 2021. *„Effectiveness of a Real-Time X-Ray Dosimetry Monitor in Reducing Radiation Exposure in Coronary Procedures: The ESPRESSO-Raysafe Randomized Trial".* Journal of Clinical Medicine: 5350. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/jcm10225350.

ORTH, Robert C., Michael J. Wallace, a Michael D. Kuo. 2009. *„C-Arm Cone-Beam CT: General Principles and Technical Considerations for Use in Interventional Radiology".* Journal of Vascular and Interventional Radiology: 538–44. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jvir.2009.04.026.

OVČÁČIK, Radovan. 2012. *„Tisková konference k realizaci projektu Modernizace a obnova přístrojového vybavení komplexního kardiovaskulárního k centra FN Olomouc".* Olomouc. Dostupné z: https://adoc.pub/tiskova-konference-k-realizaci-projektu-vybaveni-komplexniho.html.

PAPAKONSTANTINOU, Nikolaos A., Nikolaos G. Baikoussis, Panagiotis Dedeilias, Michalis Argiriou, a Christos Charitos. 2017. *„Cardiac Surgery or Interventional Cardiology? Why Not Both? Let's Go Hybrid".* Journal of Cardiology: 46–56. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2016.09.007.

PICHIERRI, Angelo, Marcus Bradley, a Venkat Iyer. 2019. *„Intraoperative Magnetic Resonance Imaging–Guided Glioma Resections in Awake or Asleep Settings and Feasibility in the Context of a Public Health System".* World Neurosurgery: 100022. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.wnsx.2019.100022.

PROCHÁZKA, Václav. 2012. *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony*. Praha: Maxdorf.

PŘECECHTĚLOVÁ, Jana. 2013. *„Operační sál – asepse, antisepse, prostředky a typy*

sterilizace". 2013. Dostupné z: https://www.florence.cz/casopis/archiv-florence/2013/9/operacni-sal-asepse-antisepse-prostredky-a-typy-sterilizace/.

RYPL, Alexandr. 2018. *„Nemocniční zpravodaj",* č. 6. Dostupné z: http://www.nemcb.cz/upload/files/zpravodaj/nemocnicni_zpravodaj_6_2018.pdf.

SARA, Michal. 2022. *„Budování hybridního sálu".* Dostupné z: https://cszt.cz/app/uploads/2022/06/1_05_SARA_Budovani-hybridniho-salu.pdf.

SEIDL, Zdeněk. 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada.

SENGE, Peter M., a Irena Grusová. 2016. *Pátá disciplína: teorie a praxe učící se organizace*. Vydání 1. (reedice). Praha: Management Press.

SERNA Santos, Juan, Jouni Uusi-Simola, Touko Kaasalainen, Pekka Aho, a Maarit Venermo. 2020. *„Radiation Doses to Staff in a Hybrid Operating Room: An Anthropomorphic Phantom Study with Active Electronic Dosimeters".* European Journal of Vascular and Endovascular Surgery: 654–60. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2020.01.018.

SCHUETZE, K., M. Kraus, A. Eickhoff, F. Gebhard, a P. H. Richter. 2022. *„Correction to: Radiation Exposure for Intraoperative 3D Scans in a Hybrid Operating Room: How to Reduce Radiation Exposure for the Surgical Team".* International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery: 617–617. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s11548-022-02569-4.

SIPOS, Eric P., a Jessie Heisey. 2015. *„Intraoperative CT Scanner Combined With Image-Guided Neurosurgery".* Journal of Radiology Nursing: 73–79. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.jradnu.2014.11.009.

SMILOWITZ, Nathaniel R., Stephen Balter, a Giora Weisz. 2013. *„Occupational Hazards of Interventional Cardiology".* Cardiovascular Revascularization Medicine: 223–28. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.carrev.2013.05.002.

SÖDER, Stefanie, Wolfgang Wällisch, Sven Dittrich, Robert Cesnjevar, Jean-Pierre Pfammatter, a Martin Glöckler. 2020. *„Three-Dimensional Rotational Angiography during Catheterization of Congenital Heart Disease – A Ten Years' Experience at a Single Center".* Scientific Reports: 6973. Dostupné z: https://doi.org/10.1038/s41598-020-63903-x.

