

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD  
Ústav radiologických metod

Bc. Michaela Molková

**Monitoring radiační zátěže u pacientů vyšetřovaných pomocí CT**

(Monitoring radiation load in patients via CT imaging)

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jana Janoutová Ph.D.

Olomouc 2021

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

V Olomouci dne.....

.....

podpis

Ráda bych poděkovala paní doc. MUDr. Janě Janoutové Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, její rady a připomínky. Dále pak paní RNDr. Evě Reiterové, Ph.D. a paní Ing. Lence Jonášové.

## ANOTACE

<b>Typ závěrečné práce:</b>	Diplomová práce
<b>Název práce:</b>	Monitoring radiační zátěže u pacientů vyšetřovaných pomocí CT
<b>Název práce v AJ:</b>	Monitoring radiation load in patients via CT imaging
<b>Datum zadání:</b>	2020-01-28
<b>Datum odevzdání:</b>	2021-05-11
<b>Vysoká škola, fakulta, ústav:</b>	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
<b>Autor práce:</b>	Molková Michaela Bc.
<b>Vedoucí práce:</b>	doc. MUDr. Jana Janoutová Ph.D.
<b>Oponent práce:</b>	
<b>Abstrakt v ČJ:</b>	

Výzkumná práce se zabývá monitorováním radiační zátěže u pacientů vyšetřovaných pomocí CT. Především se zaměřuje na tato tři CT vyšetření – CT angiografii mozkových tepen, nativní vyšetření mozku a polytrauma. Teoretická část práce předkládá publikované poznatky o výpočetní tomografii, radiační ochraně při lékařském ozáření. Výzkumné šetření bylo realizováno za pomoci radiologického fyzika Fakultní nemocnice v Olomouci (FNOL), kde probíhal i samotný průzkum. Výzkumný soubor tvořilo 900 respondentů vyšetřených ve FNOL během let 2017-2019. Potvrdilo se, že FNOL dodržuje zásady radiační ochrany a dodržuje národní diagnostické referenční úrovně (NDRÚ). Dále byl prokázán signifikantní rozdíl mezi CT angiografií mozkových tepen a nativním vyšetřením mozku. Výzkumné šetření neprokázalo statisticky významný rozdíl mezi hodnotami CTDI<sub>vol</sub> a DLP naměřených u mužů a žen. Výsledky je možné uplatnit v rámci dalšího výzkumného šetření. Dále by je mohla využít FNOL v rámci optimalizace.

### Abstrakt v AJ:

The research work deals with the monitoring radiation load in patients via CT imaging. It mainly focuses on these three CT examinations - CT angiography of the cerebral arteries, native examination of the brain and polytrauma. The theoretical part of the work presents published knowledge about computed tomography, radiation protection during medical irradiation. The research was carried out with the help of

a radiological physicist at the University Hospital in Olomouc (FNOL), where the survey itself took place. The research group consisted of 900 respondents examined at FNOL during the years 2017-2019. It has been confirmed that FNOL adheres to the principles of radiation protection and adheres to national diagnostic reference levels (NDRL). Furthermore, a significant difference was demonstrated between CT angiography of the cerebral arteries and native brain examination. The research did not show a statistically significant difference between  $CTDI_{vol}$  and DLP values measured in men and women. The results can be applied in further research. Furthermore, FNOL could use them as part of optimization.

**Klíčová slova v ČJ:** radiační zátěž, výpočetní tomografie (CT), diagnostické referenční úrovně (DRÚ),  $CTDI_{vol}$  (objemový kermový index), DLP (součin kermu a délky), CT vyšetření hlavy

**Klíčová slova v AJ:** radiation load, computed tomography (CT), diagnostic reference levels,  $CTDI_{vol}$  (CT volume index), DLP (dose-length product), CT head examination

**Rozsah:** 78 stran/ 5 příloh

# Obsah

Úvod.....	8
1. Popis rešeršní činnosti .....	9
2. Vznik a vlastnosti rentgenového záření.....	11
2.1 Biologické účinky ionizujícího záření .....	12
3. Výpočetní tomografie .....	16
3.1 Princip metody výpočetní tomografie .....	16
3.2 Generace CT přístrojů .....	17
3.3 Příprava pacienta a provedení vyšetření .....	18
4. Radiační ochrana při lékařském ozáření.....	20
4.1 Princip zdůvodnění .....	21
4.2 Princip optimalizace .....	22
4.3 Princip limitování.....	22
4.4 Princip zabezpečení zdrojů.....	22
5. Základní dozimetrické veličiny.....	24
5.1 Absorbovaná dávka .....	24
5.2 Ekvivalentní dávka .....	24
5.3 Efektivní dávka .....	25
5.4 Kerma .....	25
5.5 Diagnostické referenční úrovně .....	25
5.5.1 Místní diagnostické referenční úrovně a jejich stanovení .....	26
5.6 Parametry DLP a CTDI <sub>vol</sub> .....	28

6. Metodika výzkumu radiační zátěže pacientů vyšetřovaných pomocí CT ve Fakultní nemocnici v Olomouci.....	30
6.1 Výzkumné cíle a hypotézy .....	30
6.2 Charakteristika souboru .....	31
6.3 Metoda sběru dat.....	32
6.4 Realizace výzkumu .....	32
6.5 Metody zpracování dat.....	35
7. Výsledky.....	37
7.1 Ověření hypotézy č. 1 .....	40
7.2 Ověření hypotézy č. 2 .....	43
7.3 Ověření hypotézy č. 3.....	46
7.4 Ověření hypotézy č. 4 .....	47
7.5 Ověření hypotézy č. 5 .....	52
7.6 Ověření hypotézy č. 6 .....	56
8. Diskuze .....	58
Závěr .....	63
Referenční seznam .....	64
Seznam zkratk.....	68
Seznam tabulek.....	70
Seznam obrázků .....	73
Seznam příloh .....	74

## Úvod

Výpočetní tomografie je jednou z nejčastěji používaných zobrazovacích metod. Rychlost vyšetření, vysoké prostorové rozlišení patří mezi priority CT přístroje, avšak na druhou stranu toto vyšetření představuje pro pacienty nevyhnutelnou radiální zátěž (Jang a kol., 2016, s. 24). I přesto má CT vyšetření svou nezastupitelnou roli např. při krvácení nebo poranění hlavy. Rehani ve svém článku poukazuje na to, že i když CT vyšetření představuje radiální zátěž, tak ve srovnání s předchozími lety dochází ke snižování dávky až o 30 % (Rehani, 2000, s. 593). Nad rizikem spojeným s nežádoucími účinky IZ by měl vždy převažovat přínos vyšetření. Strach z nadměrné radiální zátěže a rizika s ní spojená jsou relevantní v případě, když se požadované CT vyšetření provádí opakovaně nebo bez klinického odůvodnění. Porovná-li se radiální zátěž z CT vyšetření se zátěží obdrženou ze skiagrafického vyšetření, v závislosti na vyšetřované oblasti je radiální zátěž pro pacienta při CT desetkrát až stokrát vyšší (Žáčková, 2009, s. 6).

Koncept diagnostických referenčních úrovní je chápán a v radiologii používán jako praktický nástroj optimalizace. Diagnostické referenční úrovně by měly sloužit k identifikaci neobvykle vysokých úrovní dávek. Jejich používání Evropská unie formálně zavedla již od roku 1997 (Paulo a kol., 2020, s. 1-2).

Pro sepsání této diplomové práce byla nastudována a následně použita tato vstupní literatura:

- HEŘMAN, M. a kol., 2014. *Základy radiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 320. ISBN 978-80-244-2901-4.
- HUŠÁK, V. a kol., 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 138. ISBN 978-80-244-2350-0.
- KORANDA, P. a kol., 2014. *Nukleární medicína*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 204. ISBN 978-80-244-4031-6.
- SÚKUPOVÁ, L., 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing. s. 280. ISBN 978-80-271-0709-4.



# 1. Popis rešeršní činnosti

Aktuální a validní informace o daném tématu použité v této diplomové práci byly získány z odborných článků na základě rešeršní činnosti. Použitá klíčová slova byla zadávána s rozšířeným vyhledáváním za pomoci Booleovských operátorů NOT, OR a AND. Více informací o rešeršní činnosti uvádí následující popis.

## Vyhledávací kritéria:

- Klíčová slova v ČJ: radiační zátěž, výpočetní tomografie (CT), diagnostické referenční úrovně (DRÚ),  $CTDI_{vol}$  (objemový kermový index), DLP (součin kerry a délky), CT vyšetření hlavy
- Klíčová slova v AJ: radiation load, computed tomography (CT), diagnostic reference levels,  $CTDI_{vol}$  (CT volume index), DLP (dose-length product), CT head examination
- Jazyk: český, anglický
- Období: 2000-2021
- Další kritéria: recenzovaná periodika, vědecké články, studie, přehledové články

**Použité databáze:** PubMed, SpringerLink, Google Scholar, Medvik

**Celkem nalezeno 235 dokumentů.**

**Vyřazující kritéria:** kvalifikační práce, abstrakty, nesouvisející témata, články neodpovídající cílům práce

## Sumarizace využitých databází a dohledaných dokumentů:

- Pubmed = 7
- SpringerLink = 2
- Google Scholar = 2
- Medvik = 2
- Souhrný katalog UPOL = 9
- Další zdroje = 11

## Sumarizace využitých zahraničních databází a dokumentů:

- PubMed = 7
- SpringerLink = 2
- Google Scholar = 2

- Další zdroje = 3

#### **Sumarizace využitých tuzemských periodik a dokumentů:**

- Elektronická periodika = 16 článků (13 zahraničních, 3 české)
- Monografie a e-monografie = 9 českých knih
- Vyhlášky = 2
- Věstníky = 3
- Zákony = 1
- Vlastní bakalářská práce
- Další zdroje a internetové zdroje = 1

#### **Sumarizace dohledaných periodik a využitých dokumentů:**

Česká radiologie (1), Medicína pro praxi (1), Rentgen Bulletin (1)

#### **Zahraniční periodika:**

BMJ (1), Diagnostic and Interventional Radiology (1), International Commission on Radiological Protection (ICRP 135) (1), Insights into Imaging (2), Journal of Korean Medical Science (1), Journal of Medical Imaging (1), Journal of Medical Radiation Sciences (1), Medical Exposure Radiation Unit (MERU) (1), Physica Medica (1), Radiography (1), Radiology (1), The British Journal of Radiology (1)

Pro tvorbu této diplomové práce a jejich teoretických východisek bylo použito celkem 33 dohledaných dokumentů, z nich 13 dohledaných zahraničních článků, 3 české články, 9 monografií a e-monografií, vlastní bakalářská práce. Dále byly použity 2 vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR, 3 věstníky, 1 zákon a 1 internetový zdroj. Všechny použité zdroje jsou citovány v referenčním seznamu.

## 2. Vznik a vlastnosti rentgenového záření

Základem diagnostických i terapeutických přístrojů v radiologii je rentgenka (Vomáčka a kol., 2015, s. 13). Rentgenka se řadí mezi umělé zdroje rentgenového záření (rtg.) (Heřman a kol., 2014, s. 11). Jedná se o vakuovanou diodu. Skládá se ze dvou elektrod – katody a anody. Katoda je nabitá záporně. Základem katody jsou wolframová vlákna stočená do spirály, uložená v tzv. fokusační misce. Katoda je připojena k vlastnímu elektrickému obvodu. Velikost žhavicího proudu dosahuje 10 V a 7-10 A. Wolframová vlákna se rozžhávají až na teplotu 2 000 °C. Vzniklým teplem se začnou uvolňovat elektrony (Vomáčka a kol., 2015, s. 15). Mezi anodou a katodou je vysoké napětí, které způsobuje urychlování elektronů. Urychlené elektrony jsou následně fokusovány do ohniska anody (Súkupová, 2018, s. 29). Na anodě, kladné elektrodě, vzniká rtg. záření. Energie elektronů se na anodě přemění z 99 % na teplo a pouze 1 % na rtg. záření. Anoda bývá nejčastěji vyrobena z kovů majících vysokou teplotu tání, a to z toho důvodu, že vysoká teplota by mohla anodu poškodit. Nejpoužívanějším materiálem je wolfram, v mamografii molybden či rhodium. Aby se snížilo tepelné zatížení rentgenky, musí být zajištěno chlazení. Rentgenky se podle konstrukce dělí na rentgenky s pevnou anodou anebo s rotační anodou. Pevná anoda se používala u starších diagnostických přístrojů. Rotační anoda se otáčí kolem své osy, tudíž elektrony dopadají pokaždé na jiné místo anody a tím je rozloženo i tepelné zatížení (Vomáčka a kol., 2015, s. 15).

Podle způsobu vzniku lze rtg. záření rozdělit na záření brzdné a charakteristické (Beneš a kol., 2015, s. 179). Liší se nejen mechanismem vzniku, ale také tvarem energetického spektra. Brzdné záření vzniká v důsledku Coulombických interakcí záporného elektronu a kladně nabitého jádra. Elektron se pohybuje v blízkosti jádra, které ho přitahuje, elektron je zbrzděn, ztrácí svou kinetickou energii a změní směr svého letu. Ztracená kinetická energie je vyzářena ve formě fotonu elektromagnetického záření – brzdného záření. Interakce může nastat v různé vzdálenosti od jádra. Zastaví-li se elektron ve větší vzdálenosti od jádra, vzniklé záření je slabší na rozdíl od menší vzdálenosti, kdy je záření silnější (Súkupová, 2018, s. 41). Pro tento typ záření je charakteristické spojité energetické spektrum. Elektrony dopadající na anodu mají různé energie, a tím vznikne směs záření o různé vlnové délce (Beneš s kol., 2015, s. 179). Fotony mohou nabývat

hodnot od nuly až po maximální hodnotu, která odpovídá kinetické energii primárních částic.

Charakteristické záření vzniká přechodem elektronů mezi slupkami v elektronovém obalu. Elektron interaguje s elektronem na vnitřních slupkách atomového obalu, předá mu svou energii a tím způsobí, že se elektron přesune na vyšší energetickou hladinu (tzv. excitovaný stav). Elektrony z vyšších energetických hladin se pak snaží zaplnit vzniklé prázdné místo (deexcitace) a to je doprovázeno vyzářením přebytečné energie ve formě fotonu rtg. záření (Navrátil a kol., 2019, s. 252). Energetické spektrum je čárové, každý prvek má své typické spektrum. Závisí na materiálu, ze kterého je anoda vyrobena (nejčastěji wolfram, molybden) (Beneš a kol., 2015, s. 180).

Stejně tak jako viditelné světlo, rozhlasové vlny, UV záření, infračervené nebo kosmické záření, patří i rtg. záření do elektromagnetického vlnění. Je pro něj charakteristická velmi krátká vlnová délka ( $10^{-8}$ – $10^{-12}$  m). Záření o vlnové délce  $10^{-9}$ – $10^{-11}$  m. se využívá v diagnostice. Rtg. záření je neviditelné, může se šířit i ve vakuu přímočaře rychlostí světla. Jeho intenzita klesá se čtvercem vzdálenosti. Mezi základní důležité vlastnosti rtg. záření patří: pronikání hmotou, luminiscenční a fotochemický efekt, ionizace a biologické účinky. Při průchodu hmotou se záření z části absorbuje a rozptyluje (Vomáčka a kol., 2015, s. 13).

## **2.1 Biologické účinky ionizujícího záření**

Absorbované rtg. záření má na lidský organismus, především tkáně a orgány, negativní účinky. Velmi důležitá je citlivost neboli radiosenzitivita dané tkáně na ionizující záření (IZ), jelikož nejvíce citlivé jsou dělící se buňky. Může dojít až k nejzávažnějšímu poškození, a to poškození molekuly DNA (Vomáčka a kol., 2015, s. 14). Mechanismem účinků IZ na živý organismus se zabývá radiobiologie. IZ může na lidský organismus působit na úrovni molekulární, buněčné, tkáňové či celotělové. Poškození na molekulární úrovni začíná již v jádře buňky, kde se nachází DNA. Buněčná úroveň je charakteristická poškozením molekuly DNA, postižená buňka může ztratit schopnost se dělit a formou mutací se změní genetický materiál buňky. Jednotlivé buňky jsou fatálně poškozené a může dojít až ke ztrátě funkčnosti celé tkáně, mluvíme tedy o tkáňové úrovni. Na úrovni organismu se buněčné mutace projevují jako genetické a somatické změny. Genetické se předávají z generace na

generaci a týkají se zárodečných žláz. Somatické změny se týkají pouze ozářeného jedince a nedědí se na další generace. Somatické změny a mutace mohou způsobit až nádorové bujení a vést ke smrti organismu (Hušák a kol, 2009, s. 35).

Biologické účinky IZ se dělí na:

### 1. Deterministické účinky

Ty se projeví až tehdy, pokud dávka záření ve tkáni nebo orgánu překročí určitou hodnotu, tzv. práh. Proto se tyto účinky nazývají prahové. Pokud práh není překročen, účinky nenastanou. Jsou to účinky časné, projevy nastanou v řádu hodin, dnů. Patří sem akutní nemoc z ozáření, poškození kůže, katarakta, poškození fertility, poškození embrya či plodu.

#### ***Akutní nemoc z ozáření***

Tato nemoc se rozvine po jednorázovém ozáření celého těla vysokou dávkou IZ nebo jeho převážné části. V závislosti na velikosti dávky může mít 3 stádia.

**Hematologická dřeňová forma** vzniká při celotělovém ozáření dávkou 3. - 4. Gy. První den po ozáření se cítí pacient unavený, trápí ho bolesti hlavy, případně zvýšená teplota, může se objevit pocit na zvracení. Během několika dnů se objeví krvácení a projevy sepse. Po 6-8 týdnech se zdravotní stav nemocného zlepšuje, tedy pokud dávka nebyla příliš velká. Druhá **střevní (gastrointestinální) forma** nastupuje po celotělové dávce vyšší než 6 Gy (cca 5-15 Gy). Časné příznaky jsou závažnější a objevují se 4. - 7. den po ozáření. Jde o krvácivé průjmy, příznaky ileu, střevní perforace. V trávicím systému dochází k nekróze střevní výstelky. Pokud pacient přežije, 7. - 10. den nastane porucha krvevorných orgánů. Při ozáření 20 Gy nastává třetí stádium nemoci, **neuropsychická forma**. Časné příznaky jsou velmi silné, dochází k metabolickému rozvratu až srdečnímu selhání. Dávky nad 50 Gy způsobují dezorientaci, zmatení, křeče a smrt.

#### ***Akutní lokální poškození kůže***

K tomuto poškození může dojít při radiálních nehodách se zdroji IZ nebo při vnitřní kontaminaci. Poškození kůže se dělí na 3 stupně. První stupeň nastane po dávce v kůži 2 až 4 Gy. Dva až čtyři týdny se neobjevují žádné příznaky, poté kůže zarudne a může dojít k přechodné epilaci. Po ozáření dávkou 20 Gy poškození přechází do druhého stupně. Časně po ozáření vzniká erytém, pak

nastává klidové období. Následuje vznik puchýřů a pozdního erytému. Při třetím stupni poškození dochází k postižení hlubších vrstev kůže a vzniku vředů.

