

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Jan Kovář

**Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech
CT vyšetření**

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D.

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 19. května 2023

Jan Kovář

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu prof. MUDr. Miroslavu Heřmanovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a trpělivost při odborném vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat paní RNDr. Evě Reiterové, Ph.D. a panu doc. RNDr. Přemyslovi Záškodnému, CSc. za konzultaci ke statistickému zpracování praktické části mé diplomové práce. Také děkuji svým nejbližším za podporu a v neposlední řadě všem, kteří byli ochotni se zúčastnit mého výzkumu.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: diplomová práce

Téma práce: Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření

Název práce: Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření

Název práce v AJ: Knowledge of radiological assistants about technical aspects of CT examination

Datum zadání: 2021-01-16

Datum odevzdání: 2023-05-19

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

Autor práce: Kovář Jan

Vedoucí práce: prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Tomáš Tichý

Abstrakt v ČJ: Cílem diplomové práce je zhodnotit míru znalostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Teoretická část předkládá přehled základních technických parametrů CT vyšetření, charakterizuje jejich vliv na kvalitu zobrazení a na radiační zátěž vyšetření. Dále pojednává o roli radiologických asistentů v otázce CT diagnostiky. Výzkumné šetření bylo provedeno způsobem kvantitativního výzkumu aplikací průřezové dotazníkové studie. Pro sběr dat byl využit již aplikovaný dotazník přeložený z angličtiny do češtiny a následně byl dotazník modifikován. Celkem se dotazníkového šetření zúčastnilo 79 radiologických asistentů. Míra znalostí radiologických asistentů byla charakterizována hodnou Skóre. Pomocí metod statistické analýzy byla popsána míra znalostí respondentů jako odpovídající normálnímu rozdělení. Zároveň nebyl prokázán vliv žádného z předpokládaných determinantů na míru vědomostí respondentů.

Abstrakt v AJ: The objective of the master's thesis is to assess the extent of knowledge of radiological assistants about technical aspects of CT examination. The theoretical part of the thesis submits a summary of fundamental technical parameters of CT examination, and it characterizes their impact on the image quality and on the dose. Furthermore, it deals with a role of radiological assistants in terms of CT diagnosing. A quantitative cross-sectional study design with a questionnaire survey was used to accomplish the research. Data was gathered by already applied questionnaire which was translated from English into Czech and then modified. Overall, 79 radiological assistants participated in the survey. The extend of knowledge of radiological assistants

was characterized by the Score value. Statistical methods described the extend of responders' knowledge as matching the normal distribution. Simultaneously, no leverage of the presumed determinants was proved.

Klíčová slova v ČJ: výpočetní tomografie, radiologický asistent, technické parametry, kvalita zobrazení, radiační zátěž, CT vyšetření

Klíčová slova v AJ: computed tomography, radiological assistant, technical parameters, image quality, radiation dose, CT examination

Rozsah: 78 stran / 10 příloh

Obsah

Úvod	8
1 Rešeršní činnost.....	9
2 Teoretická část.....	11
2.1 Základní technické aspekty CT vyšetření	11
2.1.1 Napětí.....	11
2.1.2 Anodový proud	12
2.1.3 Doba rotace a pitch faktor.....	13
2.1.4 Konfigurace detektorů	14
2.1.5 Rekonstrukční kernel a rekonstrukční algoritmus	14
2.1.6 Tloušťka rekonstruované vrstvy	16
2.2 Kvalita CT obrazu.....	17
2.2.1 Kontrast.....	18
2.2.2 Obrazový šum	19
2.2.3 Rozlišení při nízkém rozdílu kontrastu	20
2.2.4 Prostorové rozlišení (rozlišení při vysokém kontrastu)	21
2.3 Radiační zátěž CT vyšetření	25
2.3.1 Ovlivnění radiační zátěže při CT vyšetření	27
2.4 Role radiologického asistenta při CT vyšetření.....	29
2.5 Shrnutí teoretických východisek.....	31
3 Praktická část.....	32
3.1 Cíl výzkumu, výzkumné otázky, hypotézy	32
3.2 Charakteristika výzkumného souboru	32
3.3 Metoda sběru dat.....	33
3.4 Realizace výzkumu	33
3.5 Metody zpracování dat.....	34

3.6	Výsledky výzkumu ve vztahu k cílům práce	36
3.6.1	Získané skóre	36
3.6.2	Délka praxe	37
3.6.3	Druh zdravotnického zařízení	39
3.6.4	Práce s CT přístrojem	40
3.6.5	Nejvyšší dosažené vzdělání respondenta	41
3.6.6	Specializační vzdělávání	42
4	Diskuse	44
4.1	Limity, význam a návrhy pro další výzkumné šetření	54
5	Závěr	55
	Referenční seznam	57
	Seznam zkratk	65
	Seznam obrázků	67
	Seznam tabulek	67
	Seznam příloh	68

Úvod

V současné moderní medicíně mají zobrazovací metody nezastupitelnou roli. S obecným rapidním vývojem informačních technologií v poslední dekádě zaznamenaly i zobrazovací metody významný pokrok. Vývoj radiologických metod se posunul zejména k větší digitalizaci celého procesu. Dříve nedostupné modalitty jsou dnes již dostupnější a více využívány. (Vomáčka 2012, s. 7)

Jednou z těchto významných zobrazovacích modalit je výpočetní tomografie. I přesto, že klasická skiografie stále představuje většinový podíl všech radiologických výkonů celkově, vykazuje CT diagnostika stálý nárůst, jak do počtu provedených vyšetření, tak i analogicky do počtu přístrojů. Tento trend dokazují data SÚJB (2016, s. 33), podle kterých došlo pouze v prvních 10 letech 21. století k 40% nárůstu počtu CT vyšetření v České republice. U nových moderních CT přístrojů jsou kladeny vyšší požadavky na kvalitu vyšetření a na jejich technické parametry. Cílem těchto vyšších nároků je redukovat radiační zátěž CT vyšetření. I přesto, že počet CT vyšetření zaujímá až 3. místo v počtu všech radiodiagnostických vyšetření, je původcem nejvyšší kolektivní dávky, které jsou pacienti exponováni. (SÚJB 2016, s. 32)

Velikost radiační zátěže CT vyšetření a kvalitu výsledného obrazu ovlivňují nastavené technické parametry, které může měnit obsluhující pracovník – radiologický asistent. Charakter a vliv technických parametrů na radiační zátěž vyšetření a kvalitu výsledného obrazu bude popsán v teoretické části práce. Dále bude diskutována i současná role radiologických asistentů v otázce CT zobrazování. Cílem této diplomové práce je zjistit míru vědomostí radiologických asistentů o zmíněných technických aspektech CT vyšetření. V praktické části práce bude míra vědomostí vyhodnocena. Bude také zkoumáno, jaké možné faktory mohou míru vědomostí ovlivňovat. Výzkumné šetření ukáže, jak dobře znají čeští radiologičtí asistenti technické parametry CT vyšetření. Nebyl totiž nalezen žádný dosavadní výzkum na území ČR zabývající se touto problematikou. Výsledky budou porovnávány s dalšími výzkumy z různých zemí světa.

1 Rešeršní činnost

Vlastnímu vypracování literární rešerše a výběru tématu diplomové práce přecházelo studium následující základní literatury:

1. FERDA, Jiří, Hynek MÍRKA a Jan BAXA., c2009. *Multidetektorová výpočetní tomografie: technika vyšetření*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-608-3.
2. SÚKUPOVÁ, Lucie., 2018. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0709-4.
3. FERDA, Jiří, Milan NOVÁK a Boris KREUZBERG.,2002. *Výpočetní tomografie*. Praha: Galén, 663 s. ISBN 8072621726.
4. ROMANS, Lois E., 2011. *Computed tomography for technologists: a comprehensive text*. Philadelphia, Pennsylvania, United States: Wollters Kluwer Health / Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 978-0-7817-7751-3.
5. SZCZYKUTOWICZ, Timothy.,2020. *The CT handbook: optimizing protocols for today's feature-rich scanners*. Madison, WI: Medical Physics Publishing, xv, 570 s. ISBN 978-0-944838-53-2.
6. KALENDER, Willi A.,2011. *Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications*. 3rd revised edition. Erlangen: Publicis Publishing, 354 s. ISBN 978-3-89578-317-3.
7. Věstník MZČR č. 2/2016. NÁRODNÍ RADIOLOGICKÉ STANDARDY – VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE. Praha. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11347/36103/Vestnik%20MZ%20CR%202-2016.pdf>

Pro vypracování literární rešerše bylo celkem použito 6 odborných publikací, které se zabíraly řešenou problematikou diplomové práce. Zmíněné publikace jsou dostupné v portfoliu knihovny Univerzity Palackého v Olomouci. Legislativní normy týkající se tématu práce jsou dohledatelné na stránkách MZ ČR nebo MV ČR, jednalo se o 3 zdroje. Odborné články a vědecké studie použité pro tvorbu rešerše byly vyhledávány pomocí klíčových slov v českém jazyce: CT, výpočetní tomografie, parametry, vědomosti, radiologický asistent. Tato klíčová slova byla aplikována při vyhledávání v anglickém jazyce: CT, computed tomography, parameters, knowledge, radiographer. Byly využity databáze Medvik, PubMed, EBSCO a DataOfScience. Byly vyhledávány články publikované v časovém období 2011–2023. Celkem bylo nalezeno 150 článků. Vyřazeny byly duplicitní články a články neodpovídající zkoumané problematice.