SPENKELINK, Ilse M., Jan Heidkamp, Jurgen J. Fütterer, a Maroeska M. Rovers. 2022. *„Image-Guided Procedures in the Hybrid Operating Room: A Systematic Scoping Review".* Editoval Diego Raimondo. PLOS ONE: 0266341. Dostupné z: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266341.

SÚJB. 2016. *„Desatero pro snížení dávek v intervenční kardiologii". SÚJB* (online). 2016. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/plakaty_RDG/desatero_RO_IK.pdf.

SÚJB. 2016. *„Desatero radiační ochrany personálu při skiaskopii". SÚJB* (online). 2016. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/plakaty_RDG/desatero_RO_personal_skiaskop.pdf.

SÚKUPOVÁ, Lucie. 2014. *„Jaký je rozdíl mezi skiaskopií a kino módem?"* (online). Dostupné z: http://www.sukupova.cz/jaky-je-rozdil-mezi-skiaskopii-a-kino-modem/.

SÚKUPOVÁ, Lucie. 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing.

SÚKUPOVÁ, Lucie. 2020. *„Použití ochranného stínění u skiaskopicky vedených výkonů"*. (online). Dostupné z: http://www.sukupova.cz/pouziti-ochranneho-stineni-u-skiaskopicky-vedenych-vykonu/.

ŠTĚDROVÁ, Veronika. 2017. *„Nový atomový zákon a vyhláška o radiační ochraně"*. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/seminare/NAZ_kurzy/Stedrova__seminarNM.pdf.

TAIJI, Ryosuke, Ethan Y. Lin, Yuan-Mao Lin, Steven Yevich, Rony Avritscher, Rahul A. Sheth, Joseph R. Ruiz, et al. 2021. *„Combined Angio-CT Systems: A Roadmap Tool for Precision Therapy in Interventional Oncology"*. Radiology: Imaging Cancer: e210039. Dostupné z: https://doi.org/10.1148/rycan.2021210039.

TANDON, Vivek, a Ashok Mahapatra. 2017. *„Intraoperative Magnetic Resonance Imaging in Neurosurgery"*. Indian Journal of Neurosurgery: 159–62. Dostupné z: https://doi.org/10.1055/s-0037-1608957.

TEAGUE, Shawn. 2022. *„Catheter Angiography"*. RadiologyInfo (online). Dostupné z: https://www.radiologyinfo.org/en/info/angiocath.

ULLMAN, Vojtěch. 2009. *Jaderná a radiační fyzika*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií.

VAN PELT, Jennifer. 2010. *„Hybrid ORs: What's behind the increasing demand?"* 2010. Dostupné z: https://www.ormanager.com/hybridor/article8/.

VÉVODOVÁ, Šárka, a Kateřina Ivanová. 2015. *Základy metodologie výzkumu pro nelékařské zdravotnické profese*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

VOMÁČKA, Jaroslav. 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, Doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

YURT, Ayşegül, Berrin Çavuşoğlu, a Türkan Günay. 2014. *„Evaluation of Awareness on Radiation Protection and Knowledge About Radiological Examinations in Healthcare Professionals Who Use Ionized Radiation at Work"*. Malecular Imaging and Radionuclide Therapy: 48–53. Dostupné z: https://doi.org/10.4274/mirt.00719.

ZWINGMANN, Jörn, Oliver Hauschild, Gerrit Bode, Norbert P. Südkamp, a Hagen Schmal. 2013. *„Malposition and Revision Rates of Different Imaging Modalities for Percutaneous Iliosacral Screw Fixation Following Pelvic Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis"*. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery: 1257–65. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s00402-013-1788-4.