Mezi deterministické účinky patří i nenádorové poškození kůže, chronická radiační dermatitida. Může vzniknout při práci se zdroji IZ po dlouhodobém ozáření rukou. Projevuje se jemnou a tenkou pokožkou, zvýšenou pigmentací.

### ***Katarakta (zákal oční čočky)***

Oční čočka je velmi citlivá a zákal může způsobit jednorázové ozáření dávkou 1,5 až 2 Gy nebo po dlouhodobé profesionální expozici s prahem na úrovni 2 až 4 Gy, kde je dvouletá latence.

### ***Poškození fertility***

U mužů na rozdíl od žen může dojít k dočasné fertilitě již při nízkých dávkách. Přechodná oligospermie nastává již při dávkách 0,1-0,3 Gy. Od 3 Gy pak dochází k trvalé ztrátě. U mladších žen sterilitu v 60-70 % způsobí dávka 2,5-8 Gy, u starších žen pak ve 100 %.

### ***Poškození embrya či plodu***

Míra a závažnost poškození je závislá nejen na absorbované dávce v plodu, ale také na době uplynulé od oplodnění, v níž došlo k ozáření. Jestliže dojde k ozáření v prvních dvou týdnech gravidity, bohužel dojde ke smrti zárodku. Ozáření v období 3. – 8. týdne dávkou v plodu vyšší než 100 mGy může vyvolat malformace, vývojové abnormality či poruchy růstu. Ozáření v dalších týdnech těhotenství může být pak doprovázeno snížením IQ plodu či mentální retardací. Biologické účinky ozáření plodu mají charakter jak deterministických účinků, tak stochastických (Koranda a kol., 2014, s. 41-42).

Jelikož se v radiologii používají nízké dávky, deterministické účinky se prakticky nevyskytují (Hušák a kol., 2009, s.36-38).

## **2. Stochastické účinky**

Jedná se o účinky bezprahové, i malá dávka záření může způsobit pravděpodobnost jejich vzniku. Pravděpodobnost výskytu se zvyšuje s dávkou, nicméně jejich závažnost nikoli (Heřman a kol., 2014, s. 11). Jsou to účinky pozdní, projevy mohou nastat až po delší době – roky. Účinky opakovaných dávek jsou aditivní. Jednotlivé dávky obdržené v různém časovém období se

sčítají (Hušák a kol., 2009, s. 39). Do této skupiny patří vznik zhoubných nádorů, genetické změny.

Hlavním cílem radiační ochrany je předejít deterministickým účinkům a stochastické účinky zredukovat na co nejnižší úroveň (Heřman a kol., 2014, s. 11).

### 3. Výpočetní tomografie

Název odvozený z anglického slova computed tomography bývá často nepřesně překládán do češtiny jako počítačová tomografie (Heřman a kol., 2014, s. 21). Výpočetní tomografie (CT) byla objevena na konci sedmdesátých let 20. století. V radiologii hraje významnou roli. Využívá se také k terapeutickým výkonům. Prostřednictvím rtg. záření umožňuje zobrazení vnitřních orgánů člověka (Seidl a kol., 2012, s. 44).

„Jedná se o zobrazovací metodu s velmi dobrou rozlišovací schopností“ (Molková, 2019, s. 18). Z původně dvojrozměrného zobrazení umožňuje zobrazení trojrozměrné (Beneš a kol., 2015, s. 189). „Relativní rychlost vyšetření, dostupnost, hybridní přístroje, rozpoznání kalcifikací a velmi dobré zobrazení kostí patří mezi výhody CT. Velkou nevýhodou je vyšší radiační zátěž. CT vyšetření se řadí na první místo při akutních polytraumatech, vyšetření páteře, při čerstvém krvácení, abscesu v těle, dokonce i k detekci nádorových onemocnění, počítaje případná ložiska“ (Molková, 2019, s. 18-19).

#### 3.1 Princip metody výpočetní tomografie

CT je zobrazovací metoda, která využívá vlastnost rtg. záření rozdílně se absorbovat ve tkáních s odlišným složením (Vomáčka a kol., 2015, s. 42). Jedná se o tomografickou metodu. Základem vyšetření je několik sousedících skenů o požadované šířce. Většina CT přístrojů obsahuje jednu rentgenku a několik detektorů, uspořádaných vedle sebe. Tyto přístroje označujeme jako multidetektorové (MDCT) (Heřman a kol., 2014, s. 21). V současné praxi má velké množství CT přístrojů 2 rentgenky a buď 1 nebo 2 detektory složené z detektorových elementů. Záření je při průchodu skrz tělo pacienta zeslabeno a dopadá na detektory uložené v gantry přístroje. Detektory zeslabené záření detekují a převedou ho na elektrický signál, který je následně zpracován v počítači. Výsledkem jsou tzv. hrubá data (raw data), ta se pak používají k tvorbě rekonstrukcí (Vomáčka a kol., 2015, s. 42, 44). V průběhu snímání jedné vrstvy se soustava rentgenka – detektory otáčí okolo pacienta o 360°. Doba rotace se udává v sekundách.

Intenzita absorpce neboli denzita se dá matematicky vyjádřit pomocí Hounsfieldových jednotek (HU) (Vomáčka a kol., 2015, s. 42, 44). Hounsfieldova



stupnice denzit se pohybuje v rozmezí od – 1000 HU do + 3096 HU. Je definovaná dvěma konstantami. Hodnota – 1000 HU představuje denzitu vzduchu a 0 HU odpovídá denzitě destilované vody (Heřman a kol., 2014, s. 22). Na CT skenech jsou jednotlivé denzity zobrazovány stupnicí šedi. Jelikož lidské oko rozpozná jen 16 stupňů šedi, nelze využít celou stupnici, ale používá se jen její určitá část, tzv. okno (Vomáčka a kol., 2015, s. 42). Rozeznáváme např. okno měkkotkáňové, plicní a kostní. Každé okno je specifické a nelze použít jedno okno na dvě rozdílné struktury (např. K zobrazení plic se využívá plicní okno, které poskytuje velmi dobrou diagnostickou výtěžnost. K zobrazení skeletu je nutné použít okno kostní, plicní okno k zobrazování této modality není vhodné) (Heřman a kol., 2014, s. 22).

Nezbytnou součástí každého CT přístroje je vyšetřovací stůl s posuvným mechanismem, vyšetřovací tunel (gantry), v němž je uložena rentgenka a soustava detektorů rotujících kolem těla pacienta. Z rentgenky vychází vějířovitý svazek záření. Jeho šířka definuje šířku zobrazované vrstvy. Na pracovišti nesmí chybět tlakový injektor k aplikaci kontrastní látky, anesteziologický přístroj či EKG přístroj (Vomáčka a kol., 2015, s. 42).

### 3.2 Generace CT přístrojů

Vzhledem k nynější moderní době a vědeckému pokroku se CT přístroje neustále zdokonalují. Obecně lze CT přístroje rozdělit do 5 generací:

- 1. generace:** Základem přístrojů 1. generace byl tenký svazek rtg. záření vycházející z rentgenky a pouze jeden detektor.
- 2. generace:** Tato generace přístrojů využívala svazek rtg. záření vějířovitého tvaru, které dopadalo na soustavu detektorů uložených v kruhové výseči. Na rozdíl od přístrojů 1. generace, tato konstrukce urychlovala proveditelnost vyšetření.
- 3. generace:** V současné době se v praxi nejvíce využívají CT přístroje 3. generace. Rtg. svazek má tvar širšího vějíře podobně jako u 2. generace, ale počet detektorů je mnohonásobně vyšší. Detektory jsou navíc uloženy ve více řadách a uspořádány do kruhového oblouku. Během vyšetření je snímáno více řezů najednou, tzv. multi-slice, navíc se zkrátí čas vyšetření.
- 4. generace:** CT přístroje 4. generace jsou velmi nákladné, proto se v praxi běžně nevyžívají. Základem je opět zdroj záření a soustava detektorů, které

jsou uspořádány do kruhu. Rentgenka a detektory se nepohybují současně, jak je tomu u předchozích generací, ale zde se pohybuje pouze rentgenka.

**5. generace:** I poslední, 5. generace, je velmi nákladná a v praxi moc nevyužívaná. Patří sem např. Electron Beam CT pracující na jiném fyzikálním principu. Další odlišností je, že základem není rentgenka, ale elektronové dělo (Seidl a kol., 2012, s. 45-47).

### 3.3 Příprava pacienta a provedení vyšetření

Požadované vyšetření se neobejde bez podepsaného a vyplněného informovaného souhlasu. Jestliže se jedná o osobu mladší 18 let, informovaný souhlas podepíše jeho zákonný zástupce (Vomáčka a kol., 2015, s. 44).

Většina CT vyšetření si zásadně vyžaduje podání kontrastní látky (KL). Před podáním KL musí být pacient minimálně 4 hodiny nalačno, pití tekutin není nijak zvlášť omezeno. Lékař či radiologický asistent musí odebrat pacientovu alergologickou anamnézu, zeptat se na další závažná onemocnění, zjistit hodnotu kreatininu. U nemocných s polyvalentní alergií, alergií na jód, astmatem či renální insuficiencí, může dojít k nežádoucí alergické reakci. Pacient může pociťovat pocit na zvracení, pocit horka, erytém, tachykardii, které mohou vyústit do závažnějšího stádia (anafylaktický šok, kardiovaskulární selhání). Rizikovou skupinou jsou také děti do 15 let a dospělí starší 70 let. V takovýchto případech jsou pacienti premedikováni nebo je během vyšetření přítomný anesteziolog (Peterová, 2010, s. 90, 91). Přítomnost anesteziologa je vyžadována také v případě dětských pacientů, kteří jsou neklidní a nespolupracují. Taková vyšetření se provádějí v analgosedaci nebo celkové anestezii (Vomáčka a kol., 2015, s. 44).

KL může být aplikována těmito způsoby:

- intravenózní aplikace (i.v.)
- perorální podání - využívá se k vyšetření trávicího traktu, pacient popíjí naředěnou KL nebo baryovou suspenzi
- per rectum, naplnění střeva CO<sub>2</sub> plynem - např. CT virtuální kolonoskopie
- intratékální podání - např. u CT myelografie (Peterová, 2010, s. 90, 91).

Při každém vyšetření, kde se aplikuje KL, musí být po celou dobu vyšetření zajištěn nitrožilní přístup. Pacient se položí na vyšetřovací stůl. Poloha uložení závisí

na vyšetřované oblasti. Vyšetřované orgány musí být v ose, která jde kolmo na rovinu gantry. Jestliže vyšetřujeme hlavu a krk, pacient si lehne na záda hlavou směrem do gantry. Vyšetřovanou oblastí by se během vyšetření nemělo hýbat, proto je hlava zafixována v hlavovém nástavci. Pokud vyšetřujeme hrudník, břicho, lehne si na záda, nohama směrem do gantry, ruce natažené za hlavou. Radiologický asistent či sestra pacientovi zavede podle typu vyšetření plastickou kanylu o požadovaném průměru (16-20 G) a připojí ji k tlakovému injektoru (Vomáčka a kol., 2015, s. 44, 69). Jakmile je pacient řádně poučen, sundal veškeré kovové předměty, které by znehodnotily vyšetření, podepsal informovaný souhlas, má zavedenou kanylu a v případě potřeby je premedikován, může začít vlastní vyšetření. Vyšetření začíná topogramem (digitálním snímkem), při kterém se rentgenka ani detektory nepohybují. Během expozice projede pohyblivý stůl s pacientem dovnitř gantry. Na vzniklém topogramu se následně naplánuje rozsah vyšetřované oblasti (Heřman a kol., 2014, s. 23). Rozsah musí být zvolen tak, aby nadbytečně vyšetřované části u pacienta nezvyšovaly expoziční dávku (Vomáčka a kol., 2015, s. 44). Pak následuje samotné vyšetření konvenční, anebo spirální technikou (Heřman a kol., 2014, s. 23). Konvenční techniku lze nazvat jako sekvenční též krokovou. Snímané vrstvy jsou skenovány postupně. Jakmile skončí skenování jedné vrstvy, stůl s pacientem se mírně posune dle nastavené vzdálenosti, a začne se skenovat další vrstva. Mezi jednotlivými vrstvami jsou patrné mezery, proto u této techniky není vhodné používat 3D rekonstrukce, protože budou nekvalitní (Peterová, 2010, s. 90). Spirální též helikální technika je založena na kontinuální expozici. Pacient ležící na vyšetřovacím stole pomalu projíždí do gantry. Výsledkem jsou data celé vyšetřované oblasti, která na sebe navazují. Z těchto dat je pak počítač schopen zrekonstruovat obrazy jednotlivých vrstev. Spirální technika se používá častěji. Na rozdíl od konvenční techniky je rychlejší, tím snižuje riziko vzniku pohybových artefaktů u neklidných pacientů. Dále umožňuje zobrazit celý vyšetřovaný orgán během pouhého nádechu nebo i.v. aplikovat menší množství KL (Heřman a kol., 2014, s. 24).

## 4. Radiační ochrana při lékařském ozáření

Pojem lékařské ozáření (LO) definuje Atomový zákon, zákon č. 263/2016 Sb. Zákon upřesňuje, co lze považovat za LO a co nikoli. Původní definice formulovala LO jako ozařování pacientů za pomoci IZ v rámci jejich určitého lékařského vyšetření nebo za účelem léčby. Současná definice považuje za LO také ozáření osob, které dobrovolně doprovázejí pacienta a vypomáhají v případě potřeby. Ozáření potřebné k provedení prevence či pracovnílékařských služeb, dobrovolná účast při ověřování nových metod využívající IZ v rámci výzkumu je také považováno za LO (zákon č. 263/2016 Sb. §2).

Radiační ochranu lze ovlivnit správným nastavením technických parametrů. Dávka v těle při CT vyšetření závisí na těchto parametrech:

- Proud rentgenky (mA) - pokud se proud na rentgence zvýší na dvojnásobek původní hodnoty, dvojnásobně se zvýší i dávka. Platí tedy lineární závislost dávky na proudu.
- Doba rotace (s) – prodloužení doby rotace opět zvýší dávku.
- Součin proudu a expozičního času (mAs) – zvýší-li se dvakrát, dvakrát vzroste i dávka.
- Napětí na rentgence (kV) – zde se uplatňuje exponenciální závislost dávky na vzrůstajícím napětí.

Před nežádoucími účinky IZ je třeba chránit pacienty, ale i personál. Personál se řídí třemi základními způsoby radiační ochrany: ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Ochrana časem - obecně platí, že radiační zátěž pracovníka roste s časem. Pokud se pracovník pohybuje delší dobu v blízkosti zdroje IZ, zvyšuje se i dávka a naopak. Proto se pracovníkům doporučuje pobývat v blízkosti zdroje co nejkratší možnou dobu. Zdravotnický pracovník nesmí pobývat v blízkosti zdroje IZ v době, kdy to není bezvýhradně nutné. Ochrana vzdáleností - obecně platí, že s rostoucí vzdáleností od zdroje IZ klesá dávka s druhou mocninou. Zvětší-li se vzdálenost od zdroje IZ na dvojnásobek, dávka respektive dávkový příkon klesne na čtvrtinu své původní hodnoty. Toto pravidlo platí i naopak. Ochrana stíněním – ta se realizuje vložení vrstvy vhodného stínícího materiálu mezi zdroj záření a pracovníka, tím dojde k zeslabení rtg. svazku a tím i dávky (Hušák a kol., 2009, s. 64-66).

Pro radiační pracovníky byly vytvořeny tzv. limity ozáření, ty jsou obsaženy ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Ve vyhlášce jsou dále uvedeny i limity ozáření pro obyvatelstvo a studenty. Pro radiační pracovníky platí, „že pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 20 mSv za kalendářní rok nebo hodnota schválena Úřadem podle § 63 odstavce 4 atomového zákona, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok“. Limity jsou popsány i pro ozáření oční čočky, kdy ekvivalentní dávka může dosahovat maximálně 100 mSv za 5 let a zároveň 50 mSv v průběhu roku nebo pro kůži, kdy průměrná ekvivalentní dávka na 1 cm<sup>2</sup> kůže je 500 mSv za rok. Aby nedošlo k překročení limitů, musí být pravidelně kontrolovány. V případě, že u radiačního pracovníka dojde k překročení limitů, je dočasně vyloučen z práce. Zpět do zaměstnání se vrací na základě lékařského posouzení jeho zdravotní způsobilosti (Vyhláška č. 422/2016 Sb. § 4).

V rámci radiační ochrany je velmi důležitá také ochrana pacientů (Vomáčka a kol., 2015, s. 14). Radiační ochranu pacientů zahrnují 4 základní principy: v praxi nejdůležitější – princip zdůvodnění a princip optimalizace, princip limitování dávek, princip zabezpečení zdrojů (Súkupová, 2018, s. 23).

#### **4.1 Princip zdůvodnění**

Každé indikované vyšetření by mělo být dostatečně odůvodněno. Indikující lékař by měl před vystavením žádanky zvážit, zda je nutné použít IZ, anebo se dá získat stejná diagnostická informace pomocí jiné zobrazovací metody např. ultrazvuk, magnetická rezonance, kde se IZ neuplatňuje. Dále by si měl zjistit, zda pacient stejné či podobné vyšetření již v nedávné době neabsolvoval (Hušák a kol., 2009, s. 71-72). Přínos vyšetření musí vykompenzovat možná rizika, kterým je pacient vystaven nebo by mohl být (Súkupová, 2018, s. 23).

Věstník MZČR č.11/2018 uvádí, že kontraindikací není ani těhotenství. V nezbytně nutných případech jsou IZ vyšetřeny i těhotné ženy. Plod nesmí obdržet vyšší dávku než 100 mGy (Věstník MZČR č.11/2018, s. 511-512).

## 4.2 Princip optimalizace

Taktéž nazývaný jako princip ALARA. Název je odvozen z angličtiny „As Low As Reasonably Achievable“. Volný překlad znamená že, ozáření má být tak nízké jak je to rozumně možné. Dávka by měla být snížena jen do takové úrovně, aniž by ovlivnila diagnostickou informaci (Hušák a kol., 2009, s. 63). Cílem je, aby velikost individuálních dávek, pravděpodobnost ozáření a počet ozářených jednotlivců byly na co nejnižší úrovni. Nezbytnou součástí principu optimalizace jsou diagnostické referenční úrovně (DRÚ), které slouží k udržování efektivní dávky. Pokud dojde k čtenějším případům překračování DRÚ, vede to k nepřiměřenému zatížení pacienta. Taková situace si vyžaduje kontrolu daného pracoviště a vyšetřovacích postupů, které musí být okamžitě napraveny (Súkupová, 2018, s. 24-25).

## 4.3 Princip limitování

Pro ozáření pacientů neplatí dávkové limity. Jedná se totiž o LO, na které se podle Atomového zákona limity nevztahují. Limity ale platí pro radiační pracovníky. Dále se limity stanovují pro populaci, studenty a učně (Súkupová, 2018, s. 25).