Pro vypracování diplomové práce bylo použito celkem 27 odborných článků a vědeckých studií. Konečně byly využity veřejně dostupné internetové zdroje v počtu 22. Celkem bylo pro zhotovení této diplomové práce využito 58 informačních zdrojů týkající se zkoumaného tématu.

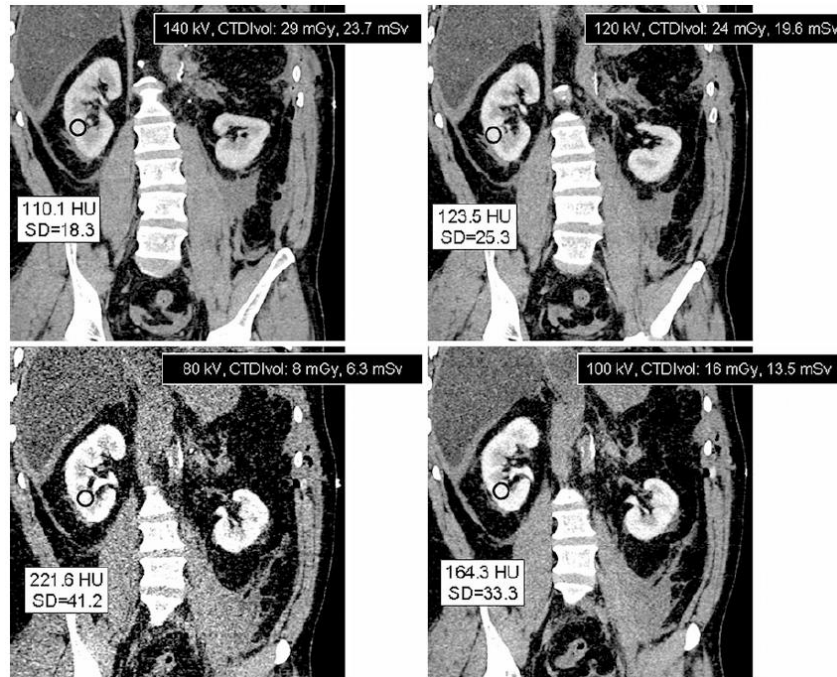
2 Teoretická část

2.1 Základní technické aspekty CT vyšetření

Pro efektivní provedení CT vyšetření, tj. pro získání potřebné diagnostické informace za současné minimální expozice pacienta, hrají důležitou roli technické aspekty CT vyšetření. Jinými slovy lze tyto aspekty nazvat jako technické parametry vyšetření. V závislosti na jejich pozici v zobrazovacím procesu je možné rozdělení na parametry primární a sekundární. Primární parametry ovlivňují samotnou akvizici dat, a proto se nazývají akvizičními parametry. Sekundární parametry, tedy ty, jež ovlivňují hlavně následnou rekonstrukci obrazu z již získaných dat se označují jako rekonstrukční parametry. Primární parametry zahrnují: anodové napětí, dobu rotace, anodový proud, pitch faktor, konfiguraci detektoru atd. Mezi rekonstrukční parametry se řadí např.: rekonstrukční kernel a šířka rekonstruované vrstvy. Zmíněné parametry ovlivňují nejen kvalitu obrazu, ale jejich správným nastavením lze docílit i redukce dávky, které byl pacient vystaven. (Súkupová 2016a; Raman 2013; Ferda c2009, s. 17) V teoretické části práce budou rozebrány všechny dílčí technické parametry vyšetření a vysvětlen jejich vliv na kvalitu zobrazení i velikost radiační zátěže pacienta.

2.1.1 Napětí

Tento parametr je charakterizován jako rozdíl elektrických potenciálů mezi katodou a anodou rentgenky. Napětí určuje maximální možnou energii fotonů emitovaného rentgenového záření vycházejícího z rentgenky během expozice. Při běžném CT vyšetření se hodnoty napětí pohybují od 80 do 140 kV. Hodnota napětí ovlivňuje i velmi důležitou veličinu, tj. lineární součinitel zeslabení. Změnou napětí tak dochází k odlišné absorpci záření v různých materiálech, což ve výsledku má vliv na kontrast a šum obrazu (viz Obrázek 1). Parametr výrazně ovlivňuje i dávku pacienta. Podle obecného pravidla lze tvrdit, že dávka klesá s kvadrátem napětí. Snížením hodnoty napětí ze 120 kV na 100 kV dojde k redukci dávky na pacienta cca o 30 %. Redukce dávky pomocí změn napětí rentgenky má ovšem odlišný charakter než pokles dávky při snížení anodového proudu. Redukce pomocí anodového proudu vykazuje lineární a předvídatelný vliv na poměr signál-šum. Snížení anodového napětí může vést k exponenciálnímu nárůstu obrazového šumu, a tedy nutnému současnému navýšení anodového proudu pro udržení přijatelné kvality obrazu. (Súkupová 2016b; Raman 2013, Lee 2012)



Obrázek 1: Densita a obrazový šum při různých nastavení napětí
Zdroj: Súkupová 2016b

2.1.2 Anodový proud

Množství emitovaných fotonů rentgenového záření na rentgence CT přístroje je přímo úměrné velikosti anodového proudu. Nárůst proudu či jeho součinu s expozičním časem (mAs) vede ke snížení obrazového šumu a ke zlepšení rozlišení při nízkém kontrastu. Nicméně, zároveň zvýšením anodového proudu dochází k nárůstu absorbované dávky na pacienta. Vztah mezi dávkou a anodovým proudem je charakterizován jako lineární – určité procentuální navýšení hodnoty proudu vede k procentuálně shodnému růstu dávky. Stejně jako velikost napětí, je možné manuálně nastavit i hodnotu anodového proudu. Moderní CT přístroje ovšem využívají tzv. systém automatické modulace proudu, jinak známý také jako systém automatické kontroly expozice. Principem tohoto systému je automatické nastavení hodnoty proudu na rentgence podle tloušťky vyšetřované části těla v ose x, y a ose z. Touto automatickou modulací dochází k minimalizaci obrazového šumu za současného šetření dávky na pacienta. (Súkupová 2018a, s. 124; Radan 2013; Lee 2012) Podle provedeného výzkumu Yurt et al. (2019) je dávka na pacienta při využití systému automatické modulace proudu redukována až o 31 %.