Seznam zkratek

ADRC	Automatické řízení dávkového příkonu
ALARA	tak nízké, jak je rozumně dosažitelné
AP	předozadní
CBCT	Cone-beam CT
CT	Výpočetní tomografie
ČSÚ	Český statistický úřad
DAP	Součin dávky a plochy
DNA	deoxyribonukleová kyselina
DR	Přímá digitalizace
DSA	Digitální subtrakční angiografie
EVAR	Endovaskulární léčba aneurysmatu břišní aorty
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
fr/s	framů za sekundu
Gy	Gray
iCT	Intraoperační výpočetní tomografie
iMR	Intraoperační magnetická rezonance
KAP	Součin kermy a plochy
kg	kilogram
KL	Kontrastní látka
KP	Kontrolované pásmo
kV	kilovolty
kW	kilowatty
LAO	levá šikmá projekce
mA	miliampér
mAs	miliampér sekunda
mGy	miligray
min	minuta
mm	milimetr
ms	milisekunda
mSv	milisievert
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

PA	zadopřední
p/s	pulsů za sekundu
RA	Radiologický asistent
RAO	pravá šikmá projekce
RTG	rentgenový
Sb.	Sbírka zákonů
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
TEVAR	Endovaskulární léčba hrudní aorty
μGy	mikrogray

Seznam obrázků

Obrázek 1: Hybridní operační sál (Hospitals Magazine 2017) 11
Obrázek 2: Stropní ochranný závěs, boční stínění, stolní závěs. (SÚJB 2016) ……...16
Obrázek 3: Pojízdná stínící zástěna (SÚJB 2016)…..…….16
Obrázek 4: Vertikální umístění receptoru obrazu a rentgenky. A – správné umístění receptoru obrazu nad pacientem. B – nesprávné umístění receptoru obrazu pod pacientem. (Almalki et al. 2021)..... 34
Obrázek 5: Horizontální umístění receptoru obrazu a rentgenky. A – správné umístění receptoru obrazu na straně lékaře. B – nesprávné umístění receptoru obrazu na opačné straně, než je lékař. (Jentzsch et al. 2015) 35
Obrázek 6: Umístění receptoru obrazu a rentgenky. A – správné umístění receptoru obrazu blízko pacienta. B – nesprávné umístění receptoru obrazu daleko od pacienta. (Almalki et al. 2021)..... 36
Obrázek 7: Četnost respondentů a hodnota skóre za znalosti 54
Obrázek 8: Četnost respondentů a hodnota skóre za chování 55
Obrázek 9: Četnost respondentů a kategorie pracoviště 56
Obrázek 10: Průměrný počet bodů za znalosti podle kategorie pracovníků 57
Obrázek 11: Průměrný počet bodů za chování podle kategorie pracovníků..... 58
Obrázek 12: Četnost respondentů a počet odpracovaných let..... 59
Obrázek 13: Průměrný počet bodů za znalosti podle délky praxe 59
Obrázek 14: Průměrný počet bodů za chování podle délky praxe..... 60
Obrázek 15: Četnost respondentů a četnost výskytu na hybridním operačním sále 61
Obrázek 16: Průměrný počet bodů za znalosti a četnost výskytu na hybridním operačním sále 62
Obrázek 17: Průměrný počet bodů za chování podle četnosti výskytu na hybridním operačním sále..... 63

Seznam tabulek

Tabulka 1: Minimální technické a věcné vybavení operačního sálu. (ČESKO 2012)..... 12
Tabulka 2: Procentuální úspěšnost v první otázce znalostní části 66