## 4.4 Princip zabezpečení zdrojů

Podstatou tohoto principu je pravidelné kontrolování zdrojů IZ, testování stability a spolehlivosti přístroje (Súkupová, 2018, s. 25). Zdroje IZ musí být zajištěny tak, aby nad nimi nedocházelo k možným ztrátám kontroly (Hušák a kol., 2009, s. 64). Nezbytnou součástí principu zabezpečení jsou přijímací zkoušky, které musí být provedeny u každého rtg. přístroje ihned před zahájením klinického provozu na tomto zařízení. U těchto přístrojů je důležitá následná pravidelná kontrola, která se provádí pomocí zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti (Súkupová, 2018, s. 25).

Další informace o zabezpečení zdrojů obsahuje vyhláška č. 422/2016 Sb. O radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Klade důraz na zajišťování a dodržování radiační ochrany, popisuje způsob zabezpečení radionuklidového zdroje, které navíc rozděluje do tří kategorií zabezpečení. U významných zdrojů používaných v radiodiagnostice nařizuje pravidelné zkoušky dlouhodobé stability, a to v časovém intervalu minimálně jednou ročně. Při nedodržení časového intervalu, musí být přístroj odstaven. Jakmile se u něj provede

zkouška, může se vrátit do provozního stavu. Zkoušky dlouhodobé stability se také můžou provádět na základě podezření na nesprávnou funkci, kterou odhalí zkouška provozní stálosti, ta se provádí denně, týdně, měsíčně, ročně (Vyhláška č. 422/2016 Sb.).

## 5. Základní dozimetrické veličiny

Důležitou součástí dozimetrie je měření a určování dávek. Měření napomáhá kontrolovat kvalitu zobrazování, dávku záření a také hodnotí účinky záření na lidský organismus. Tuto práci v každém zdravotnickém zařízení provádí pověřený radiologický fyzik.

Ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. jsou zmíněny základní veličiny sloužící k fyzikálním výpočtům (Súkupová, 2018, s. 151, 211). K vyjádření radiační zátěže se využívají tyto základní veličiny:

- Absorbovaná dávka
- Ekvivalentní dávka
- Efektivní dávka
- Kerma

### 5.1 Absorbovaná dávka

Absorbovaná dávka je chápána jako podíl střední sdělené energie, předané IZ velmi malému objemu látky a hmotnosti tohoto objemu. Obecně se dá říct, že je to energie záření, která je absorbovaná v jednotce hmotnosti dané ozářené látky v určitém bodě. Označuje se písmenem  $D$  a jednotkou je gray (Gy). Jedná se o dobře měřitelnou fyzikální veličinu. Jak říká definice, dávka je definovaná v daném bodě, jestliže byla energie předaná látce v různých místech, jednotlivé dávky nelze sčítat (Hušák a kol., 2009, s. 16).

$$D = \frac{\epsilon}{m} \quad 1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$$

### 5.2 Ekvivalentní dávka

Ekvivalentní dávka se zkratkou  $H_T$  je součin radiačního váhového faktoru ( $w_R$ ) a střední absorbované dávky ( $D_{TR}$ ) v orgánu nebo ve tkáni (T) způsobené IZ druhu R. Radiační váhový faktor závisí na druhu záření (např. alfa, beta, gama). Jednotkou je sievert (Sv). Jde o neměřitelnou veličinu (Hušák a kol., 2009, s. 17-18).

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



### 5.3 Efektivní dávka

Tato veličina se označuje písmenem  $E$  a vyjadřuje součet součinů tkáňových váhových faktorů ( $W_T$ ) a ekvivalentních dávek ( $H_T$ ) v ozařovaných tkáních a orgánech ( $T$ ).  $W_T$  závisí na daném orgánu nebo tkáni. Jednotkou je sievert (Sv). Efektivní dávka se hodí k pozorování radiační zátěže z různých vyšetření. Naopak není vhodná k porovnávání radiační zátěže jednotlivých pacientů mezi sebou nebo k individuálnímu porovnávání. Prostřednictvím efektivní dávky lze posoudit radiační riziko. Stejně tak jako ekvivalentní dávka, patří i efektivní dávka k neměřitelným veličinám (Hušák a kol., 2009, s. 20-22).

$$E = \sum W_T H_T$$

### 5.4 Kerma

Kerma je dozimetrická veličina používaná v souvislosti s nepřímo IZ (neutrony, gama a rtg. záření). Nepřímo IZ působí na částice vznikající v látce, tudíž lze kerma definovat jako množství předané energie nabitým částicím. Jednotkou je Gy (Súkupová, 2018, s. 151). Kerma se nesmí zaměnit s absorbovanou dávkou, i když se jedná o příbuznou veličinu. Ve srovnání s absorbovanou dávkou, kerma v daném objektu zohledňuje pouze primární záření. Proto je nutné objekt specifikovat (např. zda se jedná o vzduch, tkáň) (Hušák a kol., 2009, s. 17).

### 5.5 Diagnostické referenční úrovně

Diagnostické referenční úrovně (DRÚ) představují velikost dávky, která je použita při diagnostických vyšetřeních využívajících IZ. V nukleární medicíně hovoříme o velikosti aplikované aktivity. V běžné praxi při vyšetření dospělého pacienta o hmotnosti 70 kg za použití standardních postupů, se neočekává překročení těchto úrovní. Při pravidelném a dlouhodobém překračování DRÚ v klinické praxi, je nutné, aby dané zdravotnické zařízení překontrolovalo podmínky LO a v případě potřeby provedlo optimalizaci radiační ochrany (Súkupová, 2018, s. 218). DRÚ slouží jako vodítko pro optimalizaci, čímž udržují radiační zátěž pacientů na přijatelné úrovni. Ovšem hmotnost 70 kg nezajišťuje všem stejnou radiační zátěž, proto se v zásadě neprovádí porovnávání mezi jednotlivými pacienty.

Aby vznikl kvalitní obraz, u obéznějších pacientů je za potřebí vyššího proudu a napětí, tím získáme pronikavější svazek záření, ale vyšší dávku. Naopak k vyšetření dětí nebo hubenějších pacientů, se používá nižší proud a napětí, tím pádem obdrží i nižší dávku.

Tyto vyšetřovací úrovně se dají použít pro měřitelné veličiny jako např.  $K_i$  (dopadající kerma),  $K_e$  (vstupní povrchová kerma), KAP (součin kermy a plochy), ale nesmí se považovat či zaměňovat s limity (Věstník MZČR 2015, částka 6, s. 11).

DRÚ se dělí na místní diagnostické referenční úrovně (MDRÚ) a národní diagnostické referenční úrovně (NDRÚ). NDRÚ pro daná vyšetření jsou sepsány v příloze č. 22, vyhlášky č. 422/2016 Sb.

Tabulka č. 1: NDRÚ pro výpočetní tomografii

Typ vyšetření	$C_{vol}$ (mGy)	PKL (mGy·cm)
Hlava	65	1100
Krk	21	500
Hrudník	15	500
Páteř	32	550
Břicho	19	750
Pánev	25	860

\*  $C_{vol}$  = objemový kermový index, PKL = součin kermy a délky

Zdroj: Příloha č. 22, vyhlášky č. 422/2016 Sb.

### 5.5.1 Místní diagnostické referenční úrovně a jejich stanovení

Jak uvádí Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky (ČR) 2015, částka 6, MDRÚ jsou pro jednotlivá vyšetření označena jedním číslem, to pak reprezentuje poskytovatele zdravotních služeb. Věstník MZČR 2015, částka 6 popisuje celý proces stanovení a hodnocení dávek pacientů pomocí MDRÚ (Věstník MZČR 2015, částka 6, s. 9). Podle vyhlášky č. 55/2011 Sb. je tento proces v plné kompetenci radiologického fyzika. Jeho pracovní náplň zahrnuje především kontrolu pracovních postupů, jejich případnou korekci vzhledem k optimální radiční zátěži pacientů. Dále provádí fyzikální měření a následné vyhodnocování dávek LO (Vyhláška č. 55/2011 Sb. §26).

MDRÚ se stanovují jako průměrná hodnota ze středních dávek získaných z jednotlivých přístrojů. Pro stanovení MDRÚ je zapotřebí dodržet několik základních kroků. Prvním krokem je výběr vyšetření. Daný druh vyšetření vybírá poskytovatel

zdravotních služeb, jehož povinností není zajistit měření pro všechna vyšetření. Upřednostňují se vyšetření, která se na daném pracovišti provádějí běžně, anebo jsou pro dané pracoviště typická. Dále vyšetření, kde pacient obdrží vyšší radiační zátěž nebo jsou prováděna odlišnou technikou a vybavením, než je tomu v ostatních zdravotnických zařízeních. Přednostně se také vybírají vyšetření, pro které jsou stanoveny NDRÚ. Aby bylo měření objektivní, k výpočtům se používá skupina standardních pacientů. Ve skupině musí být zastoupeni muži i ženy, v ideálním počtu 10 a více osob. Dalším kritériem je hmotnost skupiny. Jednotliví pacienti musí vážit v rozmezí od 50 kg do 90 kg. Průměrná hmotnost skupiny by se měla rovnat 70 kg ( $\pm 5$  kg).

Ze středních dávek typických pro dané vyšetření se vypočítá průměrná hodnota. Střední dávky se vymezují v přímo měřitelných veličinách. U CT se doporučuje stanovit DRÚ ve dvou veličinách:

- 1) součin kermu a délky
- 2) objemový kermový index

Tabulka č. 2: Přehled veličin doporučených pro stanovení DRÚ pro CT

Zobrazovací modalita	Veličina vhodná pro vyjádření DRÚ	Symbol (jednotka)	Doporučený způsob stanovení
Výpočetní tomografie (CT)	součin kermu a délky	PKL,CT (mGy.cm)	indikace rentgenového zařízení (indikováno jako DLP)
	objemový kermový index	C <sub>VOL</sub> (mGy)	indikace rentgenového zařízení

Zdroj: Věstník MZČR 2015, částka 6, s. 11

Pokud se dané vyšetření na některém přístroji neprovádí nebo provádí jen zřídka, jeho střední dávka se ke stanovení MDRÚ nepoužije. Získaná průměrná hodnota se zaokrouhlí nahoru a je vyjádřena pomocí dvou čísel. Tato hodnota reprezentuje MDRÚ pro daný výkon příslušných zdravotnických zařízení a na závěr se porovná s NDRÚ. MDRÚ mohou sloužit k porovnávání zátěže daného typu vyšetření mezi různými zdravotnickými zařízeními. NDRÚ nejsou stanoveny pro všechna vyšetření. Pokud se ukáže, že je hodnota MDRÚ vyšší než NDRÚ, musí se provést optimalizace. Každý poskytovatel zdravotních služeb má povinnost provádět pravidelnou kontrolu a případnou optimalizaci těchto hodnot. Revize MDRÚ se provádí jednou ročně. V případě, že nedošlo k výměně přístroje nebo jeho vybavení,

nemusí se provádět dávková studie, jelikož střední dávka z daného přístroje se nemění. Avšak dávková studie se musí provést minimálně jednou za 3 roky u každého přístroje. Z každé provedené revize je zhotoven záznam (Věstník MZČR 2015, částka 6, s. 9-12).

Všichni poskytovatelé zdravotních služeb musí znát národní radiologické standardy (NRS), jejich přesnou definici uvádí zákon č. 373/2011 Sb. O specifických zdravotních službách. Platné standardy vydává ministerstvo zdravotnictví ČR v podobě Věstníku MZČR. Minimálně jednou za 5 let se obnovují (Zákon č. 373/2011 Sb. § 70). Z příslušných materiálů pak musí poskytovatelé zdravotních služeb vypracovat místní radiologické standardy (MRS), jejich součástí jsou hodnoty MDRÚ (Věstník MZČR 2016, částka 10, s. 35). MRS se zavádějí z pravidla kvůli sjednocení pracovních postupů na jednotlivých pracovištích používajících IZ, čímž se v každém zdravotnickém zařízení zajistí i podobná radiační zátěž pacientů (Súkupová, 2018, s. 219).

## 5.6 Parametry DLP a $CTDI_{vol}$

Hodnota DLP je na CT skenech označena jako součin kerry a délky, hodnota  $CTDI_{vol}$  pak jako objemový kermový index výpočetní tomografie. Hodnota  $CTDI_{vol}$  se stanovuje pomocí cylindrického polymetylmakrylátového fantomu. Jeho průměr je 32 cm a charakterizuje tělo dospělého pacienta, průměr 16 cm představuje hlavu dospělého pacienta a tělo dětského pacienta. Zřídka se používá fantom o průměru 10 cm, který představuje hlavu dětského pacienta. Ačkoli se průměry jednotlivých fantomů liší, jejich princip zůstává stejný. V některých případech bývá pro výpočet použit fantom špatné velikosti, tudíž naměřené hodnoty nemusí odpovídat. Veličina  $CTDI_{vol}$  vyjadřuje jak moc nebo jak intenzivně bude daný fantom skenovaný a představuje dávku, kterou by pacient obdržel, kdyby měl stejnou referenční velikost jako použitý fantom. Pokud bychom použili u všech CT přístrojů fantom stejné velikosti, pak bude  $CTDI_{vol}$  udávat, jak velký bude dávkový výstup z rentgenky pro daný fantom a použitý vyšetřovací protokol. Jestliže bychom ozářili malého a velkého pacienta stejným množstvím záření, u pacientů se dávka v jednotlivých orgánech bude lišit. Na starších CT skenech může být parametr  $CTDI_{vol}$  nahrazen parametrem  $CTDI_w$ , váženým kermovým indexem. Hodnoty  $CTDI_{vol}$  i DLP se zobrazí ihned po provedení vyšetření přímo na konzole každého CT přístroje. I když se tyto parametry

používají a doporučují ke stanovení dávek pacientů, bez další korekce nejsou vhodné ke stanovení dávek pacientů, protože nezohledňují velikost pacienta. Velikost pacienta je především důležitá u dětských pacientů a u pacientů menšího věku. Fantomy mají obvykle kruhový průřez, a tudíž neodpovídají skutečným pacientům, jelikož jejich průřez je oválný. Proto se zavedl tzv. efektivní průměr pacienta. Pro jeho výpočet je ale nutné znát boční průměr pacienta anebo předozadní.

Aby bylo možné vypočítat parametr  $CTDI_{vol}$ , nejdříve se musí vypočítat parametr  $CTDI_w$ , který se stanoví výpočtem ze změřených hodnot ve středu fantomu ( $CTDI_{100,c}$ ) a na periférii fantomu ( $CTDI_{100,p}$ ). Obě tyto hodnoty jsou změřeny tužkovou ionizační komorou o délce 100 mm. Hodnota  $CTDI_w$  se vypočítá pomocí následujícího vztahu:  $CTDI_w = 1/3 CTDI_{100,c} + 2/3 CTDI_{100,p}$ . Po vypočtení se daná hodnota dosadí do vzorce:  $CTDI_{vol} = CTDI_w / pitch$ . Pitch je zkratka pro pitch faktor, který je definován jako poměr rychlosti posunu CT stolu za 1 rotaci rentgenky o  $360^\circ$  a šířky vrstvy (Súkupová, 2015, s. 194-195).

## **6. Metodika výzkumu radiační zátěže pacientů vyšetřovaných pomocí CT ve Fakultní nemocnici v Olomouci**

Tato kapitola se zabývá popisem jednotlivých fází výzkumu.

### **6.1 Výzkumné cíle a hypotézy**

Na základě stanovených cílů byly zformulovány následující hypotézy s cílem je potvrdit či vyvrátit.

**Cíl č. 1:** Porovnat MDRÚ ve FNOL pro vyšetření hlavy s NDRÚ.

**Hypotézy k cíli č. 1:**

**H1<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami MDRÚ pro CT vyšetření hlavy naměřených ve FNOL a hodnotou NDRÚ pro CT vyšetření hlavy není signifikantní rozdíl.

**H1<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami MDRÚ pro CT vyšetření hlavy naměřených ve FNOL a hodnotou NDRÚ pro CT vyšetření hlavy je signifikantní rozdíl.

**Cíl č. 2:** Zhodnotit MDRÚ pro CT vyšetření hlavy ve FNOL.

**Hypotézy k cíli č. 2:**

**H2<sub>0</sub>:** Mezi dávkou při jednorázovém vyšetření ve FNOL a stanovenou normou není signifikantní rozdíl.

**H2<sub>A</sub>:** Mezi dávkou při jednorázovém vyšetření ve FNOL a stanovenou normou je signifikantní rozdíl.

**Cíl č. 3:** Zjistit zda je mezi angiografickým vyšetřením mozkových tepen a nativním vyšetřením mozku signifikantní rozdíl.

**Hypotézy k cíli č. 3:**

**H3<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u angiografie mozkových tepen a u nativního vyšetření mozku není signifikantní rozdíl.

**H3<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u angiografie mozkových tepen a u nativního vyšetření mozku je signifikantní rozdíl.

**Cíl č. 4:** Zjistit, zda hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP u angiografie mozkových tepen jsou odlišné vzhledem k pohlaví.

**Hypotézy k cíli č. 4:**

**H4<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při angiografii mozkových tepen není signifikantní rozdíl.

**H4<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při angiografii mozkových tepen je signifikantní rozdíl.

**Cíl č. 5:** Zjistit, zda hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP u nativního vyšetření mozku jsou odlišné vzhledem k pohlaví.

**Hypotézy k cíli č. 5:**

**H5<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při nativním vyšetření mozku není signifikantní rozdíl.

**H5<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při nativním vyšetření mozku je signifikantní rozdíl.

**Cíl č. 6:** Zjistit, zda hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP u polytraumatu jsou odlišné vzhledem k pohlaví.

**Hypotézy k cíli č. 6:**

**H6<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při vyšetření polytraumatu není signifikantní rozdíl.

**H6<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při vyšetření polytraumatu je signifikantní rozdíl.

## **6.2 Charakteristika souboru**

Do výzkumného souboru byli zařazeni pacienti obou pohlaví starší 18 let. Jedná se o pacienty, kteří byli vyšetřeni ve FNOL za poslední 3 roky (rok 2017-2019) a podstoupili CT vyšetření hlavy, a to CT vyšetření mozku nativně, CT angiografii mozkových tepen a polytraumata. Celkový rozsah výběrového souboru je 900 probandů. V každém roce bylo náhodným výběrem vygenerováno 100 pacientů z jednotlivých typů vyšetření.

### **6.3 Metoda sběru dat**

Potřebná data z CT přístrojů značky GE LightSpeed VCT 64 z radiologického oddělení FNOL byla vyselektována ze základního souboru. Základní soubor představuje množinu všech vyšetřených pacientů za požadované období (Reiterová, 2016, s. 16). Požadovaný soubor se zaslepenými daty byl zajištěn ze strany radiologické fyzičky pracující ve FNOL, paní Ing. Lenky Jonášové. Z důvodu zachování anonymity byli pacienti vedeni pod čísly. Z každého typu vyšetření a za příslušné časové období bylo k realizaci výzkumu zapotřebí vybrat ze základního souboru 100 pacientů, tudíž bylo nezbytně nutné pracovat s tzv. výběrovým souborem. Výběrový soubor charakterizuje reprezentativní část základního souboru (Reiterová, 2016, s. 16). Pracovat s celým základním souborem nebylo z časových důvodů možné. Zvolenou metodou sběru dat byl prostý náhodný výběr. K vygenerování náhodných čísel byl použit program Microsoft Excel, přesněji funkce Randbetween. Pro výpočet náhodných čísel byla potřeba v programu Microsoft Excel označit požadovaný počet buněk, v tomto případě 100. Pro každé vyšetření a rok byla generována nová náhodná čísla. Dále se do závorky musel zadat příslušný interval čísel (dolní a horní hranice). Dolní hranice znamená nejnižší číslo, které může být použito. Nejnižším zvoleným číslem bylo číslo 1. Horní hranice představuje nejvyšší možné číslo, respektive celkový počet jednotlivých vyšetření v daném roce. Po obdržení náhodných čísel byli pacienti zapsáni do tabulky, opět v programu Microsoft Excel.