2.1.3 Doba rotace a pitch faktor

Kvalita výsledného obrazu je závislá na fluenci fotonů emitovaných z rentgenky, které byly zaregistrovány detektorem přístroje. Množství těchto fotonů je možné ovlivnit kromě již zmíněných parametrů i dobou rotace rentgenky. Jedná se o dobu, kdy rentgenka provede v gantry přístroje rotaci o 360° kolem vyšetřovaného objemu. Typická doba této rotace se pohybuje kolem 0,25 s až 1 s. Delší doba rotace rentgenky umožňuje detekci vyššího počtu fotonů, což snižuje výsledný obrazový šum, a dále dochází ze zlepšení kvality obrazu. Zároveň ale prodlužuje dobu skenování. Delší doba vyšetření může být v klinickém použití problematická např. v případech potřebného zadržení dechu pacienta. Ideální je nastavení co možná nejkratší doby rotace, která umožní získání obrazu s dostatečnou kvalitou zobrazení. Další limitací je i samotná technologická schopnost CT přístroje. Krátké doby rotace kladou na CT přístroj vysoké výkonnostní požadavky – přístroj musí za kratší dobu vyprodukovat dostatek záření, aby měl výsledný obraz adekvátní kvalitu. Kratší i delší doby rotace rentgenky mají své výhody a svá praktická využití. Rychlejší rotace má význam u nespolupracujících pacientů a dětí, jelikož kratší doba vyšetření snižuje pravděpodobnost pohybových artefaktů. Delší doba vyšetření se následně hodí u obézních pacientů, kdy by při příliš krátké době rotace mohlo dojít k překročení limitů nastavení u dalších akvizčních parametrů – mA a kV. (Súkupová 2018a, s. 124; Karla et al. 2015)

S parametrem doby rotace rentgenky úzce souvisí i tzv. pitch faktor. Tento akvizční parametr se uplatňuje při spirálním CT vyšetření, kdy dochází ke kontinuálnímu posunu stolu během rotace rentgenky a detektorů kolem vyšetřovaného objektu. Matematicky je hodnota pitch faktoru definována jako podíl posunu stolu během jedné rotace rentgenky a celkové kolimace svazku. Pokud je hodnota pitch faktoru menší než 1, dochází k překrývání ozářených vrstev – tzv. oversampling. Hodnota pitch faktoru větší než 1 znamená, že posun stolu za jednu rotaci je větší než celková šíře kolimovaného záření. Dojde sice k ozáření celé oblasti, ovšem data z některých projekcí pod určitým úhlem při dané pozici stolu nejsou získána a je proto nutné je rekonstruovat interpolací, což může vést k artefaktům. Pokud je pitch faktor roven 1, náběr dat je kontinuální a ozářené vrstvy se nepřekrývají. Nižší hodnoty pitch faktoru znamenají větší míru ozáření určité anatomické struktury, a tedy vyšší dávky na pacienta. Naopak vyšší hodnoty pitch faktoru vyplývají z rychlejšího posunu stolu a vedou k menšímu ozáření anatomických struktur vyšetřované oblasti – nižší celková dávka na pacienta. Tato závislost ovšem platí pouze v případě, že všechny ostatní akvizční parametry zůstanou neměnné. Obecně by se hodnota pitch faktoru měla měnit v závislosti na potřebnou rychlost vyšetření.

Za předpokladu, že ostatní parametry zůstávají konstantní, vyšší hodnoty pitch faktoru vedou k rychlejšímu vyšetření. Pro pokrytí větší části těla pacienta a orgánů, u nichž dochází k rychlým změnám, je častěji využíváno skenování s vyšším pitch faktorem. Menší anatomické struktury, u kterých je potřeba dobré prostorové rozlišení, je naopak výhodnější zobrazit za použití nižších hodnot pitch faktoru (např. koronární tepny). U moderních přístrojů nedochází ovšem pouze ke změně hodnoty pitch faktoru. Přístroje jsou navrženy tak, aby reagovaly na parametry změněné uživatelem a zachovaly dostatečně kvalitní obraz. Způsob, jakým systém automatické modulace proudu tuto kvalitu zachovává, se liší u různých výrobců CT přístrojů. (Súkupová 2018a, s. 124–125; Martin a Sookpeng 2016; Karla et al. 2015; Raman et al. 2013)

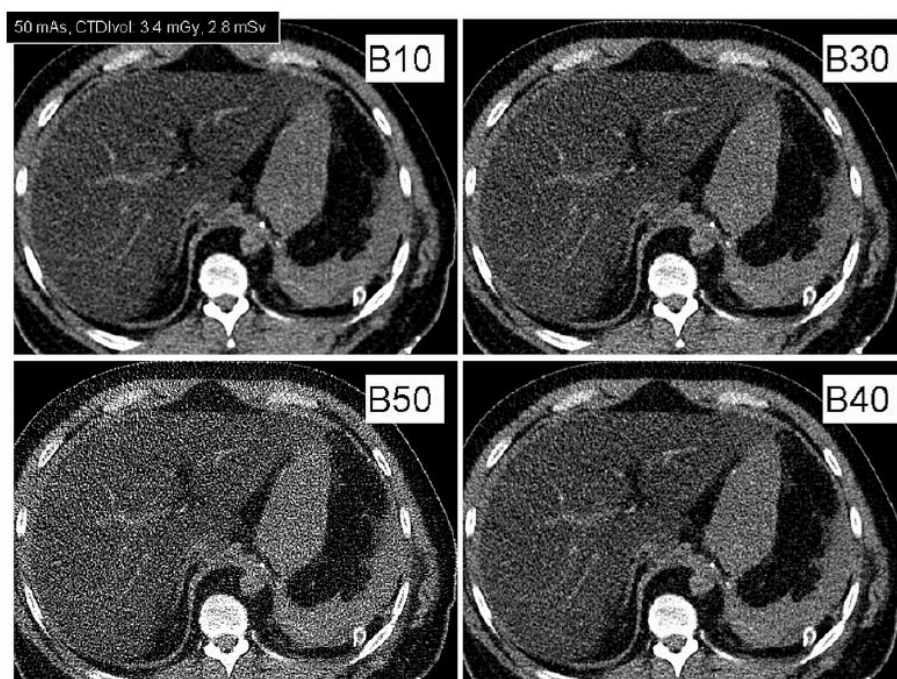
2.1.4 Konfigurace detektorů

Jedná se o šířku a počet řad detektorů, kterými CT přístroj disponuje. Multidetektorové nebo také multislice CT přístroje mají v ose z umístěno několik řad detektorů. Jejich celkový počet, šířka jednotlivých řad detektorů a jejich umístění je odlišné v závislosti na výrobcu přístroje. Data z jednotlivých detektorů jsou přenášena dále pomocí datových kanálů. Kanály mohou být rozděleny podle jednotlivých elementárních detektorů nebo lze více detektorů spojit do jednoho většího datového kanálu. Tato flexibilita umožňuje v nastavení vyšetření různorodé možnosti tloušťky jednotlivých řezů a jejich počet. Například, pokud bychom mluvili o konfiguraci 64x0,5 mm, jedná se o 64 datových kanálů se šířkou jednotlivého kanálu 0,5 mm. Tato hodnota označuje tzv. efektivní šířku detektoru. Efektivní šířka detektoru je minimální šířka rekonstruovaného obrazu z hrubých dat. Jestliže disponujeme dříve zmíněnou konfigurací 64x0,5 mm, není možné, aby rekonstruovaný obraz měl šířku nižší (např. 0,25 mm). (Súkupová 2018a, s. 128–129; Karla et al. 2015; Raman et al. 2013)

2.1.5 Rekonstrukční kernel a rekonstrukční algoritmus

Po akvizici tzv. hrubých dat je velké množství získaných informací zpracováno rekonstrukčním filtrem (kernelem). Aplikace filtru má za cíl redukovat případné artefakty v obraze. Druh použitého filtru dále rozhoduje o výsledné povaze obrazu (viz Obrázek 2). Na základě potřeby zobrazení může správně aplikovaný filtr obraz vyhladit či klást větší důraz na drobné detaily. Existuje velké množství rekonstrukčních filtrů. Některé filtry je možné aplikovat obecněji, jiné kernely se využívají ke specifickým vyšetřením. Hlavním požadavkem na rekonstrukční kernel je jeho aplikace na hrubá data (raw data). Výhodou této podmínky je možnost aplikace různých rekonstrukčních kernelů bez nutnosti opakované expozice pacienta.