Tabulka 3: Procentuální úspěšnost v druhé otázce znalostní části 66
Tabulka 4: Procentuální úspěšnost v třetí otázce znalostní části 67
Tabulka 5: Procentuální úspěšnost v čtvrté otázce znalostní části 67
Tabulka 6: Procentuální úspěšnost v páté otázce znalostní části 68
Tabulka 7: Procentuální úspěšnost v šesté otázce znalostní části 68
Tabulka 8: Procentuální úspěšnost v sedmé otázce znalostní části 69
Tabulka 9: Procentuální úspěšnost v osmé otázce znalostní části 69
Tabulka 10: Procentuální úspěšnost v deváté otázce znalostní části 70
Tabulka 11: Procentuální úspěšnost v desáté otázce znalostní části 70
Tabulka 12: Procentuální úspěšnost v jedenácté otázce znalostní části 70
Tabulka 13: Procentuální úspěšnost ve dvanácté otázce znalostní části 71
Tabulka 14: Procentuální zisk v první otázce části o chování 71
Tabulka 15: Procentuální zisk v druhé otázce části o chování 72
Tabulka 16: Procentuální zisk v třetí otázce části o chování 72
Tabulka 17: Procentuální zisk v čtvrté otázce části o chování 73
Tabulka 18: Procentuální zisk v páté otázce části o chování 73
Tabulka 19: Procentuální zisk v šesté otázce části o chování 74
Tabulka 20: Procentuální zisk v sedmé otázce části o chování 74
Tabulka 21: Procentuální zisk v osmé otázce části o chování 74
Tabulka 22: Procentuální zisk v deváté otázce části o chování 75
Tabulka 23: Procentuální zisk v první otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany 75
Tabulka 24: Procentuální zisk v druhé otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany 75
Tabulka 25: Procentuální zisk v třetí otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany 76
Tabulka 26: Procentuální zisk v čtvrté otázce o personálním a materiálovém zajištění k realizaci radiační ochrany 76

Seznam příloh

Příloha 1: Souhlas Etické komise FZV Univerzity Palackého v Olomouci 93
Příloha 2: Žádost o poskytnutí informací pro studijní účely/sběr dat ve FNOL I 94

Příloha 3: Žádost o poskytnutí informací pro studijní účely/sběr dat ve FNOL II 95
Příloha 4: Dotazník pro výzkumné šetření I..... 96
Příloha 5: Dotazník pro výzkumné šetření II 97
Příloha 6: Dotazník pro výzkumné šetření III..... 98
Příloha 7: Dotazník pro výzkumné šetření IV..... 99
Příloha 8: Dotazník pro výzkumné šetření V 100

Fakulta
zdravotnických věd

UPOL - 201802/FZV-2022

Vážená paní
Bc. Lucie Poloková

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 **„Radiační ochrana na hybridním operačním sále“**, jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