Metoda prostého náhodného výběru zajišťuje to, že každý prvek ze základního souboru má stejnou pravděpodobnost dostat se do výběrového souboru. Použitím této metody je zajištěna i reprezentativnost. Jedinou možnou nevýhodou této metody je, že jednotliví pacienti mohou, ale nemusí, být do studie vybráni opakovaně. V takovém případě bylo zahájeno nové losování náhodných čísel.

### **6.4 Realizace výzkumu**

Tato diplomová práce vychází z kvantitativního výzkumu, který byl prováděn na Radiologické klinice ve FNOL za použití retrospektivní deskriptivní studie. Před samotnou realizací výzkumu bylo zapotřebí získat souhlasné stanovisko Etické komise Fakulty zdravotnických věd, Univerzity Palackého v Olomouci (EK FZV), dále pak žádost o poskytnutí informací pro studijní účely/sběr dat ve FNOL. Žádost



obsahovala identifikační údaje žadatele, přesnou specifikaci údajů, které bude žadatel ve zdravotnické dokumentaci vyhledávat a termín. Povolení o nahlížení do zdravotnické dokumentace bylo schváleno pro časové období od 1. 9. 2020 do 31. 12. 2020. Po získání souhlasu od EK FZV a schválení žádosti byly splněny všechny etické aspekty a byla možná realizace výzkumné části.

Aby mohli být pacienti zařazeni do studie, museli splňovat předem stanovená kritéria. Nejdůležitějším kritériem byla indikace k CT vyšetření hlavy. Dalším kritériem byl podepsaný informovaný souhlas k požadovanému vyšetření, věk pacienta minimálně 18 let. Další podmínkou bylo časové období, vybráni byli pouze ti pacienti, kteří byli vyšetřeni během posledních 3 let. Někteří pacienti ovšem stanovené podmínky nesplňovali, tudíž nemohli být do studie zařazeni.

Následoval sběr potřebných dat. U jednotlivých respondentů byly sledovány následující proměnné:

- Pohlaví
- Věk
- Rok vyšetření
- Hmotnost v kg
- Hodnoty DLP (mGy.cm) a CTDI<sub>vol</sub> (mGy).

Informace byly zaznamenávány do tabulky v programu Microsoft Excel.

Jednotliví pacienti byli rozděleni podle vyšetřovaného období (rok 2017-2019), pro každý typ vyšetření a rok byla vytvořena samostatná tabulka. Byly sledovány 3 typy vyšetření, CT mozku nativně, CTA mozkových tepen a polytraumata. Nativní vyšetření mozku je časově velmi rychlé vyšetření, provádí se bez podání KL. Tento vyšetřovací protokol je velmi vhodný k detekci krvácení, tudíž mezi hlavní indikace k nativnímu vyšetření mozku patří cévní mozková příhoda, traumata, úrazy hlavy, krvácení nebo např. epilepsie. Naopak u CTA mozkových tepen se pacientovi aplikuje KL i.v.. Po podání KL se pak lépe vykreslí hlavní kmeny tepen Willisova okruhu zásobující mozek (Vomáčka a kol., 2015, s. 117-118). U polytraumat a angiografií mozkových tepen se vyšetření skládá z několika částí. U angiografií mozkových tepen se nejdříve provádí nativní vyšetření mozku, případně CT přehledové části hrudníku, bolus tracking (axiální řezy) a jako poslední až angiografie s KL. V dostupných datech byly obsaženy všechny části vyšetření, bylo potřeba vybrat pouze hodnoty týkající se angiografie. Obdobně tomu bylo i u polytraumat.

U jednotlivých pacientů se drobně lišil rozsah vyšetření. Minoritně se objevovaly i rozsahy, jako např. hlava + krk + ramena. Tento rozsah je ale vhodnější pro popis kraniotraumat. Pro potřeby výzkumného šetření bylo vhodnější použít rozsah od krku po kyčelní kosti. Aby byla zachována anonymita pacientů, respondenti byli označeni pomocí čísel 1-100, muži pod zkratkou M, ženy Ž. V dalších sloupcích tabulky je zaznamenán věk a hmotnost osob v kg. U některých pacientů záznam o hmotnosti chyběl, tito pacienti do studie zařazeni nebyli. V posledních sloupcích jsou uvedeny hodnoty  $CTDI_{vol}$  (mGy) a DLP (mGy.cm). Veškeré tyto informace byly získány z materiálu p. Ing. Jonášové. Aby byly naplněny stanovené cíle, bylo potřeba získat hodnoty MDRÚ, které si stanovuje každé zdravotnické zařízení a NDRÚ, které jsou uvedeny v příloze č. 22 vyhlášky č. 422/2016 Sb. Na závěr bylo provedeno srovnání naměřené hodnoty DLP a  $CTDI_{vol}$  s MDRÚ a s NDRÚ. Pokud hodnota odpovídala stanovené normě MDRÚ i NDRÚ, byla označena jako vyhovující, pokud neodpovídala, byla označena jako nevyhovující.

Jelikož jsou DRÚ stanoveny pouze pro průměrnou hmotnost pacienta (70 kg  $\pm$  5 kg) a neexistují další odborné studie, které by zohledňovaly např. pohlaví, v této diplomové práci jsou zmíněny i hypotézy, které předpokládají, že by v hodnotách  $CTDI_{vol}$  a DLP mohl být patřičný rozdíl v závislosti na pohlaví. Proto byla v programu Microsoft Excel vytvořena nová tabulka, která rozdělovala výzkumný soubor podle pohlaví. Dále se zjišťovalo, jak moc statisticky významný bude rozdíl mezi nativním vyšetřením mozku a CTA mozkových tepen.

Jelikož se pracovalo s již připravenými daty, bylo vhodné si sběr dat vyzkoušet a zjistit, jak celý proces sběru probíhá. K práci byl nutný pouze počítač s přístupem do obrazového, archivačního a komunikačního systému, PACSu. Ukázka sběru dat probíhala na oddělení radiologické kliniky ve FNOL ve schváleném období od 1. 9. 2020 do 31. 12. 2020. Aby byla možná práce s PACSem a šlo v něm vyhledávat, do systému se musela přihlásit oprávněná osoba radiologického oddělení. Pak následovalo zaškolení a vysvětlení práce v systému. V hlavičce systému byla tabulka, kde se zadal název požadovaného vyšetření a časové období. Systém pak vygeneroval pouze zadaná vyšetření za určité časové období. Z vygenerovaných dat by se pak metodou prostého náhodného výběru vybral potřebný vzorek pacientů. Vybraní pacienti by se zapsali do tabulky v programu Microsoft Excel a postupovalo

by se stejně jako u předem získaných dat. V systému PACS jsou uvedeny všechny sledované proměnné.

## 6.5 Metody zpracování dat

Ke zpracování získaných dat byly použity jak parametrické, tak neparametrické statistické testy. Parametrické statistické testy ověřují významnost rozdílů mezi statistickými parametry. Při použití parametrických testů je nutné dodržet 3 základní podmínky pro testování. Musí platit, že zkoumaný znak má normální rozložení četností, musí se jednat o metrická data (čili naměřené hodnoty) a soubor dat musí mít dostatečnou velikost. První druh parametrického testu, byl Fisherův F-test. Jedná se o test významnosti, který porovnává rozptyly a určuje jaký je mezi dvěma rozptyly statisticky významný (signifikantní) rozdíl. Dalším použitým druhem parametrických testů byly Studentovy t-testy, které porovnávají průměry. Přesněji byl použit Studentův t-test pro rozdíl výběrových průměrů dvou nezávislých výběrů. Tento test se ještě dále dělí na test s rovností nebo s nerovností rozptylů. Proto bylo potřeba před zahájením Studentova t-testu provést dvouvýběrový Fisherův F-test. F-testem se prokázala rovnost či nerovnost rozptylů. V tomto případě se prokázal F-test s nerovností rozptylu, tudíž byl následně použit dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů (Reiterová, 2016, s. 45-56). Tento druh testu byl aplikován při srovnávání CT nativního vyšetření mozku s CTA mozkových tepen a při srovnávání hodnot DLP a  $CTDI_{vol}$  v závislosti na pohlaví. Jiný typ úlohy, který se také řeší za pomoci Studentova t-testu, je srovnávání s normou neboli referenční konstantou. Referenční konstanta představuje číslo, které obecně platí pro celou populaci. Jedná se o Studentův t-test rozdílu výběrového průměru a známého průměru (Reiterová, 2016, s. 49-50). Tento druh testu byl aplikován při srovnávání CT nativního vyšetření mozku, CTA mozkových tepen a polytraumat s MDRÚ stanovenou FNOL. U polytraumat byl tento druh testu použit pouze pro rok 2019, protože pro rok 2017 a 2018 FNOL MDRÚ pro polytraumata nestanovila.

Jestliže nejsou splněny základní podmínky pro testování, musí se zvolit alternativa parametrických testů, tedy testy neparametrické. Tyto testy bylo nutné použít ke zjištění signifikantního rozdílu mezi pohlavími u CT vyšetření polytraumat, vzhledem k malému vzorku žen. K testování byl použit Mann-Whitneyův U-test, jedná

se o jeden z nejsilnějších neparametrických testů a je ekvivalentní k dvouvýběrovému Studentovu t-testu (Reiterová, 2016, s. 70, 73).

Další metoda zpracování dat proběhla za pomoci popisných statistických metod. Aritmetický průměr byl vypočítán u položek věk, hmotnost, hodnota DLP a CTDI<sub>vol</sub> pro každou skupinu respondentů. Použitým statistickým softwarem při zpracování výsledků byl program Statistika a Microsoft Excel.

## 7. Výsledky

Tato část práce se zaměřuje na výsledky měření a ověřování předem stanovených hypotéz.

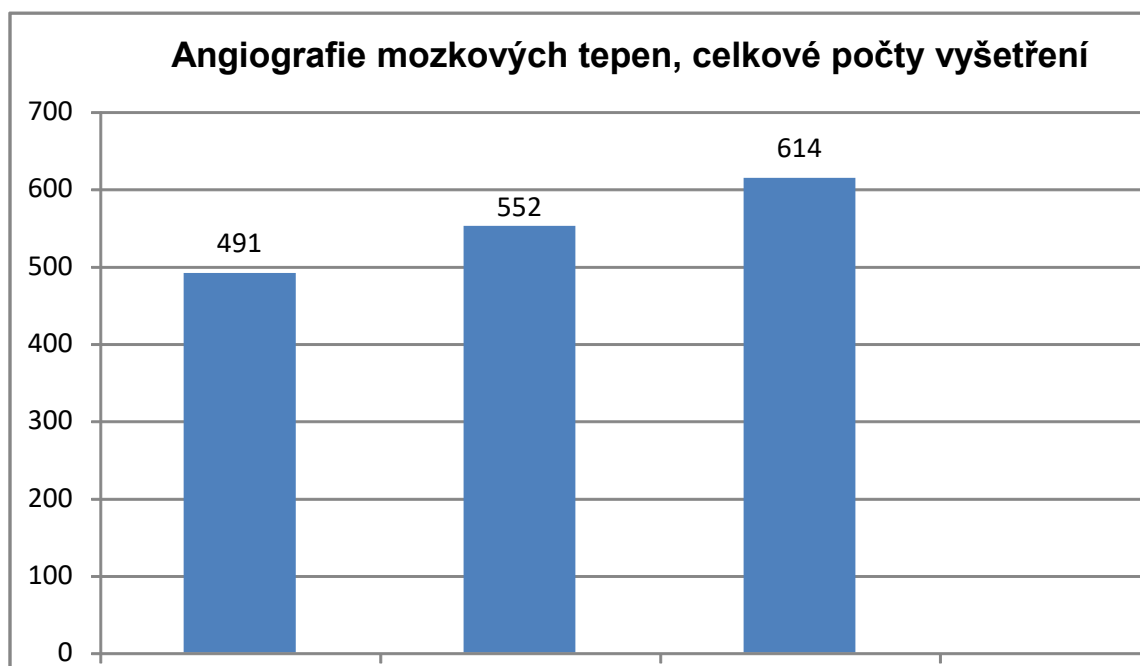
V následujících grafech jsou uvedeny celkové počty pacientů vyšetřených v požadovaném časovém období dle jednotlivých typů vyšetření. Z grafu je zřejmé, že v roce 2017 podstoupilo nativní CT vyšetření mozku 5236 pacientů, v roce 2018 jich bylo 5257 a v roce 2019, 5703. Z grafu jednoznačně vyplývá, že se v roce 2019 provedlo nejvíce nativních vyšetření mozku. Je to pravděpodobně dáno tím, že se v dnešní době jedná o rutinní a velmi rychlé vyšetření.



Obrázek č. 1: Celkový počet nativních vyšetření mozku

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

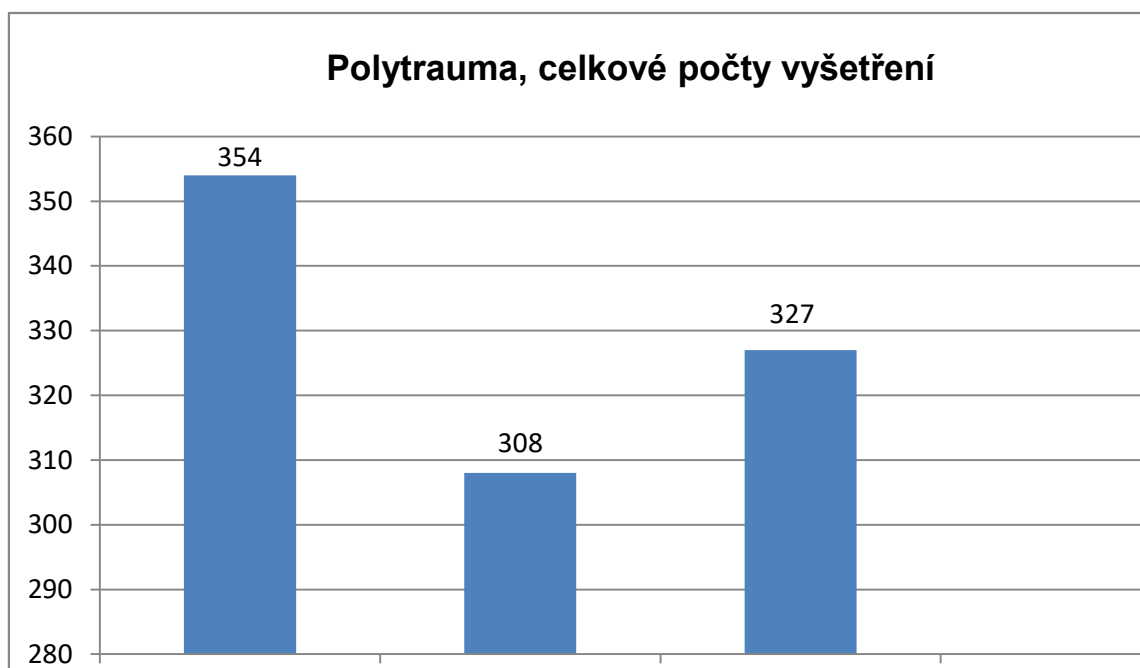
Celkový počet pacientů, kteří v roce 2017 podstoupili CTA mozkových tepen bylo 491, v roce 2018, 552 a 614 v roce 2019. Nejvíce pacientů bylo opět vyšetřeno v roce 2019.



Obrázek č. 2: Celkový počet angiografických vyšetření mozku

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

Celkový počet polytraumat za rok 2017 byl 354, v roce 2018, 308 a v roce 2019, 327. U polytraumat bylo nejvíce pacientů vyšetřeno v roce 2017. I když počet nemocných z roku 2019 se téměř blíží nejvyššímu intervalu.



Obrázek č. 3: Celkový počet vyšetřených polytraumat

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

V následujících tabulkách je přehledně uveden průměrný věk vyšetřovaných pacientů.

Tabulka č. 3: Průměrný věk pacientů u nativního vyšetření mozku

<b>Rok vyšetření</b>	<b>Průměrný věk</b>
2017	62,15 let
2018	59,40 let
2019	65,23 let

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Nejmladší pacient, který v roce 2017 podstoupil nativní CT vyšetření mozku, měl 21 let, nejstarší pak 91 let. V letech 2018 a 2019 měli nejmladší pacienti 18 let, ti nejstarší pak 93 a 96 let.

Tabulka č. 4: Průměrný věk pacientů u angiografie mozkových tepen

<b>Rok vyšetření</b>	<b>Průměrný věk</b>
2017	68,38 let
2018	64,74 let
2019	65,03 let

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Nejmladší pacient vyšetřený angiografií mozkových tepen měl 19 let, toto tvrzení platilo pro všechny 3 roky. Naopak nejstarší pacient roku 2017 měl 95 let a v letech 2018 a 2019, 94 let.

Tabulka č. 5: Průměrný věk pacientů u polytraumatu

<b>Rok vyšetření</b>	<b>Průměrný věk</b>
2017	47,96 let
2018	49,02 let
2019	51,86 let

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Nejnižší věk pacientů u polytraumatu byl v letech 2017-2019, 18 let. Nejstarší pacient z roku 2017 měl 92 let, v roce 2018, 90 let a v roce 2019, 96 let.

Dále byla zjišťována hmotnost vyšetřovaných pacientů. Výsledky průměrné hmotnosti jsou pro jednotlivé skupiny pacientů zaznamenány v uvedených tabulkách.

Tabulka č. 6: Průměrná hmotnost pacientů u nativního vyšetření mozku

Rok vyšetření	Průměrná hmotnost (kg)
2017	77,70 kg
2018	80,34 kg
2019	79,93 kg

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 7: Průměrná hmotnost pacientů u angiografie mozkových tepen

Rok vyšetření	Průměrná hmotnost (kg)
2017	77,46 kg
2018	80,88 kg
2019	80,44 kg

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 8: Průměrná hmotnost pacientů u polytraumatu

Rok vyšetření	Průměrná hmotnost (kg)
2017	84,21 kg
2018	91,32 kg
2019	91,79 kg

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Hmotnost pacientů patří mezi jedno ze základních kritérií při stanovování MDRÚ. Jednotliví pacienti by měli vážit 50-90 kg. Průměrná hmotnost by se pak měla rovnat 70 kg, povolená tolerance je 5 kg. Z výsledků lze jednoznačně určit, že žádná skupina pacientů toto tvrzení nespĺňuje. Výsledky jsou nejspíše ovlivněny vyššími hodnotami hmotností jednotlivých respondentů. Nativní vyšetření mozku dokonce podstoupil pacient s tělesnou hmotností 150 kg. U CTA mozkových tepen vážil nejobéznější pacient 134 kg a 135 kg. U vyšetření polytraumatu dosahovala nejvyšší hmotnost hodnoty 140 kg a 150 kg. Ve výběrovém vzorku se ale objevovali i pacienti s hmotností nižší než 50 kg.