Obecně je doporučováno využití vyhlazovacích kernelů u struktur s nízkým kontrastem vůči okolí. Naopak u vysoko kontrastních objektů je výhodnější použít ostřící kernely. (Súkupová 2018a, s. 130–131, Ferda c2009 s. 37)



Obrázek 2: Vliv volby kernelu na podobu výsledného obrazu

Zdroj: Súkupová 2016c

Po aplikování rekonstrukčního kernelu na hrubá data je pomocí výpočetní techniky z filtrovaných dat rekonstruován obraz. Základním standardem rekonstrukce obrazu je tzv. filtrovaná zpětná projekce. Nevýhodou této techniky je využití dat s nízkým poměrem signál-šum. Pro redukci obrazového šumu je proto nutné provést vyšetření za vystavení pacienta vyšším dávkám záření, aby bylo dosaženo akceptovatelné kvality zobrazení. Alternativou, kterou se snažili výrobci CT přístrojů reagovat na požadavky o snížení dávek na pacienta, byla iterativní rekonstrukce. Tato technika rekonstrukce je založena na postupu v jednotlivých krocích, kdy software provádí hrubé odhady obrazu cílové struktury. Tyto odhady následně porovnává s přesnými naměřenými daty z akvizice a případné odchylky kompenzuje. Konečným bodem je buď dosažení minimální odchylky „odhadnutého“ obrazu od naměřených dat, nebo je rekonstrukce zastavena po provedení určitého počtu jednotlivých odhadů (iterací). Výhodou iterativní rekonstrukce je podle výzkumu Kaza et al. (2012) snížení celkové dávky na pacienta až o 30 % při CT enterografických studiích, aniž by byla kvalita zobrazení redukována pod akceptovatelnou hranici. Využití iterativní rekonstrukce může také podle Martinsena et al. (2011) zlepšit kvalitu obrazu u CT vyšetření břicha za použití relativně nízkých hodnot anodového proudu. Nevýhodou iterativní rekonstrukce je již z její podstaty poměrně dlouhý rekonstrukční čas a nároky na výpočetní techniku. Výrobci CT přístrojů

se snažili tuto negativní stránku iterativní rekonstrukce vyřešit. První dostupnější variantou systému vylepšení iterativní rekonstrukce přinesla firma GE Healthcare v roce 2008 pod názvem „Adaptive statistical iterative reconstruction – ASIR“. Urychlení výpočetního procesu spočívá v iniciačním využití obrazu vytvořeného pomocí jednoduché filtrované zpětné projekce. Následné iterace dokončují finální obraz, jehož výhodou je oproti čisté filtrované zpětné projekci nižší přítomnost obrazového šumu. Dalším výrobcem, který se zapojil do vývoje IR systému byla firma Siemens, jež v roce 2009 představila svou verzi „Iterative Reconstruction in Image Space – IRIS“. IRIS se od ASIR odlišuje tím, že kroky iterací neprobíhají na hrubých datech, ale jsou aplikovány na obrazová data. V porovnání s ASIR je IRIS časově náročnějším postupem, ovšem nabízí obrazy s nižším šumem. Ostatní velcí výrobci CT přístrojů také představili své verze systémů iterativní rekonstrukce. Japonská firma Canon uvedla na trh svou technologii „Adaptive Iterative Dose Reduction – AIDR“. Ta je charakteristická tím, že sama určuje počet potřebných iterací pro každou akvizici. Výrobce Philips využívá tzv. Poissonova algoritmu, díky kterému redukuje obrazový šum již na základních raw datech. (Karla et al. 2015; Raman et al. 2013; Žižka 2011; Lee a Chhem 2010)

2.1.6 Tloušťka rekonstruované vrstvy

Po akvizici jsou ze získaných dat rekonstruovány jednotlivé řezy. Standardní jsou vrstvy v transverzální (axiální) rovině, z nich je ovšem možné rekonstruovat vrstvy i v dalších základních rovinách, tj. v sagitální a koronální rovině. Limitem minimální šířky rekonstruované vrstvy je šířka detekčního elementu. Tento obecný princip platí i v případě, že konfigurací došlo ke spojení více detekčních elementů v jeden datový kanál. Pokud tedy například spojíme dva detekční elementy o jednotlivé šířce 0,5 mm, bude minimální šířka rekonstruované vrstvy 1 mm (2x 0,5 mm). Nastavení šířky rekonstruované vrstvy ovlivňuje jak kvalitu obrazu, tak i dávku na pacienta. Nastavení tenčích vrstev vede ke snížení detekovaných fotonů pro rekonstruované vrstvy. To má za důsledek výskyt vyššího obrazového šumu (viz Obrázek 3). Pro dosažení požadované kvality zobrazení by tedy bylo nutné kompenzovat nedostatečný počet fotonů změnou příslušných akvizičních parametrů, které ovšem budou mít za následek nežádoucí zvýšení dávky na pacienta. Pro klinické účely by v rámci protokolu měla být šířka rekonstruované vrstvy nastavena i s ohledem na princip ALARA. Nastavení nižší tloušťky rekonstruovaných vrstev má své výhody i nevýhody. Značnou výhodou je např. redukce výskytu tzv. partial volume artefaktu. Tento artefakt by v klinické praxi mohl při nastavení silnějších rekonstruovaných vrstev znamenat přehlédnutí přítomného ložiska.

Nevýhodou tenčích vrstev je již zmíněný vysoký obrazový šum, popřípadě vyšší dávka na pacienta pro dosažení optimální kvality zobrazení. (Súkupová 2018a, s. 126–128; Raman et al. 2013)



Obrázek 3: Vliv rekonstruované tloušťky vrstvy na kvalitu obrazu
Zdroj: Súkupová 2016d

2.2 Kvalita CT obrazu

Cílem zobrazovacích metod v medicíně je poskytnout odborníkovi klinicky důležitou informaci o konkrétních strukturách lidského těla. Pro přesnou diagnostiku je ovšem nutné, aby získaná obrazová informace měla dostatečnou kvalitu. Je žádoucí určit kvantitativní veličiny, pomocí nichž by bylo možné obrazy hodnotit a srovnávat. Kvantitativní kritéria kvality obrazu jsou důležitá pro objektivní porovnání zobrazovacích systémů i případné optimalizace zobrazovacího procesu. Důležitou roli hraje optimalizace zobrazení zejména v případě, kdy je pacient během vyšetření vystaven ionizujícímu záření, které je charakterizováno určitou mírou nežádoucích účinků na pacienta. Snahou by tedy mělo být dosáhnout kompromisu mezi optimální kvalitou obrazu a minimální dosažitelnou dávkou ionizujícího záření, které musí být pacient vystaven. V neposlední řadě je důležité zmínit i ekonomickou stránku zobrazovacích metod. Obecně jsou pořízení i provoz zobrazovacích přístrojů nákladné a cílem by mělo být využít jejich provoz efektivně. (Bourne 2010 s. 87) Volbou akvizitních parametrů ovlivňuje operátor přístroje kvalitu výsledného zobrazení i dávku na pacienta. Snahou by tedy mělo být dosažení principu ALARA a optimální kvality zobrazení za použití co možná nejmenšího množství záření. (Súkupová 2018a)

Mezi základní kvantitativní indikátory kvality obrazu se řadí:

- rozlišení při nízkém kontrastu
- prostorové rozlišení

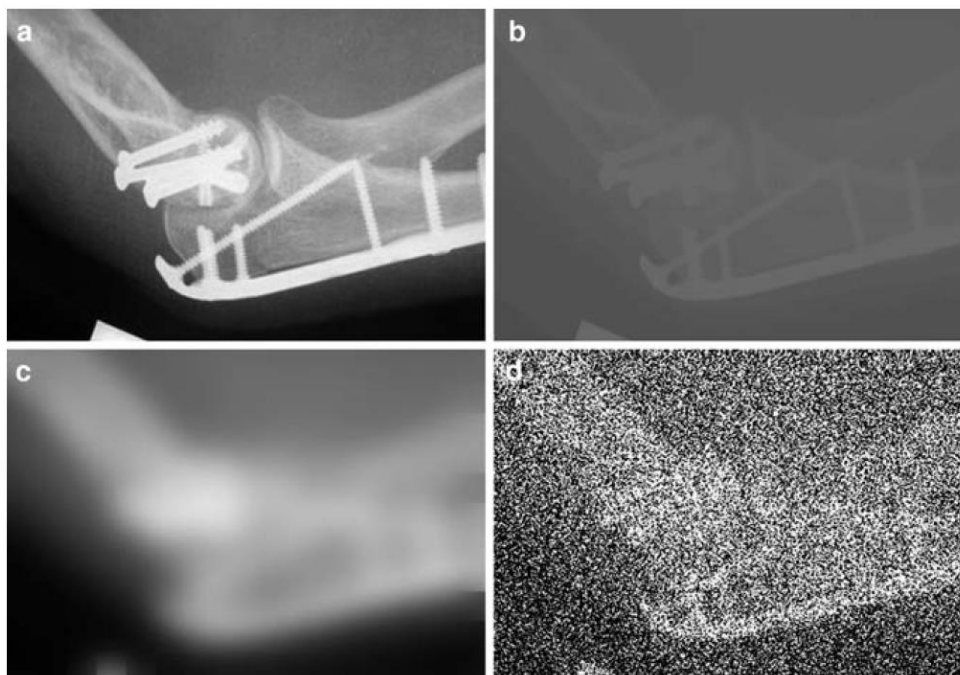
S těmito základními parametry kvality obrazu souvisejí také kontrast a obrazový šum. (Bourne 2010 s. 87–88) V této kapitole bude nejprve popsán vliv kontrastu a obrazového šumu na zobrazování pomocí výpočetní tomografie. Dále bude následovat jejich aplikace v otázce dříve zmíněných kvantitativních indikátorů kvality CT obrazu.