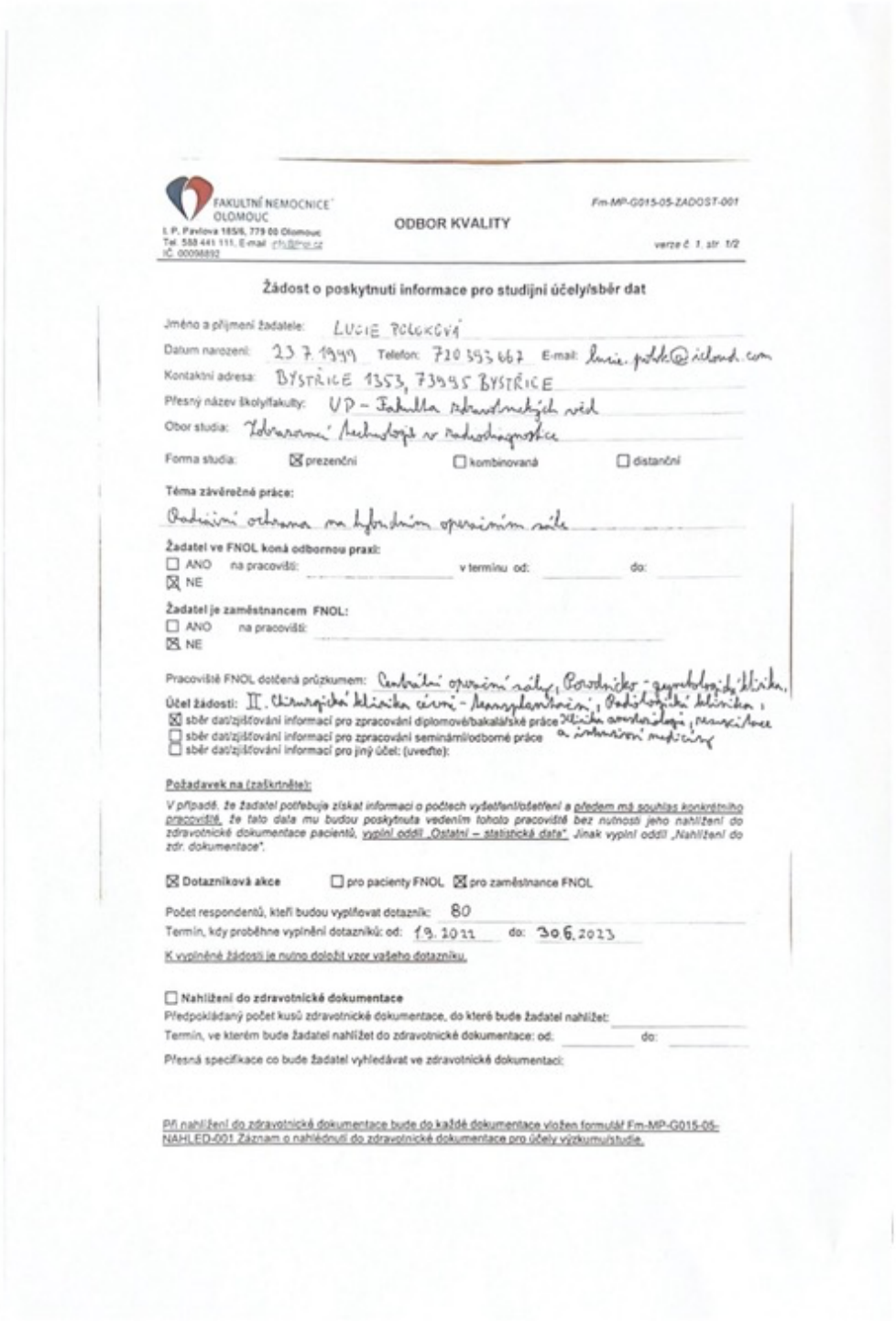
S pozdravem,

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

Mgr. Renáta Váverková
předsedkyně
Etické komise FZV UP

Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
Hněvotínská 3 | 775 15 Olomouc | T: 585 632 880
www.fzv.upol.cz

Příloha 1: Souhlas Etické komise FZV Univerzity Palackého v Olomouci



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: LUCIE POLOKOVÁ
Datum narození: 23.7.1999 Telefon: 720 553 667 E-mail: lucie.polk@icloud.com
Kontaktní adresa: BYSTŘICE 1353, 73935 BYSTŘICE
Přesný název školy/fakulty: UP – Fakulta zdravotnických věd
Obor studia: Zobrazovací techniky v radiodiagnostice

Forma studia: ☒ prezenční ☐ kombinovaná ☐ distanční

Téma závěrečné práce:
Radiační ochrana na hybridním operačním sále

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: Centrální operační sály, Porodnicko-gynekologická klinika, Účel žádosti: II. Chirurgická klinika cévní – transplantační, Radiologická klinika, Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny
☒ 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: (uveďte):