## 7.1 Ověření hypotézy č. 1

- **H1<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami MDRÚ pro CT vyšetření hlavy naměřených ve FNOL a hodnotou NDRÚ pro CT vyšetření hlavy není signifikantní rozdíl.
- **H1<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami MDRÚ pro CT vyšetření hlavy naměřených ve FNOL a hodnotou NDRÚ pro CT vyšetření hlavy je signifikantní rozdíl.



FNOL si stanovila MDRÚ, které jsou součástí MRS, pro CT vyšetření mozku nativně, CTA mozkových tepen a polytrauma v letech 2015, 2017 a 2019 (viz tabulka č. 9). Jednotlivé protokoly byly postupem let vyladěny za předpokladu výrazného zlepšení kvality obrazu a také snížení radiační dávky pro pacienta. V tabulce č. 10 jsou znázorněny NDRÚ pro vyšetření hlavy.

Tabulka č. 9: MDRÚ FNOL

CT oblast - vyšetření	2015		2017		2019	
	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)
Mozek nativ	43,43	618,70	32,83	577,52	30,40	530,77
Angiografie mozkových tepen	43,43	618,70	33,24	818,69	18,05	515,99
Polytrauma	Nebylo stanováno				38,24	1552,23

\* Hodnoty CTDI<sub>vol</sub> a DLP jsou pro rok 2015 u nativního vyšetření mozku a angiografie mozkových tepen shodné, protože byla stanovena MDRÚ pro oblast hlavy.

Zdroj: p. Ing. Lenka Jonášová, FNOL

Tabulka č. 10: NDRÚ pro výpočetní tomografii

Typ vyšetření	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)
Hlava	65	1100

Zdroj: Příloha č. 22 vyhlášky č. 422/2016 Sb.

Z dat přiložených v tabulkách je evidentní, že MDRÚ odpovídají NDRÚ. Hodnoty v následujících tabulkách toho tvrzení potvrzují. Zobrazují průměrné hodnoty CTDI<sub>vol</sub> a DLP naměřené u výběrových souborů. NDRÚ pro vyšetření polytraumatu nejsou stanoveny, tudíž v tomto případě se hypotéza č. 1 nedala ověřit.

Tabulka č. 11: Průměrné hodnoty CTDI<sub>vol</sub> (mGy) a DLP (mGy.cm) nativního vyšetření mozku

Nativní vyšetření mozku				
Rok vyšetření	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	NDRÚ, CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	NDRÚ, DLP (mGy.cm)
2017	30,38	65	525,47	1100
2018	29,32	65	510,05	1100
2019	30,02	65	525,26	1100

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 12: Průměrné hodnoty CTDI<sub>vol</sub> (mGy) a DLP (mGy.cm) angiografie mozkových tepen

<b>Angiografie mozkových tepen</b>				
<b>Rok vyšetření</b>	<b>CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>NDRÚ, CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>NDRÚ, DLP (mGy.cm)</b>
2017	35,72	65	623,40	1100
2018	31,53	65	594,43	1100
2019	14,83	65	705,97	1100

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 13: Průměrné hodnoty CTDI<sub>vol</sub> (mGy) a DLP (mGy.cm) u polytraumatu

<b>Polytrauma</b>				
<b>Rok vyšetření</b>	<b>CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>NDRÚ, CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>MDRÚ, DLP (mGy.cm)</b>
2017	18,21	/	1109,26	/
2018	17,57	/	1234,09	/
2019	15,77	/	1270,06	/

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Platnost hypotézy č. 1 byla navíc u nativního vyšetření mozku a CTA mozkových tepen prokázána také pomocí Studentova t-testu. Test porovnával naměřené hodnoty CTDI<sub>vol</sub> a DLP s referenčními konstantami pro CT vyšetření hlavy uvedené v příloze č. 22 vyhlášky č. 422/2016 Sb. U obou vyšetření v letech 2017-2019 t-test prokázal velmi vysoce signifikantní rozdíl ( $p < 0,001$ ).

Tabulka č. 14: Nativní vyšetření mozku, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy)

<b>Nativní vyšetření mozku, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>						
<b>Rok vyšetření</b>	<b>Střední hodnota</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>Počet pozorování</b>	<b>Referenční konstanta</b>	<b>t-hodnota</b>	<b>p-hodnota</b>
2017	30,38	3,74	100	65	-92,57	0
2018	29,32	4,58	100	65	-77,91	0
2019	30,02	4,99	100	65	-70,13	0

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 15: Nativní vyšetření mozku, hodnota DLP (mGy.cm)

<b>Nativní vyšetření mozku, hodnota DLP (mGy.cm)</b>						
<b>Rok vyšetření</b>	<b>Střední hodnota</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>Počet pozorování</b>	<b>Referenční konstanta</b>	<b>t-hodnota</b>	<b>p-hodnota</b>
2017	524,47	77,37	100	1100	-74,39	0
2018	510,05	100,70	100	1100	-58,58	0
2019	525,26	107,41	100	1100	-53,51	0

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 16: Angiografie mozkových tepen, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy)

Angiografie mozkových tepen, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy)						
Rok vyšetření	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Počet pozorování	Referenční konstanta	t-hodnota	p-hodnota
2017	35,72	5,39	100	65	-54,37	0
2018	31,53	6,80	100	65	-49,20	0
2019	14,83	0,79	100	65	-638,75	0

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 17: Angiografie mozkových tepen, hodnota DLP (mGy.cm)

Angiografie mozkových tepen, hodnota DLP (mGy.cm)						
Rok vyšetření	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Počet pozorování	Referenční konstanta	t-hodnota	p-hodnota
2017	623,40	114,86	100	1100	-41,49	0
2018	594,43	95,62	100	1100	-52,87	0
2019	705,97	65,30	100	1100	-60,34	0

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

NDRÚ byly dodrženy ve všech případech. Tento výsledek je velmi příznivý, jelikož poukazuje na správnou optimalizaci CT přístroje. P hodnota 0 zamítá nulovou hypotézu a potvrzuje platnost alternativní hypotézy.

## 7.2 Ověření hypotézy č. 2

- **H<sub>20</sub>**: Mezi dávkou při jednorázovém vyšetření ve FNOL a stanovenou normou není signifikantní rozdíl.
- **H<sub>2A</sub>**: Mezi dávkou při jednorázovém vyšetření ve FNOL a stanovenou normou je signifikantní rozdíl.

Výsledky nativního vyšetření mozku z roku 2017, pro hodnotu  $CTDI_{vol}$  jsou následující: u 22 pacientů byla hodnota  $CTDI_{vol}$  vyšší než je stanovená norma FNOL. V některých případech se ale jednalo jen o drobné odchylky. Naopak žádná hodnota nepřekročila NDRÚ. Hodnota DLP vyšla jako nevyhovující u 21 pacientů. U některých pacientů dokonce došlo k tomu, že u nich nevyhovovala hodnota DLP ani  $CTDI_{vol}$ .

Hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP pro nativní vyšetření mozku pro rok 2018 FNOL nestanovila, a proto ke komparaci byla použita konstantní hodnota z roku 2017, pro

CTDI<sub>vol</sub> 32,83 (mGy) a 577,52 (mGy.cm) pro DLP. Naměřená hodnota u 13 pacientů byla vyšší než 32,83 (mGy) a u 16 pacientů vyšší než 577,52 (mGy.cm).

V roce 2019 hodnota CTDI<sub>vol</sub> u 33 pacientů neodpovídala referenční konstantě 30,40 (mGy). Naměřená hodnota byla vyšší. Odchytky byly sice malé, ale nesplňovaly příslušnou konstantu. Referenční konstanta 530,77 (mGy.cm) pro hodnotu DLP nebyla dodržena ve 36 případech. NDRÚ byly dodrženy ve všech případech.

Statisticky se tato hypotéza ověřovala Studentovým t-testem rozdílu výběrového průměru a známého průměru (referenční konstantou). Ten prokázal platnost alternativní hypotézy u obou hodnot v letech 2017,2018. V roce 2019 t-test platnost alternativní hypotézy neprokázal, tudíž platí nulová hypotéza.

Tabulka č. 18: Nativní vyšetření mozku, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy)

<b>Nativní vyšetření mozku, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>						
<b>rok vyšetření</b>	<b>střední hodnota</b>	<b>směrodatná odchylka</b>	<b>počty pozorování</b>	<b>t hodnota</b>	<b>p hodnota</b>	<b>referenční konstanta</b>
2017	30,38	3,74	100	-6,56	0	32,83
2018	29,32	4,58	100	-7,66	0	32,83
2019	30,02	4,99	100	-0,77	0,44	30,40

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 19: Nativní vyšetření mozku, hodnota DLP (mGy.cm)

<b>Nativní vyšetření mozku, hodnota DLP (mGy.cm)</b>						
<b>rok vyšetření</b>	<b>střední hodnota</b>	<b>směrodatná odchylka</b>	<b>počty pozorování</b>	<b>t hodnota</b>	<b>p hodnota</b>	<b>referenční konstanta</b>
2017	524,47	77,37	100	-6,73	0	577,52
2018	510,05	100,70	100	-6,70	0	577,52
2019	525,26	107,41	100	-0,51	0,61	530,77

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

V případě angiografie mozkových tepen, referenční konstantě CTDI<sub>vol</sub> stanovené v roce 2017 neodpovídalo 65 pacientů, což je více než polovina z celkového počtu respondentů. I přes tuto skutečnost je výsledek statisticky významný ( $p < 0,001$ ). Podobný případ nastal i v roce 2018, kdy referenční konstantě 33,24 (mGy) neodpovídalo 45 pacientů, ale výsledek je statisticky významný. Stanovené konstantě 18,05 (mGy) v roce 2019 neodpovídal pouze 1 pacient.

Tabulka č. 20: Angiografie mozkových tepen, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy)

Angiografie mozkových tepen, hodnota CTDI <sub>vol</sub> (mGy)						
rok vyšetření	střední hodnota	směrodatná odchylka	počty pozorování	t hodnota	p hodnota	referenční konstanta
2017	35,72	5,39	100	4,60	0	33,24
2018	31,53	6,80	100	-2,51	0,01	33,24
2019	14,83	0,79	100	-41,01	0	18,05

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Hodnota DLP ve srovnání s referenční konstantou v roce 2017 neodpovídala u 7 pacientů. V roce 2018 vyhovovali všichni. Na rozdíl tomu, v roce 2019 vyhovoval stanovené konstantě pouze 1 pacient. U všech ostatních byla hodnota DLP vyšší než 515,99 (mGy.cm).

Tabulka č. 21: Angiografie mozkových tepen, hodnota DLP (mGy.cm)

Angiografie mozkových tepen, hodnota DLP (mGy.cm)						
rok vyšetření	střední hodnota	směrodatná odchylka	počty pozorování	t hodnota	p hodnota	referenční konstanta
2017	623,40	114,86	100	-17,00	0	818,69
2018	594,43	95,62	100	-23,45	0	818,69
2019	705,97	65,30	100	29,09	0	515,99

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Co se týká vyšetření polytraumat, hodnoty CTDI<sub>vol</sub> ani DLP nebyly ve FNOL v roce 2017-2018 stanoveny, tudíž nemohl být t-test proveden. Byl proveden až pro rok 2019, kde již byla stanovena referenční konstanta. Testem se potvrdil velmi vysoce signifikantní rozdíl a prokázal platnost stanovené alternativní hypotézy.

Tabulka č. 22: Polytrauma, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy)

Polytrauma, hodnota CTDI <sub>vol</sub> (mGy)						
rok vyšetření	střední hodnota	směrodatná odchylka	počty pozorování	t hodnota	p hodnota	referenční konstanta
2019	15,77	2,81	100	-80,05	0	38,24

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 23: Polytrauma, hodnota DLP (mGy.cm)

Polytrauma, hodnota DLP (mGy.cm)						
rok vyšetření	střední hodnota	směrodatná odchylka	počty pozorování	t hodnota	p hodnota	referenční konstanta
2019	1270,06	256,93	100	-10,98	0	1552,23

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

### 7.3 Ověření hypotézy č. 3

- **H3<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u angiografie mozkových tepen a u nativního vyšetření mozku není signifikantní rozdíl.
- **H3<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u angiografie mozkových tepen a u nativního vyšetření mozku je signifikantní rozdíl.

Již před zahájením testování se vycházelo z předpokladu, že budou hodnoty  $CTDI_{vol}$  i DLP u angiografie vyšší než u nativního vyšetření mozku. Je to dáno tím, že se během vyšetření používá KL. Hodnota  $CTDI_{vol}$  naměřená u angiografie mozkových tepen byla porovnána s hodnotou  $CTDI_{vol}$  naměřenou u nativního vyšetření mozku. V obou případech se jednalo o stejný počet pacientů, počet pozorování ( $n=100$ ). Stejně se postupovalo i u hodnoty DLP. V rámci ověřování této hypotézy, byl na závěr mezi angiografií a nativním vyšetřením Studentovým dvouvýběrovým t-testem s nerovností rozptylů zjištěn velmi vysoce signifikantně významný rozdíl. P hodnota byla v letech 2017-2019 vždy menší než 0,001. Hodnoty  $CTDI_{vol}$  i DLP byly u angiografie mozkových tepen vyšší. P hodnota menší než 0,001 potvrzuje platnost alternativní hypotézy a zamítá nulovou hypotézu.

Tabulka č. 24: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2017

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Angiografie</b>	<b>Nativ</b>
Střední hodnota	35,72	30,38
Rozptyl	29,01	13,99
Počty pozorování	100	100
t hodnota	8,15	
p hodnota	<b><math>p&lt;0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 25: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2017

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Angiografie</b>	<b>Nativ</b>
Střední hodnota	623,40	525,47
Rozptyl	13193,92	5985,97
Počty pozorování	100	100
t hodnota	7,07	
p hodnota	<b><math>p&lt;0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 26: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2018

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Angiografie</b>	<b>Nativ</b>
Střední hodnota	31,53	29,32
Rozptyl	46,29	20,97
Počty pozorování	100	100
t hodnota	2,69	
p hodnota	<b><math>p &lt; 0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 27: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2018

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Angiografie</b>	<b>Nativ</b>
Střední hodnota	594,43	510,05
Rozptyl	9142,50	10141,13
Počty pozorování	100	100
t hodnota	6,08	
p hodnota	<b><math>p &lt; 0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 28: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2019

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Angiografie</b>	<b>Nativ</b>
Střední hodnota	14,83	30,02
Rozptyl	0,62	24,89
Počty pozorování	100	100
t hodnota	-30,07	
p hodnota	<b><math>p &lt; 0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 29: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2019

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Angiografie</b>	<b>Nativ</b>
Střední hodnota	705,97	525,26
Rozptyl	4263,93	11536,08
Počty pozorování	100	100
t hodnota	14,38	
p hodnota	<b><math>p &lt; 0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

## 7.4 Ověření hypotézy č. 4

- **H<sub>40</sub>:** *Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při angiografii mozkových tepen není signifikantní rozdíl.*
- **H<sub>4A</sub>:** *Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při angiografii mozkových tepen je signifikantní rozdíl.*

Výběrový soubor CTA mozkových tepen byl rozdělen dle pohlaví. Za rok 2017 bylo celkem vyšetřeno 47 mužů a 53 žen. U obou pohlaví se porovnávaly hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP. Studentův dvouvýběrový t-test prokázal mezi pohlavími velmi vysoce signifikantní rozdíl a to u obou porovnávaných hodnot. Hodnota  $CTDI_{vol}$  a DLP byla statisticky významně vyšší u mužů ( $p < 0,001$ ).

Tabulka č. 30: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2017

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	37,90	33,78
Rozptyl	27,74	22,55
Počty pozorování	47	53
t hodnota	4,12	
p hodnota	$p < 0,001$	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 31: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2017

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	673,99	578,55
Rozptyl	12301,55	9873,25
Počty pozorování	47	53
t hodnota	4,54	
p hodnota	$p < 0,001$	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

54 mužů a 46 žen bylo vyšetřeno v roce 2018. Rozdíl mezi muži a ženami byl opět prokázán Studentovým t-testem ( $p < 0,001$ ).

Tabulka č. 32: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2018

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	33,74	28,93
Rozptyl	46,39	34,43
Počty pozorování	54	46
t hodnota	3,75	
p hodnota	$p < 0,001$	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 33: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2018

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	644,73	535,38
Rozptyl	5900,25	6563,97
Počty pozorování	54	46
t hodnota	6,92	
p hodnota	$p < 0,001$	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce



V roce 2019 CTA mozkových tepen podstoupilo 60 mužů a 40 žen. U hodnoty  $CTDI_{vol}$  Studentův t-test vyhodnotil, že mezi muži a ženami není signifikantní rozdíl ( $p > 0,05$ ).

Tabulka č. 34: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2019

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	14,83	14,83
Rozptyl	0,26	1,17
Počty pozorování	60	40
t hodnota	0,03	
p hodnota	$p > 0,05$	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 35: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2019

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	731,13	668,23
Rozptyl	2456,87	4671,99
Počty pozorování	60	40
t hodnota	5,01	
p hodnota	$p < 0,001$	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Hodnotu  $p < 0,001$  t-test prokázal u hodnoty DLP, kde je rozdíl mezi muži a ženami velmi vysoce signifikantní.

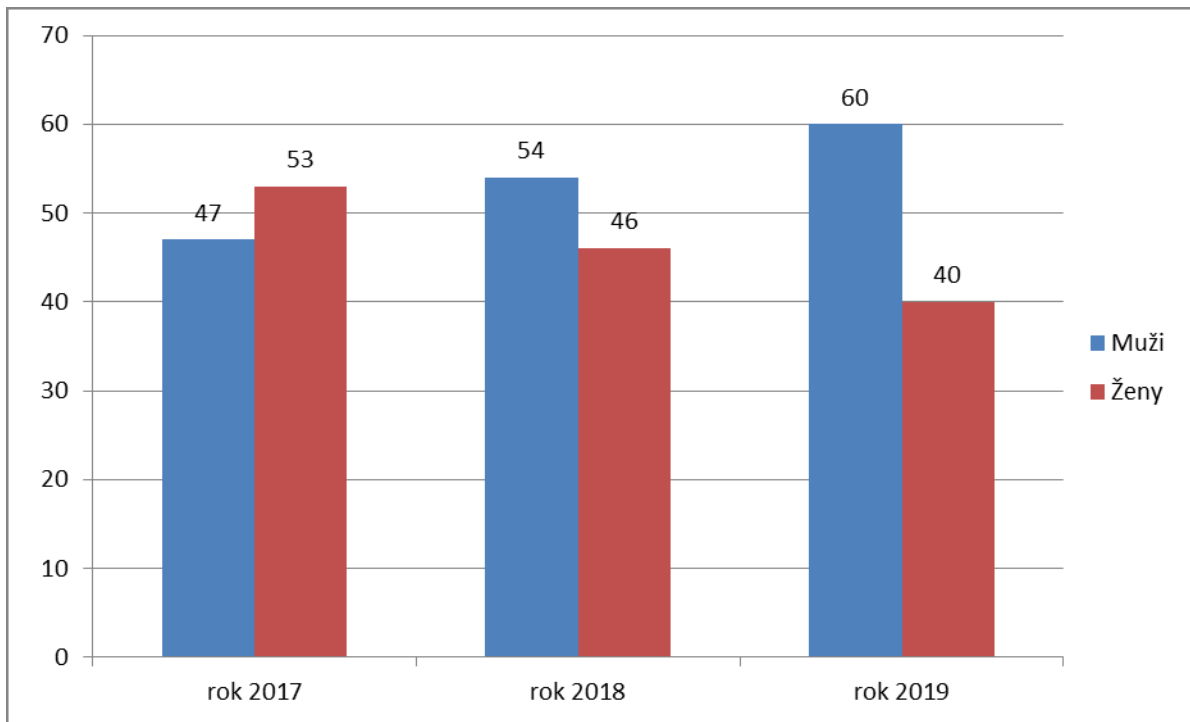
Výsledky nepotvrdily stanovenou alternativní hypotézu u hodnoty  $CTDI_{vol}$  z roku 2019, tudíž platí nulová hypotéza.