2.2.1 Kontrast

Zobrazovací metody jsou principem založeny na rozdílné interakci energie ionizujícího záření se zobrazovaným objektem v závislosti na jeho fyzikálních vlastnostech. Pokud by nedocházelo k těmto rozdílným interakcím, detekovaný signál by nenesl žádnou diagnostickou informaci o cílové struktuře. Kontrast je definovaný jako rozdíl mezi detekovanými signály pocházejících ze zobrazovaných struktur s různými fyzikálními vlastnostmi. Výsledkem je následně obrazový kontrast, který zachycuje rozdílné fyzikální vlastnosti struktur ve vyšetřované oblasti. Celkový obrazový kontrast lze vyjádřit jako součin kontrastu signálu C_S a kontrastu detektoru C_D .

$$C_I = C_S \times C_D$$

Kontrast signálu vyjadřuje rozdíl mezi signálem pocházejícím ze sousedních struktur zobrazované oblasti, kde jednotlivé struktury mají rozdílné fyzikální vlastnosti. Kontrast detektoru poté popisuje schopnost detektoru převést kontrast objektu na obrazový kontrast

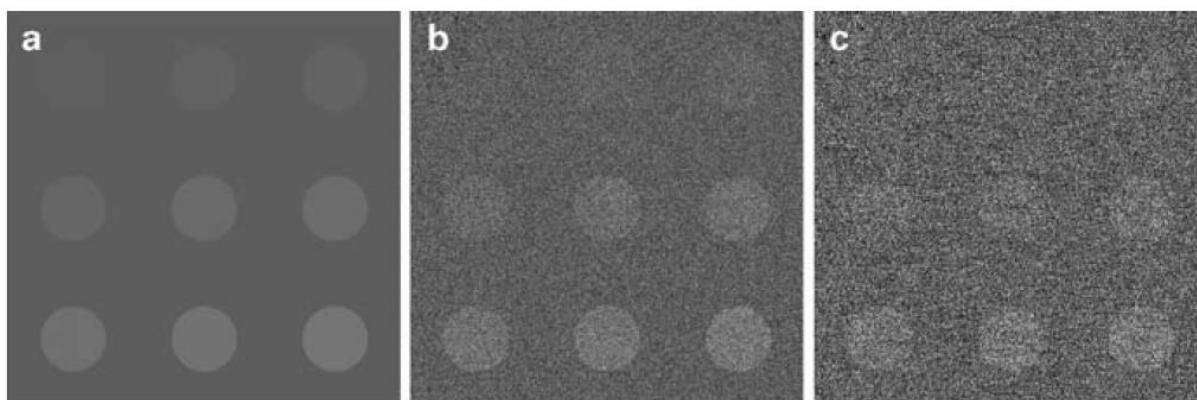


Obrázek 4: Kvalita rtg snímku s různou úrovní kontrastu a šumu
a) akceptovatelná kvalita snímku; b) příliš nízký kontrast, c) příliš nízké prostorové rozlišení; d) příliš vysoký šum
Zdroj: Súkupová 2018b

(viz Obrázek 4). Pro subjektivní vylepšení výsledného obrazového kontrastu je možné použít dostupné obrazové nástroje, ovšem pouze za předpokladu, že obraz disponuje nějakým minimálním kontrastem. (Súkupová 2018b; Bourne 2010 s. 88–89)

2.2.2 Obrazový šum

V oblasti zobrazovacích metod je šum definován jako neúčinný signál, který degraduje potřebnou diagnostickou informaci ve výsledném obraze (viz Obrázek 5). Jedná se o fluktuace detekovaného signálu. Ty mohou mít buďto náhodný charakter nebo se jedná o systémový problém. Vliv náhodného šumu na výsledný obraz lze redukovat například delší dobou měření signálu (delší expozicí), nebo vícenásobným provedením měření signálu. V praxi je systémový obrazový šum tvořen například systémovou chybou při rekonstrukci obrazu nebo proniknutím nežádoucího signálu do zobrazovacího řetězce (nejčastěji pocházejícího z napájení přístroje). V případě těchto systémových obrazových vad mluvíme o tzv. artefaktech. (Súkupová 2018c; Bourne 2010 s. 92–93)



Obrázek 5: Vliv zvyšující se hodnoty obrazového šumu na zobrazení fantomu
Zdroj: Súkupová 2018c

V případě zobrazování pomocí výpočetní tomografie lze druhy šumu rozdělit do tří kategorií:

- Kvantový šum/ statistický šum
- Elektronický šum
- Kvantizační šum

Kvantový šum hraje nejvýznamnější roli ze zmíněných druhů obrazového šumu. Důvodem je statistický charakter chování rentgenového záření. Hodnotu kvantového šumu lze vyjádřit jako druhou odmocninu celkového počtu detekovaných částic v určité oblasti. S kvantovým šumem souvisí i jedna z nejdůležitějších kvantitativních veličin kvality obrazu *SNR* (*signal to noise ratio*).

Matematicky lze tuto veličinu vyjádřit jako:

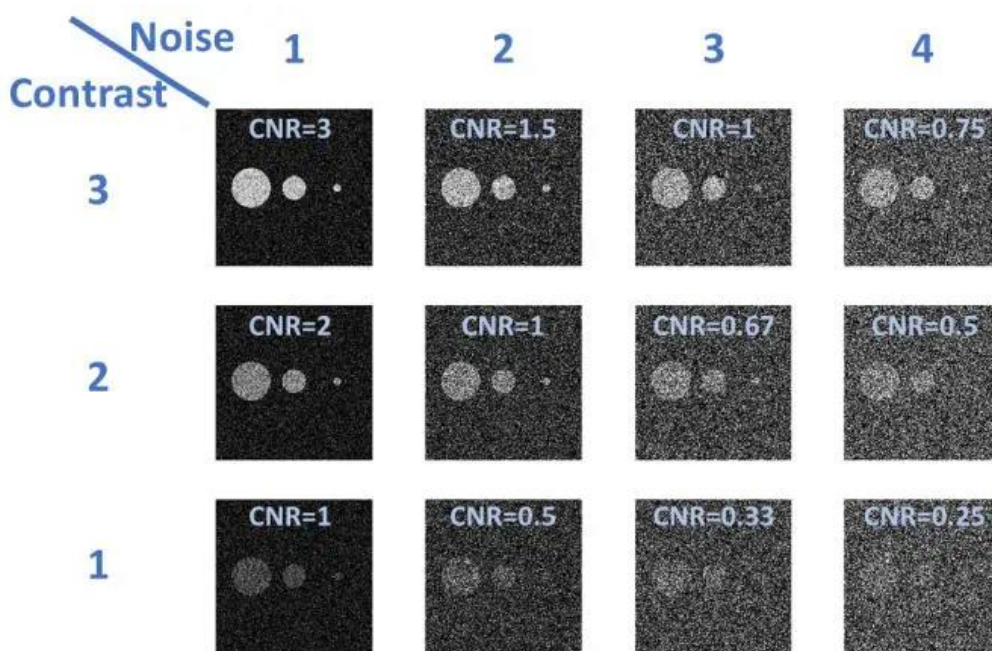
$$SNR = \frac{N}{\sqrt{N}}$$

Obrazový šum v tomto případě bude záviset na několika okolnostech. Pokud v rámci akvizčních parametrů dojde ke zvýšení hodnoty anodového proudu (mA), bude detekováno větší množství fotonů, což povede ke snížení kvantového šumu, a naopak ke zvýšení hodnoty SNR. Dojde ovšem zároveň i k vystavení pacienta vyšší dávce záření. Dalším determinantem je atenuace záření pacientem, tj. velikost pacienta. V případě obéznějších pacientů je hodnota SNR snižována, za předpokladu, že hodnota expozice zůstává konstantní. (Súkupová 2018c; Suetens 2017, s. 56; Bourne 2010 s. 93–94)