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

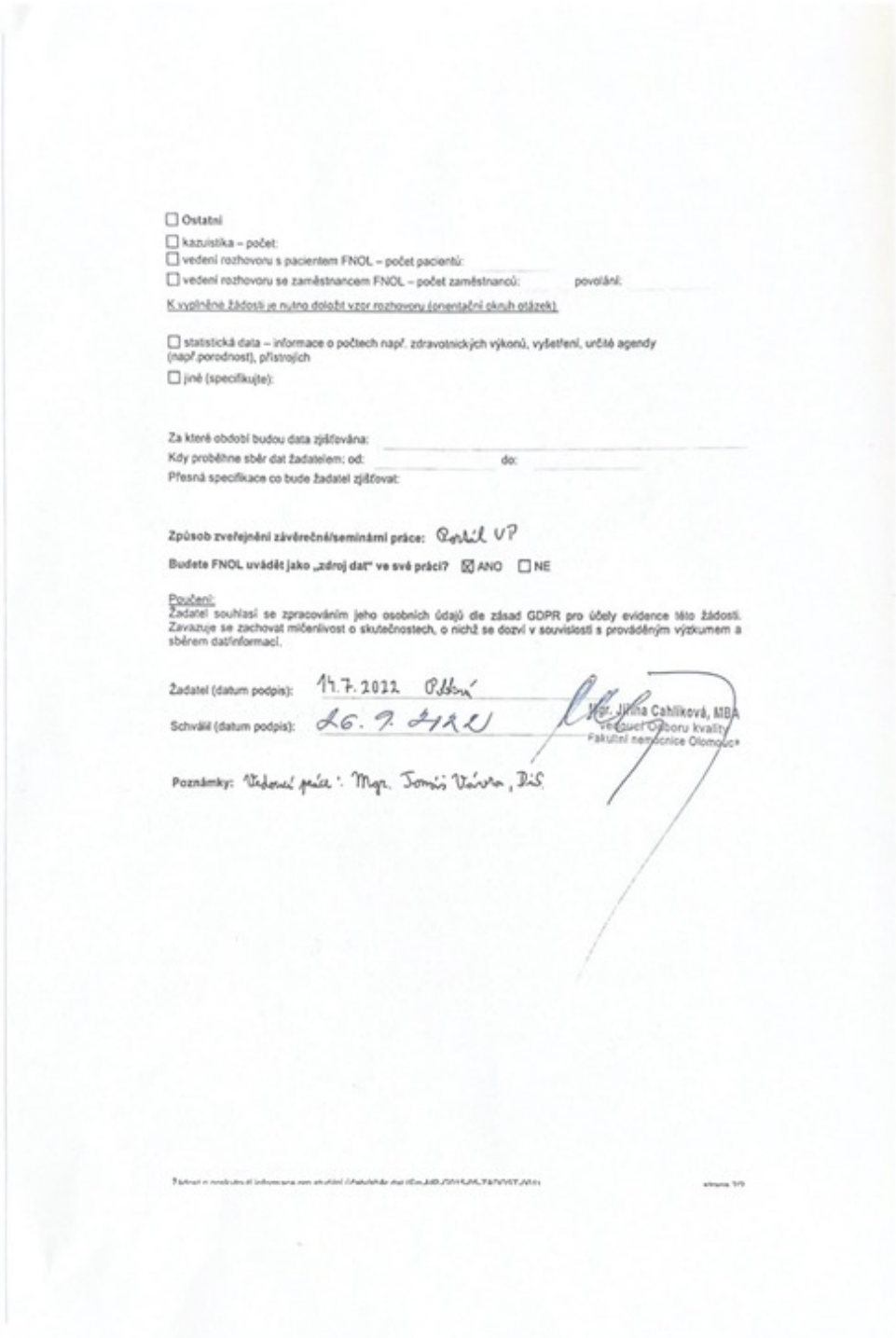
Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: 80
Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: 19.2022 do: 30.6.2023

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.

Příloha 2: Žádost o poskytnutí informací pro studijní účely/sběr dat ve FNOL I



☐ 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):

Za které období budou data zjišťována:
Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: do:
Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce: Rozhled VP

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): 14.7.2022
Schválil (datum podpis): 26.7.2022

Mgr. Jiřina Cahlíková, MBA
vedoucí Odboru kvality
Fakultní nemocnice Olomouc

Poznámky: Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Vávra, DiS.

Příloha 3: Žádost o poskytnutí informací pro studijní účely/sběr dat ve FNOL II

Radiační ochrana na hybridním operačním sále

Dobrý den,

ráda bych Vás požádala o vyplnění krátkého a zcela anonymního dotazníku, jehož výsledky použiji výhradně ve své diplomové práci věnující se tématu radiační ochrany na hybridním operačním sále. Cílem výzkumného šetření je zjistit úroveň znalostí a vzorec chování v oblasti radiační ochrany u personálu pracujícího na hybridním operačním sále. Dovoluji si Vás rovněž požádat o co nejpřesnější a pravdivé vyplnění dotazníku. Dotazník obsahuje 31 otázek a jeho vyplnění by Vám nemělo zabrat více než 15 minut. Výsledná data budou dále zpracována a analyzována pomocí statistických metod. Z účasti na tomto šetření pro Vás nevyplývají žádná rizika.