Následující tabulka a graf graficky znázorňují počty vyšetřovaných osob dle pohlaví.

Tabulka č. 36: Angiografie mozkových tepen dle pohlaví

<b>Rok vyšetření</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
2017	47	53
2018	54	46
2019	60	40

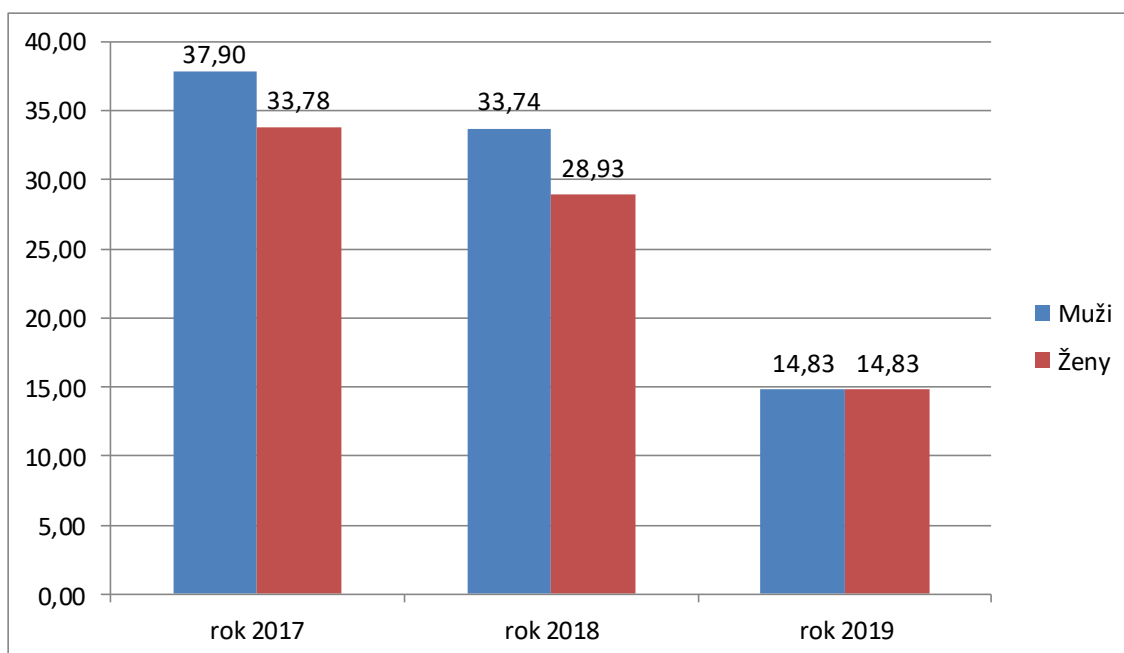
Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce



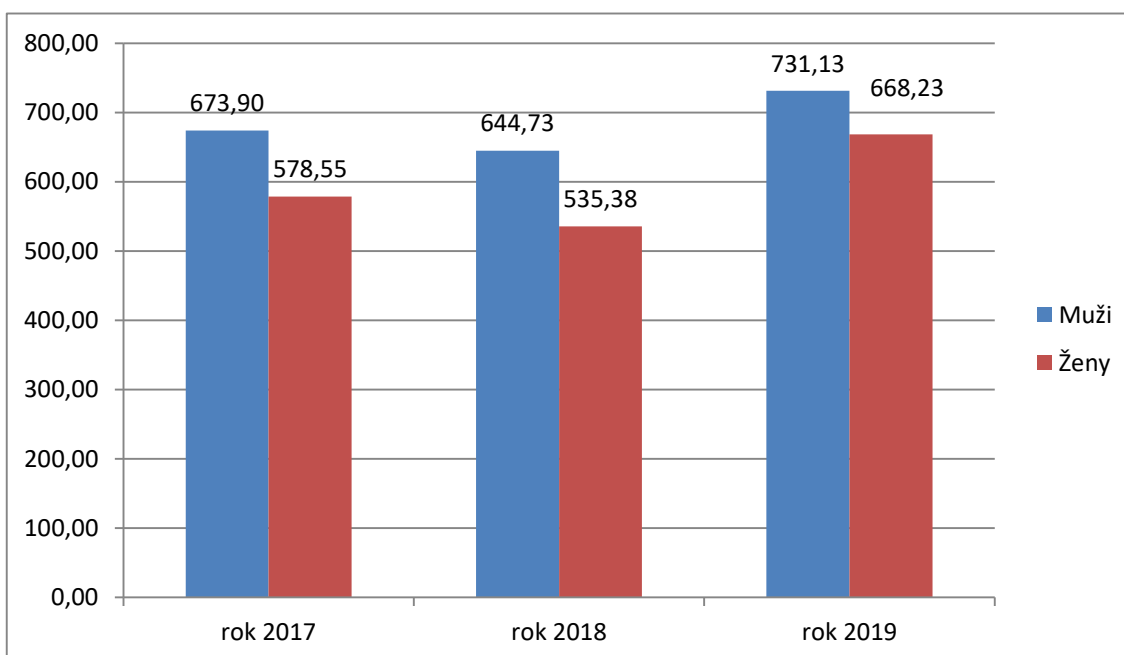
Obrázek č. 4: Angiografie mozkových tepen dle pohlaví

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

Porovnání středních hodnot  $CTDI_{vol}$  (mGy) a DLP (mGy.cm) v závislosti na pohlaví u angiografického vyšetření demonstruje obrázek č. 5 a 6.



Obrázek č. 5: Angiografické vyšetření mozkových tepen – střední hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy) dle pohlaví  
 Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce



Obrázek č. 6: Angiografické vyšetření mozkových tepen – střední hodnota DLP (mGy.cm) dle pohlaví  
 Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

## 7.5 Ověření hypotézy č. 5

- **H5<sub>0</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při nativním vyšetření mozku není signifikantní rozdíl.
- **H5<sub>A</sub>:** Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při nativním vyšetření mozku je signifikantní rozdíl.

Za rok 2017 bylo celkem vyšetřeno 47 mužů a 53 žen. Studentův t-test opět prokázal mezi pohlavími velmi vysoce signifikantní rozdíl a to u obou porovnávaných hodnot ( $p < 0,001$ ).

Tabulka č. 37: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy), rok 2017

<b><math>CTDI_{vol}</math> (mGy)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	32,69	28,32
Rozptyl	15,19	4,05
Počty pozorování	47	53
t hodnota	6,91	
p hodnota	<b><math>p &lt; 0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 38: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2017

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	578,11	478,79
Rozptyl	5628,24	1692,29
Počty pozorování	47	53
t hodnota	8,06	
p hodnota	<b><math>p &lt; 0,001</math></b>	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

V roce 2018 bylo vyšetřeno 48 mužů a 52 žen. Studentův t-test v případě hodnoty  $CTDI_{vol}$  prokázal, že mezi muži a ženami při nativním vyšetření mozku není signifikantní rozdíl ( $p > 0,05$ ). Co se týče hodnoty DLP, t-test prokázal vysoce signifikantní rozdíl mezi pohlavími a platnost alternativní hypotézy. P hodnota vyšla menší než 0,001.

Tabulka č. 39: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy), rok 2018

<b>CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	30,01	28,70
Rozptyl	10,77	29,94
Počty pozorování	48	52
t hodnota	1,47	
p hodnota	p>0,05	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 40: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2018

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	536,71	485,45
Rozptyl	6428,26	12475,43
Počty pozorování	48	52
t hodnota	2,65	
p hodnota	p<0,001	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Za rok 2019 bylo nativním vyšetřením mozku vyšetřeno 53 mužů a 47 žen. U obou sledovaných hodnot byl zjištěn statisticky významný rozdíl (p<0,001).

Tabulka č. 41: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy), rok 2019

<b>CTDI<sub>vol</sub> (mGy)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	31,75	28,06
Rozptyl	24,10	18,93
Počty pozorování	53	47
t hodnota	3,96	
p hodnota	p<0,001	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 42: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2019

<b>DLP (mGy.cm)</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Střední hodnota	562,67	483,09
Rozptyl	10331,47	9719,48
Počty pozorování	53	47
t hodnota	3,96	
p hodnota	p<0,001	

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

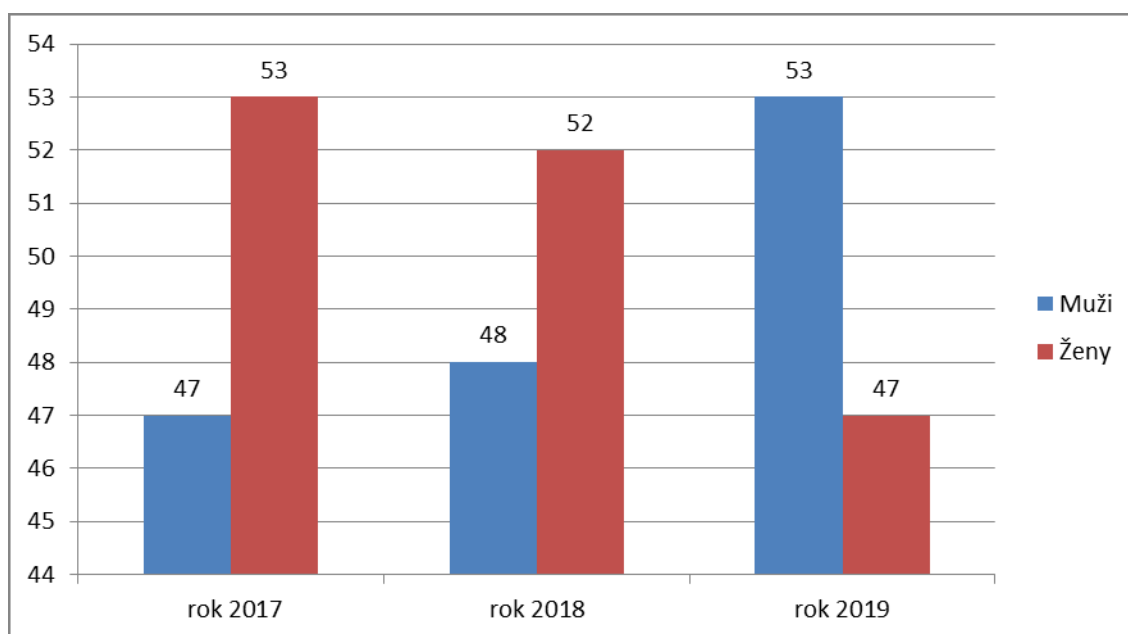
Z výše uvedených výsledků jednoznačně vyplývá, že statistická významnost mezi pohlavími byla prokázána pouze v letech 2017 a 2019, z tohoto důvodu musí být alternativní hypotéza zamítnuta, platí nulová hypotéza.

Pro lepší přehlednost je přiložena následující tabulka a graf nativního vyšetření mozku, které zaznamenávají počet vyšetřených osob dle pohlaví ve sledovaných letech.

Tabulka č. 43: Nativní vyšetření mozku dle pohlaví

<b>Rok vyšetření</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
2017	47	53
2018	48	52
2019	53	47

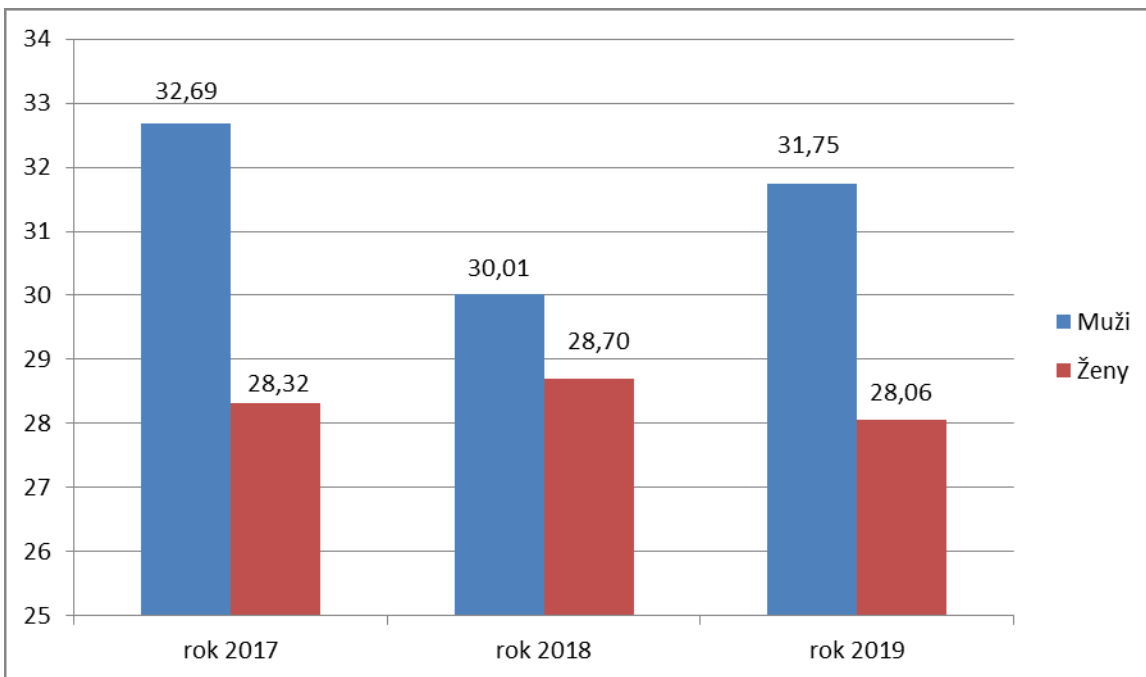
Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce



Obrázek č. 7: Nativní vyšetření mozku dle pohlaví

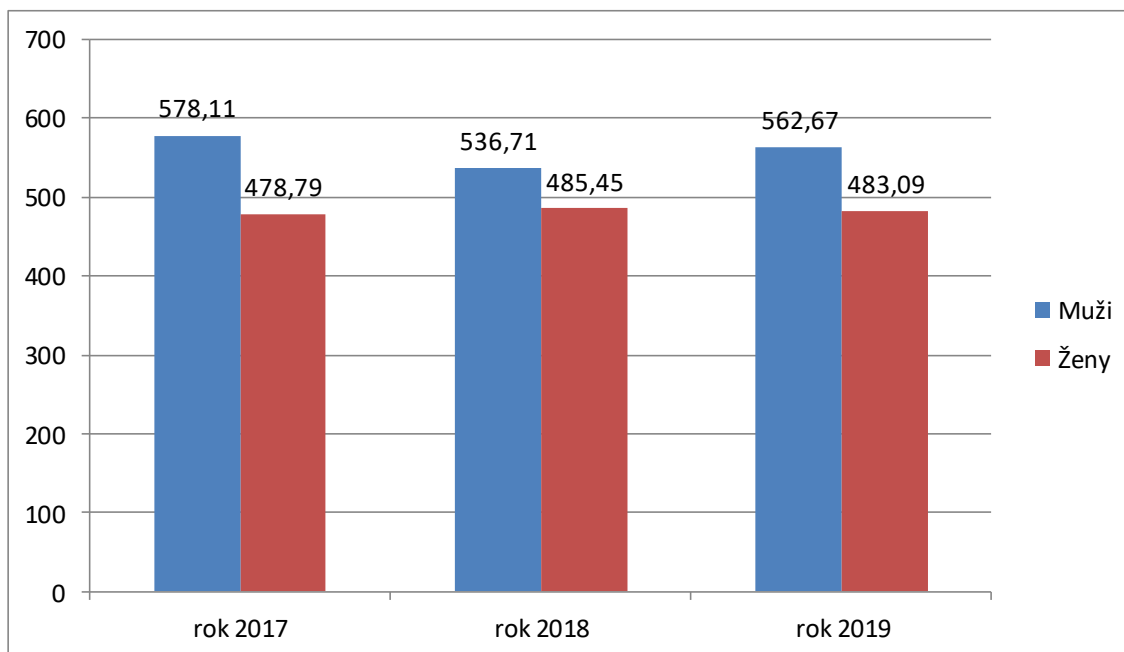
Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

Porovnání středních hodnot  $CTDI_{vol}$  (mGy) a DLP (mGy.cm) v závislosti na pohlaví u nativního vyšetření mozku demonstruje obrázek č. 8 a 9.



Obrázek č. 8: Nativní vyšetření mozku – střední hodnota CTDI<sub>vol</sub> (mGy) dle pohlaví

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce



Obrázek č. 9: Nativní vyšetření mozku – střední hodnota DLP (mGy.cm) dle pohlaví

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

## 7.6 Ověření hypotézy č. 6

- **H6<sub>0</sub>**: Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při vyšetření polytraumatu není signifikantní rozdíl.
- **H6<sub>A</sub>**: Mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen při vyšetření polytraumatu je signifikantní rozdíl.

Ověřování této hypotézy probíhalo vzhledem k malému vzorku žen neparametrickou metodou, za pomoci Mann-Whitneyůvova U-testu. Z výběrového souboru pro rok 2017 bylo celkem vyšetřeno 77 mužů a 23 žen. Mann-Whitneyův U-test prokázal pro rok 2017 platnost nulové hypotézy.

V roce 2018 bylo vyšetřeno 81 mužů a 19 žen, zde byl zjištěn statisticky významný rozdíl u obou parametrů. Platí alternativní hypotéza.

84 mužů a 16 žen bylo vyšetřeno v roce 2019. V případě hodnoty  $CTDI_{vol}$  byl zjištěn statisticky významný rozdíl.

V následujících tabulkách č. 44 a č. 45 jsou uvedeny získané výsledky.