2.2.3 Rozlišení při nízkém rozdílu kontrastu

Obecně řečeno se jedná o schopnost zobrazovacího systému zobrazit malé změny signálu pomocí stupňů šedi a odlišit tyto změny od přítomného obrazového šumu. Podle Súkupové (2018a) je ovšem popsána veličina SNR problematická. Nepopisuje totiž vliv obrazového šumu na viditelnost objektu na obraze, jež je závislá na kontrastu. Z toho důvodu byla zavedena veličina *CNR* (*contrast to noise ratio*). Veličinu CNR je možné definovat vztahem:

$$CNR = \frac{(\mu_A - \mu_B)}{\sigma_{BG}}$$



Obrázek 6: Vztah mezi hodnotou CNR, kontrastem a obrazovým šumem
Zdroj: Nett 2023a

kde μ_A představuje průměrnou hodnotu naměřenou ve vymezeném ROI objektu, μ_B charakterizuje průměrnou hodnotu určenou v ROI pozadí a σ_{BG} představuje směrodatnou odchylku hodnoty pozadí. Vztah mezi hodnotou CNR kontrastem a obrazovým šumem (směrodatnou odchylkou) zobrazuje Obrázek 6. (Súkupová 2018a, s. 75; Bourne 2010 s. 99–100)

U fotonů s vyšší energií dochází k celkovému snížení kontrastu v obraze. Jako ideální se jeví nastavení co nejnižší hodnoty anodového napětí. Zároveň je ale nízká hodnota energie fotonů rentgenového záření spojená s vyšší dávkou na pacienta za předpokladu, že ostatní akviziční parametry zůstanou neměnné. Je proto nutné zvolit optimální nastavení primárních parametrů CT vyšetření, aby výsledný obraz dosahoval optimální kvality (dostatečný kontrast a akceptovatelný obrazový šum). (Súkupová 2018a, s. 77).

2.2.4 Prostorové rozlišení (rozlišení při vysokém kontrastu)

Tento parametr obrazu je možné nazvat také jako obrazová ostrost. Je popsán jako nejmenší objekt, jenž je stále rozpoznatelný na výsledném obraze. V digitální radiologii je hodnota prostorového rozlišení limitována velikostí základního zobrazovacího elementu. V praxi je ovšem velikost zobrazovacího elementu relativně zanedbatelným faktorem. Kromě receptoru záření se na výsledném prostorovém rozlišení podílí i ohnisko zdroje záření. Obecně platí, že čím je ohnisko zdroje menší, tím je lepší ostrost obrazu. Důležitým klinickým faktorem, jenž ovlivňuje prostorové rozlišení obrazu, je případná pohybová neostrost z důvodu nežádoucího pohybu pacienta při expozici. Proto je možné jako prevenci využít krátké expoziční časy při vyšetření nespolupracujícího pacienta. (Abdulla 2021a; Súkupová 2018a, s. 66)

Pro hodnocení prostorového rozlišení obrazu či celé zobrazovací modalit je nutné zavést metodu měření. Nejjednodušší metodou měření prostorového rozlišení je pomocí vizuální hodnocení vzoru, ve kterém jsou střídavě umístěny čáry tvořené rtg kontrastním materiálem (např. olovem) a vzduchem (viz Obrázek 7). Sofistikovanější metodou je postupné zmenšování mezer mezi proužky kontrastního materiálu. Hodnotící osoba nakonec zaznamenává nejmenší rozpoznatelnou část zobrazovaného vzoru. Menší mezera mezi rozpoznatelnými vzorky, a tedy vyšší prostorové rozlišení systému, je udáváno v lp/mm (line pairs per milimetre). Přímé vizuální hodnocení na tomto typu fantomu má své výhody i nevýhody. Výhodou je přímost měření a jeho jednoduchý princip. Hlavní nevýhodou pak zůstává značná subjektivita závislá na provádějící osobě. Výsledek se může pro totožný systém lišit. (Nett 2023b; Abdulla 2021a)

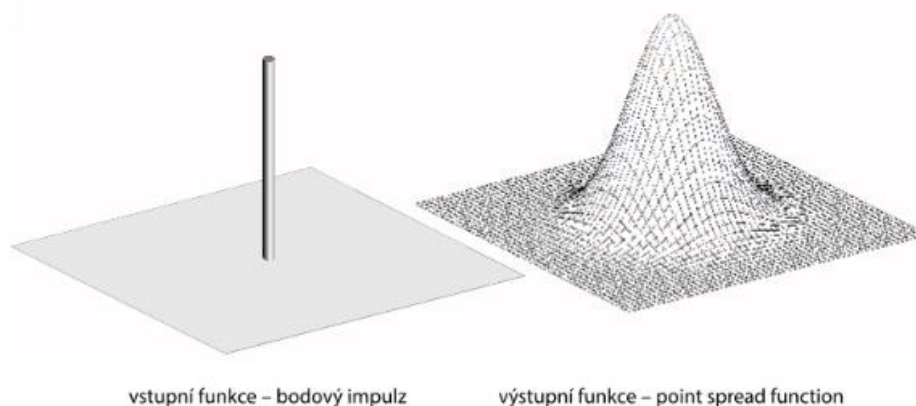
Image Resolution



Obrázek 7: Hodnocení prostorového rozlišení zobrazovací modality

Zdroj: Nett 2023b

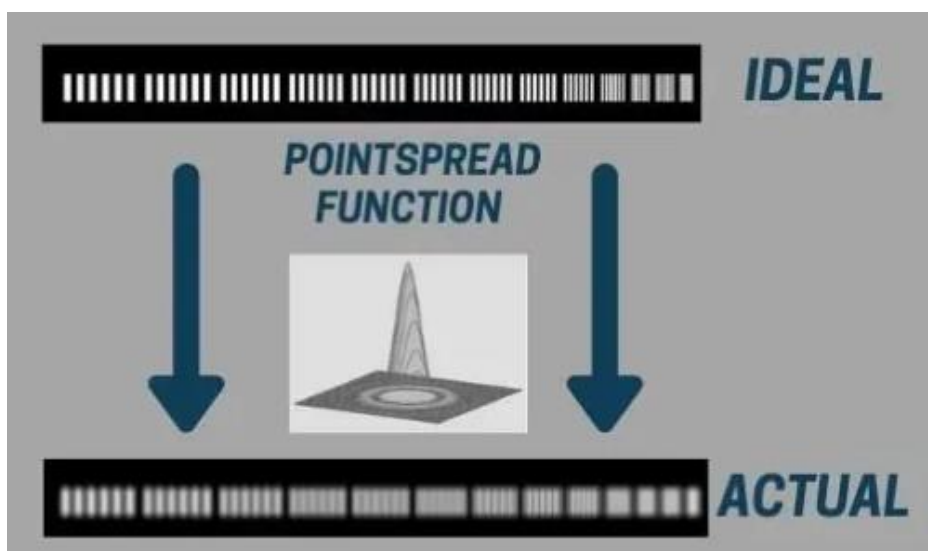
Aplikací této měřicí metody je možné prostorové rozlišení popsat ve dvou doménách: prostorové doméně a frekvenční doméně. V první ze zmíněných domén hrají důležitou roli pro popis prostorového rozlišení termíny Point Spread Function (PSF) a šířka píku v polovině maximální výšky píku (FWHM). Prostorová doména popisu ostrosti obrazu se opírá o tzv. teorii lineárního systému zobrazení. Principem této teorie je rozdíl mezi reálným (ideálním) zobrazovaným objektem a výsledným zobrazením (viz Obrázek 9). Pokud na počátku bude vstupem ideální nekonečně malý bodový impuls, po průchodu systémem dojde k rozmazání bodu do všech stran. Výsledný pozměněný obraz bodového zdroje je označován jako Point Spread Function (PSF) viz Obrázek 8. (Nett 2023b; Súčupová 2018a, s.67–68)