Prohlášení

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

Vyplněním tohoto dotazníku souhlasím s účastí na výše uvedeném šetření.

Děkuji Vám za Váš čas,
Lucie Poloková
Studentka FZV, UPOL

1. Vykonáváte své pracovní činnosti na hybridním operačním sále (operační sál č. 6)?

a. ANO
b. NE

Pokud Vaše odpověď bude NE, v dotazníku prosím nepokračujte, děkuji.

2. Jak často vykonáváte činnost na hybridním operačním sále?

a. Pravidelně – několikrát týdně
b. Občas – několikrát měsíčně
c. Zřídka – několikrát ročně

3. Jste kategorizován/a jako radiační pracovník? (Radiační pracovník je vybaven osobním dozimetrem)

a. ANO
b. NE

4. Jaké je Vaše pracovní zařazení? (Na hybridním operačním sále)

a. Lékař – operatér
b. Lékař – anesteziolog
c. Perioperační sestra
d. Anesteziologická sestra
e. Radiologický asistent
f. Sanitář

Příloha 4: Dotazník pro výzkumné šetření I

5. Kolik let pracujete na hybridním operačním sále?

a. Méně než 2
b. 2–5
c. 5–10
d. Více než 10

6. Domníváte se, že jste řádně proškoleni o radiační ochraně a zásadách ochrany před ionizujícím zářením při vykonávání svých pracovních činnosti v kontrolovaném pásmu (místě, kde je instalován RTG přístroj)?

a. ANO
b. NE

7. Máte vždy během operace využívající RTG přístroj, pokud jim jste vybaven/a, osobní dozimetr?

a. ANO
b. NE

8. Pokud osobní dozimetr u sebe máte, tak na jakém místě?

a. Na referenčním místě vně ochranné vesty
b. Na referenčním místě pod ochrannou vestou
c. Nemám ho přímo u sebe, ale nachází se v místnosti sálu
d. Nenosím ho u sebe během operací využívajících ionizující záření

9. Jaké ochranné pomůcky k redukci dávky záření máte k dispozici na hybridním operačním sále? (může být uvedeno i více odpovědí)

a. Ochrannou stínící zástěru – pouze přední díl
b. Ochrannou stínící zástěru – celotělovou (obklopuje Vaši postavu ze všech stran)
c. Ochranný stínící límec
d. Ochranné stínící brýle
e. Ochranné stínící rukavice
f. Ochranný stínící stolní závěs
g. Ochranný stínící stropní štít na stativu
h. Pojízdnou stínící zástěnu

10. Jaké ochranné stínící pomůcky k redukci dávky záření používáte během výkonů na hybridním operačním sále? (může být uvedeno i více odpovědí)

a. Ochrannou stínící zástěru – pouze přední díl
b. Ochrannou stínící zástěru – celotělovou (obklopuje Vaši postavu ze všech stran)
c. Ochranný stínící límec
d. Ochranné stínící brýle
e. Ochranné stínící rukavice
f. Ochranný stínící stolní závěs
g. Ochranný stínící stropní štít na stativu
h. Pojízdnou stínící zástěnu

11. Jak často používáte ochranné pomůcky k redukci dávky záření?

a. Vždy
b. Většinou
c. Zřídka

12. Je ochranných pomůcek k dispozici dostatek?

a. ANO
b. NE

13. Jaké zásady radiační ochrany před ionizujícím zářením využíváte na hybridním operačním sále? (může být uvedeno i více odpovědí)

a. Vzdálenost
b. Stínění
c. Čas
d. Nevyužívám ani jednu z uvedených

14. Jste si vědomi během probíhající expozice, kde se na sále přesně pohybujete a jak jste natočeni ke zdroji záření?

a. ANO
b. NE

15. Pokud je to klinicky možně, snažíte se maximalizovat svou vzdálenost od RTG svazku?

a. ANO
b. NE

16. Pokud na hybridním operačním sále během expozice není Vaše přítomnost nezbytná, snažíte se uchýlit do jiné, odstíněné, místnosti?