Tabulka č. 44: Hodnota  $CTDI_{vol}$  (mGy)

Hodnota $CTDI_{vol}$					
Rok vyšetření	U	Z	Počet mužů	Počet žen	p hodnota
2017	846,5	-0,31	77	23	0,75
2018	544,5	1,97	81	19	0,05
2019	449	2,09	84	16	0,036

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Tabulka č. 45: Hodnota DLP (mGy.cm)

Hodnota DLP (mGy.cm)					
Rok vyšetření	U	Z	Počet mužů	Počet žen	p hodnota
2017	806	0,65	77	23	0,52
2018	451	2,79	81	19	0,005
2019	526	1,37	84	16	0,17

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Vzhledem k tomu, že se platnost alternativní hypotézy potvrdila pouze v roce 2018, alternativní hypotéza se zamítá a platí hypotéza nulová.

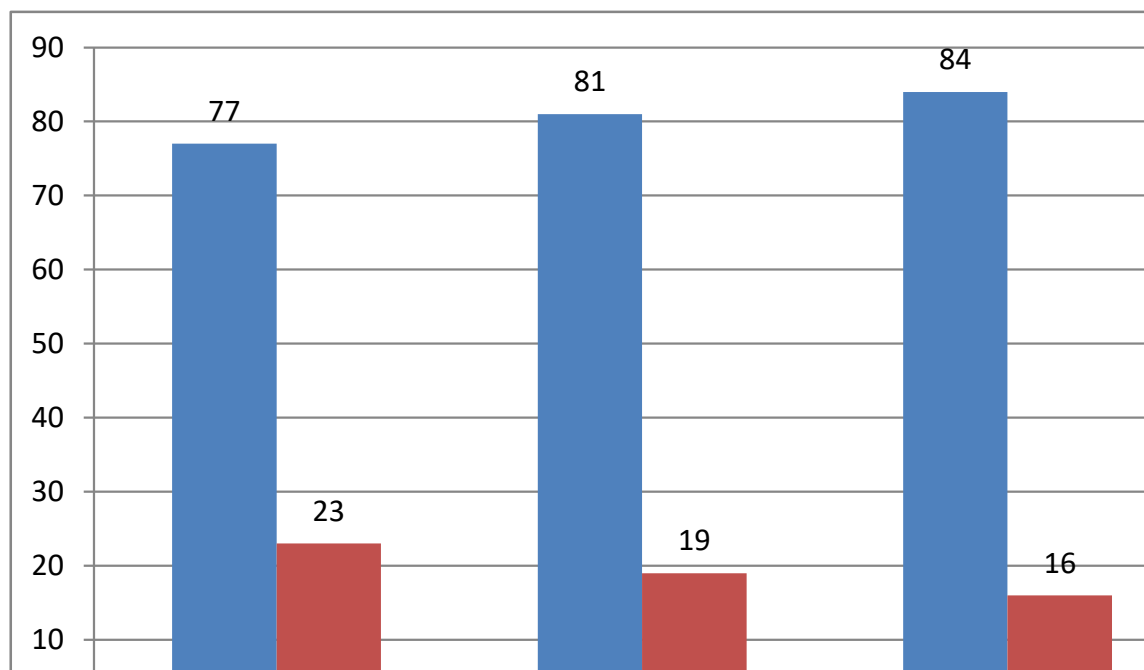
Z tabulky č. 46 lze vyčíst jednoznačnou převahu počtu vyšetření polytraumat u mužů.



Tabulka č. 46: Vyšetření polytraumatu dle pohlaví

<b>Rok vyšetření</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
2017	77	23
2018	81	19
2019	84	16

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce



Obrázek č. 10: Vyšetření polytraumatu dle pohlaví

Zdroj: Graf vytvořil autor diplomové práce

## 8. Diskuze

CT metoda je v současné době hojně využívána a to nejenom vzhledem k rychlosti provedení vyšetření, ale i snadné dostupnosti. Alespoň jeden CT přístroj je prakticky v každé nemocnici ČR. V řadě případů je dokonce indikována jako metoda první volby. Ovšem nevýhodou této metody stále zůstává vyšší radiační zátěž, kterou pacient během vyšetření obdrží (Vomáčka a kol., 2015, s. 42). Hodnocení a stanovování dávek je dáno Atomovým zákonem vydaným Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) č. 263/2016 Sb. (Súkupová, 2015, s. 194). Dávka je proto regulována a optimalizována za pomoci DRÚ. Optimalizací se ve svém výzkumném článku zabývali i Järvinen a kol., kteří optimalizaci vnímají jako kompromis mezi kvalitou obrazu či diagnostickými informacemi a dávkou pro pacienta. Poukazují na to, že by dávka neměla být vyšší než je nezbytně nutné k dosažení odpovídající kvality obrazu nebo diagnostických informací. Jejich východisko naznačuje skutečnost, že znalost a sledování dávky pacienta má v rámci optimalizace klíčový význam. Optimalizace a používání DRÚ se zvýšily s celosvětovým nárůstem CT vyšetření (Järvinen a kol., 2017, s. 2).

Paní Ing. Žáčková ve svém informačním Bulletinu z roku 2009 uvádí, že za rok je v ČR evidováno 400 000 CT vyšetření. V přepočtu na 10 000 000 obyvatel to představuje asi 4 % vyšetřených. Pochopitelně se předpokládá, že každý pacient absolvuje CT vyšetření pouze jednou, avšak pacient může během roku podstoupit i více vyšetření. Hodnota 4 % je téměř srovnatelná s hodnotou naměřenou ve Velké Británii, kde dosahovala 5 %. Naproti tomu ve Spojených státech amerických dosahovala až 20 %. Tyto údaje slouží pouze k orientačnímu porovnání počtu CT vyšetření k lékařskému ozáření v jiných zemích (Žáčková, 2009, s. 6). Organizace Public Health v Anglii udává výsledky z roku 2020, kdy se až 70 % dávek z lékařských ozáření připisuje především CT vyšetřením, i když představují pouze 11 % vyšetřených. Podobné informace uvádí i Národní rada pro radiační ochranu v USA. Podle ní CT představuje až 75 % dávek z lékařského ozáření.

Garba a kol. ve svém článku z roku 2020 poukazují na zvýšenou dostupnost CT přístrojů, a tím i na narůstající počet provedených vyšetření. Příkladem je Velká Británie, kde se v roce 1997 provedlo až milion CT vyšetření, ale do roku 2011 počet vyšetření vzrostl až na čtyři miliony. Garba a kol. se domnívají, že nárůst počtu CT vyšetření má za následek také stálé zvyšování dávky na obyvatelstvo a doporučují

snižování dávky v rámci principu ALARA. Dále kladou velký důraz na DRÚ, které vnímají jako důležitý nástroj v rámci monitorování dávky. Z jejich provedených průzkumů je zřejmé, že zavedením DRÚ se značně eliminovaly rozdíly dávek záření u stejných vyšetření (Garba a kol., 2020, s. 1-2).

Ing. Žáčková ve svém článku také poukazuje na neznalost některých zdravotnických pracovníků, kteří u jednotlivých typů vyšetření nerozlišují velikost radiační zátěže a považují nežádoucí účinky a možná rizika u všech CT vyšetření za srovnatelné. Žáčková zmiňuje výsledky z jejího provedeného orientačního výzkumu, kde až tři čtvrtiny lékařů radiační dávky podceňují. Tato neznalost se ve větší míře týká také pacientů (Žáčková, 2009, s. 6).

Praktická část této diplomové práce se zabývala monitorováním radiační zátěže pacientů vyšetřovaných za pomoci tomografického přístroje GE LightSpeed VCT 64 ve FNOL během roku 2017-2019.

Jedním z dílčích cílů bylo zaměřit se a zhodnotit MDRÚ FNOL pro CT vyšetření hlavy. Zejména u tří vybraných CT vyšetření, vyšetření mozku nativně, angiografie mozkových tepen a polytraumatu. Dalším cílem bylo porovnat MDRÚ s NDRÚ, které jsou uvedeny v příloze č. 22 vyhlášky č. 422/2016 Sb. Výzkum zabývající se podobným tématem nebyl zatím v ČR publikován. Každé zdravotnické zařízení si kontrolu a optimalizaci DRÚ provádí samo za pomoci pověřeného radiologického fyzika. Výsledky jejich šetření nejsou veřejně dostupné. Na dané téma jsou zveřejněny pouze bakalářské a diplomové práce, avšak ty nejsou ke komparaci výsledků relevantní, a proto byly v rámci rešeršní činnosti vyřazeny. Naopak publikovaných zahraničních studií zabývajících se hodnocením NDRÚ, optimalizací vyšetřovacích protokolů, případně srovnáním MDRÚ s NDRÚ je poměrně více.

Při srovnávání MDRÚ s NDRÚ lze vycházet z pilotní studie Foleye a kol. realizované v Irsku. Tato studie byla provedena v roce 2009. Jejím hlavním cílem bylo zaznamenat nejčastější CT vyšetření ve čtyřech irských nemocnicích a porovnat naměřené hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP s doporučenými NDRÚ. Ve dvou případech se jednalo stejně jako v této diplomové práci o fakultní nemocnici. Z celkového počtu vyšetření bylo pro hlavní výzkum vybráno pouze 9 vyšetření, jedním z nich bylo i CT vyšetření hlavy. Do studie byli zařazeni pouze pacienti s průměrnou hmotností 60-80 kg. Ke zhodnocení výsledků autoři použili identickou metodu, data byla analyzována za pomoci popisných statistických metod. Autoři došli ke stejnému závěru,

a zhodnotili, že se průměrné hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP jednotlivých pracovišť pohybují výrazně pod doporučenými úrovněmi. Avšak národní standard pro hodnotu DLP pro vyšetření hlavy je v Irsku nižší (940 mGy.cm) než v ČR (1100 mGy.cm). Nižší hodnoty DLP jsou zaznamenány např. i v Německu (950 mGy.cm), Norsku (1000 mGy.cm) nebo Švýcarsku (1000 mGy.cm) (Foley a kol., 2012, s. 1390-1397).

Sledovaný soubor našeho výzkumného šetření lze srovnat také s výsledky holandské studie z roku 2012. V Nizozemsku jsou NDRÚ stanovené na člověka s průměrnou hmotností od 65-89 kg, na rozdíl od ČR, kde jsou NDRÚ stanoveny na člověka s průměrnou hmotností  $70 \text{ kg} \pm 5 \text{ kg}$ . Vzhledem k hmotnostem pacientů vyšetřených ve FNOL a přibývajících pacientů s obezitou, by bylo vhodné zaměřit se na revizi parametru průměrné hmotnosti. Avšak u CT vyšetření hlavy se dá polemizovat o tom, že váha pacienta nemusí mít až takový vliv na výsledné hodnoty dávkových veličin, jako spíše tloušťka lebky. Při CT vyšetření mozku autoři naměřili hodnotu DLP 813,7 mGy.cm. Národní nizozemský standard je 935,6 mGy.cm. Naměřená hodnota DLP stejně jako ve FNOL nepřesahovala doporučené DRÚ. Hodnota NDRÚ pro vyšetření hlavy v ČR (1100 mGy.cm) je ve srovnání s Holandskem (935,6 mGy.cm), Francií (1050 mGy.cm), Velkou Británií (930 mGy.cm) vyšší, naopak nižší než v Kanadě (1300 mGy.cm) (Van der Molen, 2013, s. 383-389).

Podobná a novější studie zabývající se porovnáváním MDRÚ s NDRÚ byla retrospektivní studie tureckého autora Eray Atliho a kol. z roku 2018. Věkový rozsah respondentů se pohyboval v podobném rozmezí jako v této předložené studii a to od 18-91 let. Ve vztahu k pohlaví převažovali muži s celkovým počtem 318 osob, žen bylo 289. U CT vyšetření hlavy turečtí autoři naměřili hodnotu  $CTDI_{vol}$  53 mGy a DLP 988 mGy.cm. Celkově se dá shrnout, že hodnoty turecké studie byly značně vyšší než průměrné hodnoty naměřené ve FNOL. Turecké NDRÚ byly naopak nižší než NDRÚ v ČR. Hodnota  $CTDI_{vol}$  byla přibližně stejná (66,4 mGy místo 65 mGy), ale DLP byla podstatně nižší (810 mGy.cm místo 1100 mGy.cm). K ověření výsledků byly obdobně jako v této práci použity t-testy (Atli a kol., 2020, s. 147-151). NDRÚ pro vyšetření hlavy ve srovnání s ČR jsou nižší také v Austrálii ( $CTDI_{vol} = 53 \text{ mGy}$  místo 65 mGy, DLP = 880 mGy.cm místo 1100 mGy.cm), naopak vyšší NDRÚ pro vyšetření hlavy jsou v Japonsku ( $CTDI_{vol} = 85 \text{ mGy}$ , DLP = 1350 mGy.cm) (Lee a kol., 2020, s. 8).

Stejný typ CT přístroje byl použit také v Kanadě, kde probíhala retrospektivní observační studie zaměřená na monitorování dávek u dospělých pacientů. Jedním ze sledovaných vyšetření bylo i CT vyšetření hlavy. Data byla sbírána od roku 2010-2013. Vědci zaznamenali, že mezi lety 2010-2013 se mírně zvýšil průměrný věk pacientů z 56,6 let na 57,4 let (MacGregor a kol., 2015, s. 507-516). Průměrný věk této populace byl nižší než průměr námi testovaných pacientů. Výjimku tvořilo vyšetření polytraumatu, kde byl průměrný věk respondentů nižší než v kanadské studii. Převaha mužského pohlaví se týkala i této studie (MacGregor a kol., 2015, s. 512). Dle výsledků studie MacGregor a kol. a předchozí studie Atliho a kol., lze polemizovat o tom, že muži podstupují CT vyšetření častěji. Námi sledovaný soubor respondentů byl téměř genderově vyvážený až na vyšetření polytraumatu, kde také převažovali muži. Co se týká naměřených hodnot  $CTDI_{vol}$  a DLP, ty se během let výrazně snížily. Hodnota  $CTDI_{vol}$  klesla z 56 mGy na 50,8 mGy a DLP z 874,7 mGy.cm na 805,7 mGy.cm (MacGregor a kol., 2015, s. 507-516). I ve FNOL se průměrné dávky během let snížily a optimalizovaly, avšak hodnota DLP u nativního vyšetření mozku z roku 2017 je lehce srovnatelná s hodnotou z roku 2019. U angiografie mozkových tepen je také hodnota DLP v roce 2019 vyšší než v předchozích letech. Nicméně všechny průměrné hodnoty naměřené ve FNOL jsou podstatně nižší než v Kanadě, i když byl použit stejný typ CT přístroje.

V případech kdy se porovnávalo, jestli jednorázová dávka FNOL odpovídá MDRÚ, došlo bohužel především u nativního vyšetření mozku u pacientů vyšetřovaných v roce 2019 k překročení stanovených hodnot. Järvinen a kol. v závěru své studie doporučují zlepšit strategii DRÚ, kde by měla být náležitě zohledněna hmotnost pacienta s ohledem na úroveň obezity, nikoli stanovena na průměrnou hmotnost pacienta. Dále doporučují založit DRÚ spíše na klinické indikace než na anatomické oblasti (Järvinen a kol., 2017, s. 6). Paulo a kol. souhlasí s názorem Järvinena a kol. a také si myslí, že by se do budoucna mělo uvažovat o kategorizaci pacientů dle tělesné hmotnosti popřípadě podle indexu tělesné hmotnosti (BMI). Dále si myslí, že by se případné rozdíly v dávkách u stejného vyšetření, případně stejného CT přístroje, daly vyřešit standardizací používaných vyšetřovacích protokolů a také doporučují, aby se lékaři více vzdělávali v oblasti radiační ochrany (Paulo a kol., 2020, s. 8).

Nalezené studie se zabývaly především nativním vyšetřením mozku, avšak organizace Public Health ve svých standardech uvádí i hodnoty pro CTA mozkových tepen. Ve srovnání s organizací Public Health v Anglii jsou NDRÚ pro CTA mozkových tepen v ČR podstatně vyšší. V Anglii jsou národní hodnoty  $CTDI_{vol}$  15 mGy (v ČR 65 mGy) a DLP 1040 mGy.cm (v ČR 1100 mGy.cm) (Public Health England, 2019).

Výsledky této diplomové práce ve všech případech neprokázaly signifikantní rozdíl mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$ , DLP a pohlavím pacientů. I když se u mužského pohlaví objevovaly vyšší hodnoty nezávisle na tom, zda se jednalo o nativní vyšetření mozku, CTA mozkových tepen či polytrauma. Signifikantní rozdíl mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP naměřených u mužů a žen prokázala irská studie, které se zúčastnilo 30 mužů a 30 žen. Hodnota  $CTDI_{vol}$  charakteristická pro CT vyšetření mozku se u žen v průměru pohybovala okolo 51 mGy, DLP 724 mGy.cm. U mužů pak 53 mGy a 778 mGy.cm. (MERU, 2017, s. 5, 13). Podstatně větší výběrový soubor byl zkoumán ve Francii, kde se výzkumu zúčastnilo celkem 238 žen a 256 mužů. I v tomto případě byly celkové hodnoty DLP u mužů prokazatelně vyšší (ženy = 760 mGy.cm, muži = 836 mGy.cm) (Habib Geryes, 2019, s. 23).

### **Limity výzkumu**

Významným reálným limitem ovlivňujícím validitu výsledků tohoto kvantitativního výzkumného šetření mohla být lokalita prováděného šetření. Výzkum byl realizován pouze ve FNOL. Pro další výzkumy zabývající se hodnocením radiační zátěže, radiační ochranou a porovnáváním MDRÚ s NDRÚ by mohlo být určitě velmi přínosné zaměřit se na více zdravotnických zařízení (a to nejen v Olomouckém kraji). Různá zdravotnická zařízení mohou mít rozdílné MDRÚ. Zajímavé a velmi přínosné by bylo srovnání různých typů přístrojů. Stejně tak by bylo vhodné zaměřit se na více typů vyšetření a vybrat si zejména ty, pro které jsou stanovené NDRÚ. Zvýšila by se tak i míra validity. Tato práce se také spoléhala na přesnost hlášených parametrů jako např. hodnoty  $CTDI_{vol}$ , DLP, hmotnost a věk respondentů. Pokud by byl výběrový soubor rozšířen o větší počet vyšetření, nebo by se jednalo o více zdravotnických zařízení, vzhledem k časové náročnosti zpracování dat, by bylo rozhodně vhodné dobu výzkumu prodloužit.

## Závěr

Diplomová práce se zabývala monitorováním radiační zátěže u pacientů vyšetřovaných pomocí CT. CT vyšetření je v současné době velmi aktuálním a častým vyšetřením, avšak v některých případech dochází k jeho nadužívání. Je nutné si uvědomit, že CT přístroje pracují s IZ, které však pro pacienty představuje určitou míru rizika v podobě radiační zátěže. Aby během CT vyšetření nedocházelo ke zbytečnému navyšování radiační zátěže pacienta, je potřeba dodržovat princip ALARA a další principy radiační ochrany. Dávka záření je navíc regulována za pomoci DRÚ, které jsou stanovovány dle hmotnosti pacientů.