Obrázek 8: Znázornění bodového zdroje a PSF

Zdroj: Súčupová 2018a

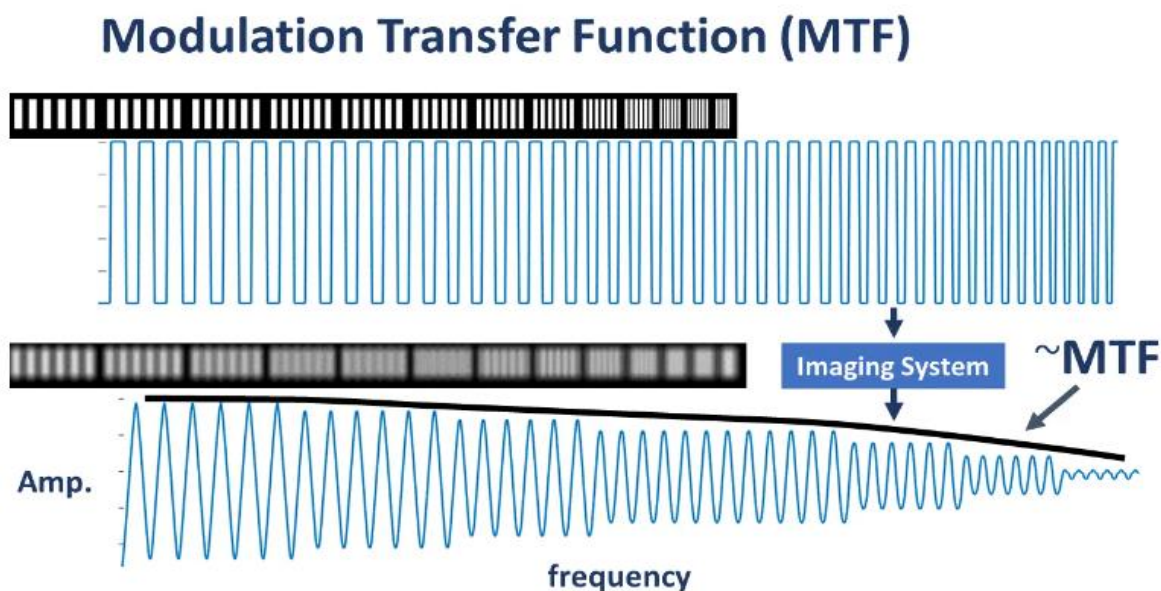
Pokud je výsledný obraz tvořen velkým počtem těchto nekonečně malých bodových signálů, teorie lineárního systému zobrazení předpokládá, že každý vstupní bod bude systémem zpracován stejným způsobem, a tedy každý bodový signál bude zobrazen jako Point Spread Function. Čím širší bude PSF, tím více bude její signál zasahovat do signálu okolních bodů. Výsledný obraz bude v tomto případě rozmazanější. Modelováním PSF lze pozorovat chování zobrazovacího systému a hodnotit jeho vliv na výsledný obraz. (Nett 2023b; Súkupová 2018a, s.67–68)



Obrázek 9: Rozdíl mezi vstupním a výstupním obrazem
Zdroj: Nett 2023b

Termín PSF má své místo i ve frekvenční doméně popisu prostorového rozlišení. Tato doména je měřena hodnotou lp/mm nebo pomocí modulační přenosové funkce (Modulation Transfer Function – MTF). Obraz s vysokou hodnotou lp/mm je obraz s vysokou hodnotou prostorové frekvence, jelikož zobrazuje mnoho měnících se světlých a tmavých čar na ploše 1 mm. Z tohoto důvodu je zapotřebí zobrazovacího systému, jenž je schopný dosáhnout potřebné frekvence. Jak dobře je zobrazovací systém schopný dosáhnout této frekvence charakterizuje hodnota MTF. Pokud zaneseme hodnoty signálu v ideálním obraze (viz Obrázek 9) do grafu, výsledkem bude křivka připomínající tvar sinusoidy, kdy kladná amplituda znázorňuje světlá místa a záporná amplituda místa tmavá (viz Obrázek 10). Pro ideální obraz platí, že velikost amplitudy bude konstantní. Měnit se bude pouze vzdálenost mezi jednotlivými body. To je způsobeno zvyšující se prostorovou frekvencí (lp/mm). Kontrast zobrazení je charakterizován velikostí amplitudy. Pro ideální obraz zůstává kontrast konstantní pro všechny hodnoty lp/mm. V reálném zobrazení ovšem dochází k redukci kontrastu zobrazení pro vyšší prostorové frekvence (viz Obrázek 10). Pokles amplitudy výsledného obrazu tvoří křivku, jež se označuje jako MTF.

Strmost poklesu křivky MTF znázorňuje, jak rychle systém ztratí schopnost zobrazit menší struktury, tj. jaké je jeho prostorové rozlišení. (Nett 2023b; Abdulla 2021a; Súkupová 2018a, s. 68–69)

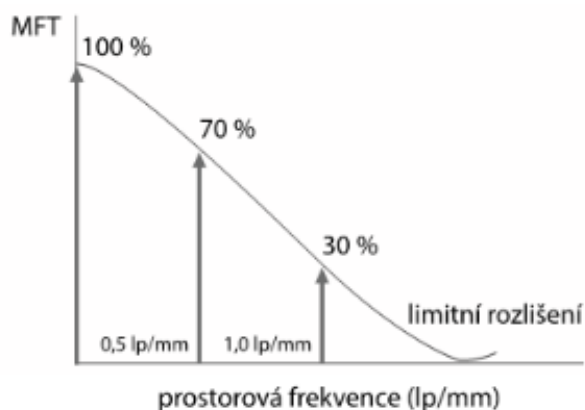


Obrázek 10: Odvození křivky MTF

Zdroj: Nett 2023b

Při aplikaci zobrazovacího systému v radiologii jsou kombinovány prostorové a frekvenční domény prostorového rozlišení. Existuje tedy vztah mezi PSF a MTF. Pokud při rekonstrukci obrazu aplikujeme na PSF Fourierovu transformaci, výsledkem bude MTF. Křivka MTF znázorňuje velikost tzv. modulačního přenosového faktoru (poměr kontrastu obrazu ku kontrastu reálného objektu) na prostorové frekvenci (lp/mm). MTF nabývá hodnot 0–1. Analýzou křivky MTF je možné spolehlivé kvantitativní hodnocení zobrazovacích systémů mezi sebou, i jednotlivých komponent zobrazovacího systému. Výsledná hodnota MTF je poté určena jako součin všech dílčích MTF jednotlivých komponent. Standardním postupem může být komparace hodnot lp/mm (osa x) v místě 70% maxima křivky MTF a následně v místě 30 % maxima křivky MTF (viz Obrázek 11). V případě digitální radiologie a moderních CT přístrojů není podle Súkupové (2018a, s. 72) možné aplikovat myšlenku MTF tak jednoduše. Hlavním důvodem je vzorkování signálu v procesu digitalizace. Kvůli technickým limitacím zobrazovacích přístrojů je obtížné dodržet Nyquistovo kritérium. U všech digitálních systému tedy dochází k podvzorkování signálu a při následné diskretizaci vzniká tzv. aliasing. Detaily s vyšší prostorovou frekvencí jsou zobrazeny jako struktury s nižší prostorovou frekvencí. Řešením by bylo dostatečně jemné vzorkování, které by ovšem zvyšovalo nároky na rychlost rekonstrukce obrazu a archivaci obrazových dat.

V praxi jsou místo klasické MTF využívány Presampled MTF (nezahrnuje krok vzorkování – je narušena aliasingem a geometrickou neostrotí) a Expectation MTF (zahrnuje vzorkování a aliasing – lépe charakterizuje MTF digitálního systému). V současnosti je více využíváný model Presampled MTF. (Nett 2023b; Abdulla 2021a; Sůkupová 2018a, s. 72–75)

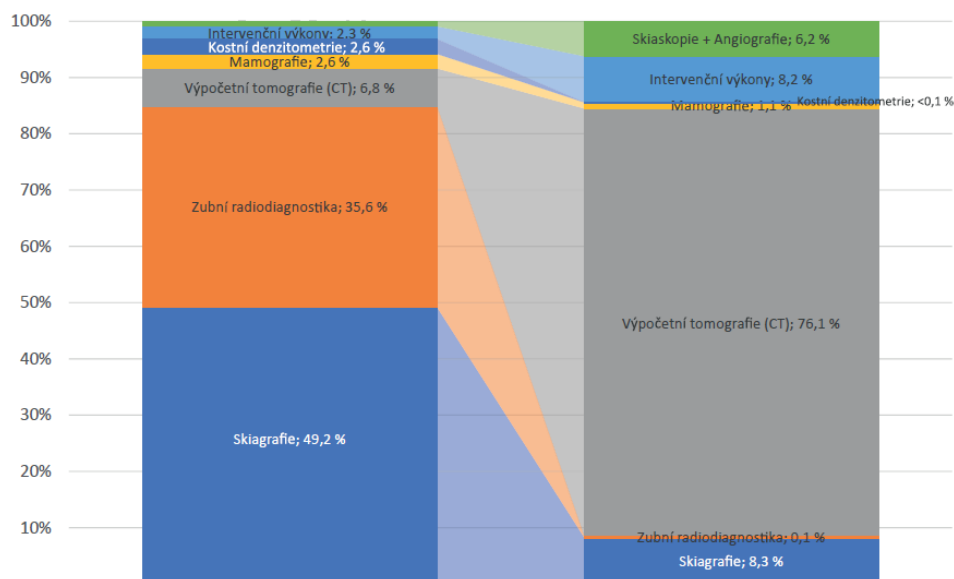


Obrázek 11: Odečet hodnoty prostorové frekvence pomocí MTF
Zdroj: Sůkupová 2018a

2.3 Radiační zátěž CT vyšetření

„Výpočetní tomografie je i přes zavádění nových technik snižujících dávku (nízkodávková vyšetření, iterativní rekonstrukce, automatická dávková modulace apod.) nejvýznamnějším zdrojem lékařského ozáření populace.“ (Mírka a Ferda 2015, s. 46)