a. ANO
b. NE

17. Máte během svých činností přehled, kdy je RTG přístroj v provozu, tedy vydává záření, a kdy ne?

a. ANO
b. NE

18. Dostáváte pokyny od aplikujících odborníků (lékař radiolog, radiologický asistent/laborant), že se zahajuje expozice RTG zářením?

a) ANO
b) NE

19. Vnímáte někdy během svých činností na hybridním operačním sále pokyny a připomínky v souvislosti s provozem RTG záření? Například, že se nacházíte příliš blízko, jste natočen/a nesprávným směrem ke zdroji RTG záření, či že vkládáte ruce do primárního svazku?

a. ANO
b. NE

Příloha 6: Dotazník pro výzkumné šetření III

20. Byl/a jste někdy vyzván/a aplikujícím odborníkem (lékař radiolog, radiologický asistent), abyste během výkonu na hybridním operačním sále použili ochranný prostředek – stínící zástěru, nebo stínící zástěnu, kterou vložíte mezi sebe a stůl s pacientem?

a. ANO
b. NE

21. Umístění rentgenky (zdroje vysílajícího záření do pacienta) je vhodnější:

a. Pod pacientem
b. Nad pacientem
c. Není v tom rozdíl
d. Nevím

22. Rozptýlené RTG záření se šíří nejvíce:

a. Zpětným rozptylem (zpětně ke zdroji)
b. Směrem k receptoru obrazu
c. Všemi směry
d. Nevím

23. Při laterální poloze C-ramene (RTG rameno leží vodorovně a záření do pacienta vstupuje z boku) je dávka pro okolí větší:

a. Na stejné straně jako rentgenka
b. Na stejné straně jako receptor obrazu
c. Není v tom rozdíl
d. Nevím

24. Receptor obrazu by měl být:

a. Co nejdále od pacienta
b. Co nejblíže k pacientovi
c. Ve vzdálenosti 75 cm od zdroje záření
d. Nevím

25. Pokud pracovník poodstoupí od zdroje záření na dvojnásobnou vzdálenost, obdržená dávka se proti dávce v původní vzdálenosti:

a. Zdvojnásobí
b. Sníží čtyřikrát
c. Sníží na polovinu
d. Nevím

26. Polotloušťka d charakterizuje schopnost látky zeslabovat záření. Na jakou hodnotu klesne dávkový příkon po průchodu rentgenového záření vrstvou látky o tloušťce 2d?

a. Na 25 %
b. Na 0
c. Na polovinu
d. Nevím

Příloha 7: Dotazník pro výzkumné šetření IV

27. Jak použití zvětšení při zobrazování ovlivňuje dávku záření pro chirurga a pacienta?

a. Dávka se zvyšuje
b. Dávka klesá
c. V dávce není rozdíl
d. Nevím

28. Jaký vliv má použití kolimace (zmenšení plochy rentgenového záření na pacienta) na radiační zátěž?

a. Radiační zátěž snižuje
b. Radiační zátěž zvyšuje
c. Nemá vliv
d. Nevím

29. Největší vliv na dávku pro personál má:

a. Primární rentgenové záření (vydává jej přístroj)
b. Rozptýlené rentgenové záření (šíří se z pacienta během expozice)
c. Nevím

30. Mezi deterministické (prahové) účinky záření patří:

a. Vznik nádorových onemocnění
b. Vznik katarakty
c. Vznik dědičných genetických změn
d. Nevím

31. Mezi stochastické (bezprahové) účinky záření patří:

a. Vznik nádorových onemocnění
b. Poškození kůže
c. Neplodnost
d. Nevím

Příloha 8: Dotazník pro výzkumné šetření V