Hlavním cílem výzkumného šetření bylo zhodnotit MDRÚ ve FNOL pro CT vyšetření mozku nativně, angiografii mozkových tepen a polytrauma během posledních tří let a následné porovnání s NDRÚ. Vyhodnocením jednotlivých částí výzkumu lze říci, že FNOL dodržuje veškeré platné zákony a vyhlášky týkající se radiační ochrany. Důkazem tohoto tvrzení jsou statisticky ověřené naměřené hodnoty  $CTDI_{vol}$  a DLP, které nepřekračují fixní normu uvedenou v příloze č. 22 vyhlášky č. 422/2016 Sb., což je velmi příznivý a pozitivní fakt. Dokument ICRP report 135 pracovišti doporučuje, že pokud dosáhlo nízkých dávek, pak už není jejím hlavním cílem další snižování dávek, ale mělo by především zajistit přijatelnou kvalitu CT obrazu. Nicméně FNOL by se měla zaměřit a případně provést optimalizaci hodnot  $CTDI_{vol}$  a DLP u nativního vyšetření mozku z roku 2019, kde byly naměřené hodnoty respondentů vyšší než MRS, což ale může být z důvodu vyšších hmotností pacientů.

Výsledky našeho výzkumu dále prokázaly signifikantní rozdíl mezi angiografií mozkových tepen a nativním vyšetřením mozku. Výsledné šetření dále prokázalo, že mezi hodnotami  $CTDI_{vol}$  a DLP, nezávisle na typu vyšetření není v závislosti na pohlaví statisticky významný rozdíl. Naproti tomu dvě výzkumné zahraniční studie toto tvrzení vyvrací a mezi pohlavími signifikantní rozdíl prokazují.

Získané výsledky této diplomové práce je v praxi možné uplatnit jako podklad pro další výzkumnou činnost v rámci radiační ochrany. Dále by mohly být výsledky nabídnuty FNOL v rámci evaluace a optimalizace DRÚ.

## Referenční seznam

ATLI, E. a kol., 2020. Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: an institutional dose report. *Diagnostic and Interventional Radiology* [online]. 27(1), s. 147-151 [cit. 2021-03-08]. ISSN 13053612. Dostupné z: doi:10.5152/dir.2020.19560.

BENEŠ, J. a kol., 2015. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada. s. 228. ISBN 978-80-247-4712-5.

FOLEY, S. J. a kol., 2012. Establishment of CT diagnostic reference levels in Ireland. *The British Journal of Radiology* [online]. 85(1018), s. 1390-1397 [cit. 2021-03-08]. ISSN 0007-1285. Dostupné z: doi:10.1259/bjr/15839549.

GARBA, I. a kol., 2020. Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: A systematic review. *Radiography* [online]. 2020, s. 1-9 [cit. 2021-03-05]. ISSN 10788174. Dostupné z: doi:10.1016/j.radi.2020.08.011.

HABIB GERYES, B. a kol., 2019. Patient dose evaluation in computed tomography: A French national study based on clinical indications. *Physica Medica* [online]. 61, s. 18-27 [cit. 2021-03-15]. ISSN 11201797. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejmp.2019.04.004.

HEŘMAN, M. a kol., 2014. *Základy radiologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 320. ISBN 978-80-244-2901-4.

HUŠÁK, V. a kol., 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 138. ISBN 978-80-244-2350-0.

ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 2017, 46(1), s. 1-147 [cit. 2021-01-06]. ISSN 0146-6453. Dostupné z: [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_46\\_1](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_46_1).

JANG, J. a kol., 2016. Radiation Doses of Various CT Protocols: a Multicenter Longitudinal Observation Study. *Journal of Korean Medical Science* [online]. 31(1),



s. 24-31 [cit. 2021-03-23]. ISSN 1011-8934. Dostupné z: doi:10.3346/jkms.2016.31.S1.S24.

JÄRVINEN, H. a kol., 2017. Patient dose monitoring and the use of diagnostic reference levels for the optimization of protection in medical imaging: current status and challenges worldwide. *Journal of Medical Imaging* [online]. 4(3), s. 1-8 [cit. 2021-03-08]. ISSN 2329-4302. Dostupné z: doi:10.1117/1.JMI.4.3.031214.

KORANDA, P. a kol., 2014. *Nukleární medicína*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 204. ISBN 978-80-244-4031-6.

LEE, Kam L. a kol., 2020. Updated Australian diagnostic reference levels for adult CT. *Journal of Medical Radiation Sciences* [online]. 67(1), s. 5-15 [cit. 2021-04-20]. ISSN 2051-3895. Dostupné z: doi:10.1002/jmrs.372.

MACGREGOR, K. a kol., 2015. Identifying Institutional Diagnostic Reference Levels for CT with Radiation Dose Index Monitoring Software. *Radiology* [online]. 276(2), s. 507-517 [cit. 2021-03-09]. ISSN 0033-8419. Dostupné z: doi:10.1148/radiol.2015141520.

MERU, 2017. National survey on population dose from computed tomography 2017, Dublin. s. 1-83. Dostupné z: <https://www.hse.ie/eng/about/who/acute-hospitals-division/radiation-protection/meru-national-survey-on-population-dose-from-computed-tomography-2017.pdf>.

MOLKOVÁ, M., 2019. *Nevaskulární intervence v léčbě bolestí zad*. Olomouc. Bakalářská práce. Fakulta zdravotnických věd. s. 44.

NAVRÁTIL, L. a kol., 2019. *Medicínská biofyzika*. 2., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. s. 432. ISBN 978-80-271-0209-9.

PAULO, G. a kol., 2020. Diagnostic Reference Levels based on clinical indications in computed tomography: a literature review. *Insights into Imaging* [online]. 11(96), s. 1-9 [cit. 2021-03-12]. ISSN 1869-4101. Dostupné z: doi:10.1186/s13244-020-00899-y.

PETEROVÁ, V., 2010. *CT – základy vyšetření, indikace, kontraindikace, možnosti, praktické zkušenosti*. *Medicína pro praxi* [online]. 7(2), s. 90-94 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2010/02/12.pdf>.

Public Health England, 2019. National Diagnostic Reference Levels (NDRLs): from 19 August 2019. Dostupné z: <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl>.

REHANI, M. M., 2000. Radiation doses in computed tomography. *BMJ* [online]. **320**(7235), s. 593-594 [cit. 2021-03-23]. ISSN 09598138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.320.7235.593

REITEROVÁ, E., 2016. *Statistika pro nelékařské zdravotnické obory* [online]. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci [cit. 2021-01-30]. s. 104. ISBN 978-80-244-5082-7. Dostupné z: [https://www.fzv.upol.cz/fileadmin/userdata/FZV/Dokumenty/OSE/Statistika\\_pro\\_nelekarске\\_zdravotnicke\\_obory.pdf](https://www.fzv.upol.cz/fileadmin/userdata/FZV/Dokumenty/OSE/Statistika_pro_nelekarске_zdravotnicke_obory.pdf)

Rentgen bulletin, 2009, Dostupné z: [https://www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rtg\\_bulletin\\_2009.pdf](https://www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rtg_bulletin_2009.pdf)

SEIDL, Z., 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing. s. 372. ISBN 978-80-247-4108-6.

SÚKUPOVÁ, L., 2015. *Co představuje parametr CTDIVOL uváděný CT skenery a je tento parametr skutečně vhodný pro stanovení dávek pacientům? Česká radiologie* [online]. 2015, **69**(3), s. 194-200 [cit. 2021-01-06]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: <http://www.cesradiol.cz/detail.php?stat=523>.

SÚKUPOVÁ, L., 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing. s. 280. ISBN 978-80-271-0709-4.

VAN DER MOLEN, A. J. a kol., 2013. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands. *Insights into Imaging* [online]. 4(3), s. 383-390 [cit. 2021-03-10]. ISSN 1869-4101. Dostupné z: doi:10.1007/s13244-013-0253-9.

Věstník MZČR č. 11/2018 [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky 2018. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc11/2018\\_16563\\_3810\\_11.html](http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc11/2018_16563_3810_11.html).

Věstník MZČR č. 10/2016 [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky 2016. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc10/2016\\_13122\\_3442\\_11.html](http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc10/2016_13122_3442_11.html).

Věstník MZČR č. 6/2015 [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky 2015. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: [https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc6/2015\\_10291\\_3242\\_11.html](https://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnikc6/2015_10291_3242_11.html).

VOMÁČKA, J. a kol., 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2., doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. s. 160. ISBN 978-80-244-4508-3.

Vyhláška č. 422/2016 Sb. [online]. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, 2016. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>.

Vyhláška č. 55/2011 Sb. [online]. Vyhláška o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, 2011. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55>.

Zákon č. 373/2011 Sb. [online]. Zákon o specifických zdravotních službách, 2011. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2011-373>.

## Seznam zkratek

ALARA	„As Low As Reasonably Achievable“
BMI	Index tělesné hmotnosti (Body mass index)
cm	Centimetr
cm <sup>2</sup>	Centimetr čtvereční
CT	Výpočetní tomografie (Computed tomography)
CTA	CT angiografie mozkových tepen
CTDI <sub>vol</sub>	Objemový kermový index (Volume CT Dose Index)
CTDI <sub>w</sub>	Vážený kermový index
ČR	Česká republika
DLP	Součin kermy a délky (Dose Length Product)
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EK	Etická komise
FNOL	Fakultní nemocnice Olomouc
Gy	Gray
i.v.	Intravenózní
ICRP	Mezinárodní komise pro radiační ochranu (International Commission on Radiological Protection)
IZ	Ionizující záření
KAP	Součin kermy a plochy
K <sub>e</sub>	Vstupní povrchová kerma
kg	Kilogram
K <sub>i</sub>	Dopadající kerma
KL	Kontrastní látka/látky
kV	Kilovolt
LO	Lékařské ozáření
mA	Miliampér
mAs	Miliampérsekunda
MDCT	Multidetektorová výpočetní tomografie (Multi-detector computed tomography)
MDRÚ	Místní diagnostické referenční úroveň
mGy	Miligray

mGy.cm	Miligray.centimetr
mm	Milimetr
MRS	Místní radiologické standardy
mSv	Milisievert
např.	Například
NDRÚ	Národní diagnostické referenční úrovně
NRS	Národní radiologické standardy
PKL	Součin kermy a délky
RTG	Rentgenové záření
s.	Sekunda
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Sv	Sievert
tzv.	Takzvaný

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: NDRÚ pro výpočetní tomografii .....	26
Tabulka č. 2: Přehled veličin doporučených pro stanovení DRÚ pro CT .....	27
Tabulka č. 3: Průměrný věk pacientů u nativního vyšetření mozku .....	39
Tabulka č. 4: Průměrný věk pacientů u angiografie mozkových tepen .....	39
Tabulka č. 5: Průměrný věk pacientů u polytraumatu .....	39
Tabulka č. 6: Průměrná hmotnost pacientů u nativního vyšetření mozku .....	40
Tabulka č. 7: Průměrná hmotnost pacientů u angiografie mozkových tepen .....	40
Tabulka č. 8: Průměrná hmotnost pacientů u polytraumatu .....	40
Tabulka č. 9: MDRÚ FNOL .....	41
Tabulka č. 10: NDRÚ pro výpočetní tomografii .....	41
Tabulka č. 11: Průměrné hodnoty $CTDI_{vol}$ (mGy) a DLP (mGy.cm) nativního vyšetření mozku .....	41
Tabulka č. 12: Průměrné hodnoty $CTDI_{vol}$ (mGy) a DLP (mGy.cm) angiografie mozkových tepen .....	42
Tabulka č. 13: Průměrné hodnoty $CTDI_{vol}$ (mGy) a DLP (mGy.cm) u polytraumatu ..	42
Tabulka č. 14: Nativní vyšetření mozku, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy) .....	42
Tabulka č. 15: Nativní vyšetření mozku, hodnota DLP (mGy.cm) .....	42
Tabulka č. 16: Angiografie mozkových tepen, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy) .....	43
Tabulka č. 17: Angiografie mozkových tepen, hodnota DLP (mGy.cm) .....	43
Tabulka č. 18: Nativní vyšetření mozku, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy) .....	44
Tabulka č. 19: Nativní vyšetření mozku, hodnota DLP (mGy.cm) .....	44
Tabulka č. 20: Angiografie mozkových tepen, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy) .....	45
Tabulka č. 21: Angiografie mozkových tepen, hodnota DLP (mGy.cm) .....	45
Tabulka č. 22: Polytrauma, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy) .....	45
Tabulka č. 23: Polytrauma, hodnota DLP (mGy.cm) .....	45

Tabulka č. 24: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2017 .....	46
Tabulka č. 25: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2017.....	46
Tabulka č. 26: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2018 .....	47
Tabulka č. 27: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2018.....	47
Tabulka č. 28: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2019 .....	47
Tabulka č. 29: Dvouvýběrový t-test, srovnání angiografie a nativu, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2019.....	47
Tabulka č. 30: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2017 .....	48
Tabulka č. 31: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2017.....	48
Tabulka č. 32: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2018 .....	48
Tabulka č. 33: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2018.....	48
Tabulka č. 34: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2019 .....	49
Tabulka č. 35: Dvouvýběrový t-test, angiografie podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2019.....	49
Tabulka č. 36: Angiografie mozkových tepen dle pohlaví.....	49
Tabulka č. 37: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2017 .....	52
Tabulka č. 38: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2017.....	52
Tabulka č. 39: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota $CTDI_{vol}$ (mGy), rok 2018 .....	53
Tabulka č. 40: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2018.....	53

Tabulka č. 41: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota CTDI <sub>vol</sub> (mGy), rok 2019 .....	53
Tabulka č. 42: Dvouvýběrový t-test, nativní vyšetření mozku podle pohlaví, hodnota DLP (mGy.cm), rok 2019.....	53
Tabulka č. 43: Nativní vyšetření mozku dle pohlaví .....	54
Tabulka č. 44: Hodnota CTDI <sub>vol</sub> (mGy).....	56
Tabulka č. 45: Hodnota DLP (mGy.cm).....	56
Tabulka č. 46: Vyšetření polytraumatu dle pohlaví.....	57



## Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Celkový počet nativních vyšetření mozku .....	37
Obrázek č. 2: Celkový počet angiografických vyšetření mozku.....	38
Obrázek č. 3: Celkový počet vyšetřených polytraumat.....	38
Obrázek č. 4: Angiografie mozkových tepen dle pohlaví .....	50
Obrázek č. 5: Angiografické vyšetření mozkových tepen – střední hodnota CTDI <sub>vol</sub> (mGy) dle pohlaví .....	51
Obrázek č. 6: Angiografické vyšetření mozkových tepen – střední hodnota DLP (mGy.cm) dle pohlaví .....	51
Obrázek č. 7: Nativní vyšetření mozku dle pohlaví.....	54
Obrázek č. 8: Nativní vyšetření mozku – střední hodnota CTDI <sub>vol</sub> (mGy) dle pohlaví.....	55
Obrázek č. 9: Nativní vyšetření mozku – střední hodnota DLP (mGy.cm) dle pohlaví .....	55
Obrázek č. 10: Vyšetření polytraumatu dle pohlaví .....	57

## Seznam příloh

Příloha č. 1: Celkový počet nativních vyšetření mozku.....	75
Příloha č. 2: Celkový počet angiografických vyšetření mozku.....	75
Příloha č. 3: Celkový počet vyšetřených polytraumat.....	75
Příloha č. 4: Souhlasné stanovisko Etické komise Fakulty zdravotnických věd, Univerzity Palackého v Olomouci.....	76
Příloha č. 5: Souhlas s výzkumným šetřením ve FNOL.....	77

Příloha č. 1: Celkový počet nativních vyšetření mozku

<b>Nativní vyšetření mozku</b>	
<b>Rok vyšetření</b>	<b>Celkový počet vyšetření</b>
2017	5236
2018	5257
2019	5703

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Příloha č. 2: Celkový počet angiografických vyšetření mozku

<b>Angiografie mozkových tepen</b>	
<b>Rok vyšetření</b>	<b>Celkový počet vyšetření</b>
2017	491
2018	552
2019	614

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Příloha č. 3: Celkový počet vyšetřených polytraumat

<b>Polytrauma</b>	
<b>Rok vyšetření</b>	<b>Celkový počet vyšetření</b>
2017	354
2018	308
2019	327

Zdroj: Tabulku vytvořil autor diplomové práce

Příloha č. 4: Záznam o povolení Etické komise Fakulty zdravotnických věd, Univerzity Palackého v Olomouci



Fakulta  
zdravotnických věd

UPOL-109725/1050S-2020

Vážená paní  
Bc. Michaela Molková,

2020-06-25


Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážená paní Molková,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše diplomová práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomová práce s názvem „**Monitoring radiační zátěže pacientů vyšetřovaných pomocí CT**“ jehož jste hlavní řešitelkou, bylo uděleno

**souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP.**

S pozdravem,

  
Mgr. Lenka Mázalová, Ph.D.  
předsedkyně  
Etické komise FZV UP

Datum :

Podpis :

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



FAKULTNÍ NEMOCNICE<sup>®</sup>  
OLOMOUC

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

ODBOR KVALITY

Fm-MP-G015-05-ZADOST-001

verze č. 1, str. 1/2

### Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Bc. Michaela Molková

Datum narození: \_\_\_\_\_ Telefon: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

Kontaktní adresa: \_\_\_\_\_

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

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia:  prezenční  kombinovaná  distanční

#### Téma závěrečné práce:

Monitoring radiační zátěže pacientů vyšetřovaných pomocí CT

#### 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: RDG pracoviště (Radiologická klinika)

#### Účel žádosti:

- sběr dat/zjišťování informací pro zpracování diplomové/bakalářské práce  
 sběr dat/zjišťování informací pro zpracování seminární/odborné práce  
 sběr dat/zjišťování informací pro jiný účel: (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: \_\_\_\_\_

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_

K vyplnění žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

#### Nahlížení do zdravotnické dokumentace

Předpokládaný počet kusů zdravotnické dokumentace, do které bude žadatel nahlížet: 300

Termín, ve kterém bude žadatel nahlížet do zdravotnické dokumentace: od: 1. 9. 2020 do: 31. 12. 2020

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci: *Ve zdravotnické dokumentaci budu vyhledávat hodnotu DLT a efektivní dávku u pacientů, kteří podstoupili CT vyšetření hlavy. Dále pak pohlaví, věk pacientů a rok vyšetření. Pro práci nejsou potřebné žádné osobní a citlivé údaje pacientů. Pacienti budou vedeni pod čísly tak, aby byla zachována anonymita.*

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

**Ostatní**

kazuistika – počet:

vedení rozhovoru s pacientem FNOL – počet pacientů: \_\_\_\_\_

vedení rozhovoru se zaměstnancem FNOL – počet zaměstnanců: \_\_\_\_\_ povolání: \_\_\_\_\_

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

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

jiné (specifikujte):

Za které období budou data zjišťována: \_\_\_\_\_

Kdy proběhne sběr dat žadatelem: od: \_\_\_\_\_ do: \_\_\_\_\_

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

**Způsob zveřejnění závěrečné/seminární práce:** elektronicky, v tištěné formě

**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): 22. 5. 2020 Molková \_\_\_\_\_

Schválil (datum podpis):

26. 5. 2020 

Ing. Bc. Andrea Drobiličová  
Náměstkyně nelékařských oborů  
Fakultní nemocnice Olomouc®

**Poznámky:**