Toto tvrzení dokládají i data SÚJB (2021, s. 32), která ukazují, že i když počet CT vyšetření představuje pouze cca 7 % všech provedených radiodiagnostických výkonů, v rámci radiační zátěže tvoří až 76,1 % (viz Obrázek 12). Naopak nejpočetnější skupina skiagrafických vyšetření (49,2 %) představuje pouze 8,3 % relativní kolektivní dávky. Dalším možným vysvětlením může být i trend současné radiologie v ČR, kdy podle SÚJB (2021, s.33) dochází k postupnému nahrazování stacionárních skiagrafických přístrojů moderními CT přístroji. To potvrzují i data ÚZIS (2018, 2022), která ukazují od roku 2011 do roku 2021 13,5% nárůst počtu CT přístrojů sledovaných na území ČR, zatímco u stacionárních skiagrafických přístrojů došlo podle ÚZIS (2013, 2022) během stejného období k 13,5% poklesu. Logicky také dochází i k nárůstu objemu provedených CT vyšetření. ÚZIS (2018, 2022) ve svých statistikách dokládá až 34% navýšení počtu provedených vyšetření pomocí výpočetní tomografie v období posledních 10 let.



Obrázek 12: Relativní četnost radiologických vyšetření a relativní kolektivní dávka

Zdroj: SÚJB 2021

Podle UNSCEAR (in UNEP 2016, s. 17) je ozáření dávkou 1 Sv spojeno až s 5% zvýšením rizika úmrtí na maligním onemocnění, jež bylo způsobeno samotným ozářením. Pokud pacient podstoupí CT vyšetření břicha, při kterém je vystaven podle SÚJB (2021, s. 30) efektivní dávce 10 mSv, je riziko úmrtí pacienta na ozáření indikované maligní onemocnění zvýšeno o 0,05 %. Jak udávají autoři Mírka a Ferda (2015, s. 46), může se tento nárůst rizika jevit jako zanedbatelný, ovšem je důležité si uvědomit, že v klinické praxi jeden pacient podstoupí tato vyšetření opakovaně. Cílem by tedy mělo být dosažení co možná nejnižší dávky při CT vyšetření indikovaného pouze v případech, že jeho diagnostická informace převyšuje zmíněná rizika spojená s vystavením pacienta ionizujícímu záření.

Pro určení míry radiační zátěže při CT vyšetření jsou využívány zavedené veličiny:

- CTDI [mGy]
- DLP [mGy × cm]
- Efektivní dávka [Sv]

CTDI je měřena za použití speciálních fantomů o různých velikostech odpovídajících rozměrům hlavy a trupu člověka. Podle zkoumané techniky CT vyšetření je měřena odlišná hodnota CTDI. V případě inkrementového vyšetření se jedná o $CTDI_w$. Pro dnes již častější techniku helikálního získání dat je výsledná hodnota CTDI uváděna v podobě $CTDI_{vol}$. Rozdílem mezi těmito dvěma veličinami je korekce $CTDI_w$ hodnotou nastaveného pitch faktoru. Další veličinou popisující radiační zátěž CT vyšetření je DLP (Dose Length Product). Jak již napovídá název veličiny, jedná se o součin dávky a délky rozsahu provedeného vyšetření.

V praxi se jedná o součin hodnoty $CTDI_{vol}$ a délky rozsahu vyšetření v cm. Poslední veličinou udávající radiační zátěž CT vyšetření je Efektivní dávka. Ta je charakterizována úhrnem všech ekvivalentních dávek vynásobených tkáňovými váhovými faktory. Efektivní dávka představuje nejobektivnější informaci o radiační zátěži. Lze ji měřit buďto pomocí speciálního fantomu nebo pomocí zvláštního matematického modelu (technika Monte Carlo). Pro orientační určení efektivní dávky lze použít součin DLP a tzv. konverzního faktoru. Hodnoty konverzního faktoru se liší v závislosti na druhu provedeného výkonu, pohlaví pacienta a nastavených expozičních parametrech. (Súkupová 2018a, s. 169; Mírka a Ferda 2015, s. 46–47)

2.3.1 Ovlivnění radiační zátěže při CT vyšetření

Z důvodu zvyšujícího se počtu provedených CT vyšetření roste i potřeba regulovat radiační zátěž z CT diagnostiky, která, jak bylo zmíněno výše, představuje značnou část lékařského ozáření. Této problematice se již věnovali někteří autoři. Mayo-Smith et al. (2014) ve svém článku uvádějí, že moderní CT přístroje jsou velmi sofistikované a umožňují provést rozsáhlé množství specifických vyšetření. Vyšetřovací protokoly by měly být přizpůsobeny velikosti pacienta, zobrazované anatomické struktuře a klinické indikaci vyšetření. Jiné parametry podle autorů (tamtéž) bude mít například vyšetření ledvinových kamenů oproti nádorovému stadiu. Mayo-Smith et al. (2014) také ve svém článku zmiňují seznam 11 praktických doporučení pro modifikaci CT vyšetřovacích protokolů za účelem redukce radiační zátěže:

1. Zvážit zařazení protokolů, které byly navrženy výrobcem přístroje společně s odbornými společnostmi.
2. Upravit protokoly na míru klinickým indikacím – vyšetřovací protokoly indikované pro hledání struktur o vysokém kontrastu (např. plicní uzly, polypy v tlustém střevě nebo ledvinové kameny) snesou vyšší míru obrazového šumu, a tudíž výraznější redukci radiační zátěže než například nízký kontrastní jaterní metastázy.
3. Využitím systému Automatické modulace proudu (AMP) lze dosáhnout znatelné redukce radiační zátěže. Výzkum McCollough et al. (2006) udává možnou redukci o 40 %. Novější článek Lee et al. (2011) poté vyhodnotil redukci radiační zátěže u vyšetření břicha až o 45 %. Poněkud rezervovanější výsledek udává nejnovější článek Yurt et al. (2019) – až 31% redukci radiační zátěže při využití AMP. I přesto autoři popisují redukci jako signifikantní za současného udržení kvality zobrazení.
4. Zvážit úpravu nastavení napětí podle hmotnosti pacienta a klinické indikace. Snížení nastaveného napětí ze 120 kV na 100 kV podle výzkumu Chang et al. (2013) vedlo

při CT kolonografii k redukci $CTDI_{vol}$ o 20 % a DLP o 16 %. Autoři sice uvádějí až 32% navýšení obrazového šumu, což ale podle nich nevedlo k zásadnímu zhoršení získaných 3D rekonstrukcí.

5. Dbát na správné centrování pozice pacienta. Jedná se o často opomíjenou součást vyšetření, která ovšem hraje překvapivě velkou roli v redukci dávky na pacienta. Podle provedeného výzkumu Habibzadeh et al. (2012) vede vychýlení od izocentra o pouhé 2,2 cm k nárůstu naměřené hodnoty $CTDI_{vol}$ o 23 % z důvodu chybné funkce AMP. V minulosti bylo provedeno hned několik výzkumných šetření, která měřila průměrné odchýlení pozice pacienta od izocentra. Nejstarší výzkum Toth et al. (2007) popisuje průměrný rozdíl mezi izocentrem a manuálně nastavenou pozicí pacienta 2,3 cm. Novější výzkum Kaasalainen et al. (2014) poukazuje na průměrný rozdíl v centraci pacienta v rozmezí 2,5–3,5 cm. Akin-Akintayo et al. (2019) popisují ve svém výzkumu průměrnou hodnotu vychýlení od izocentra 1,7 cm. Podobnou hodnotu udává i zatím poslední výzkum DeWeese et al. (2022) – 1,96 cm. I takovéto rozdíly mohou ovšem hrát nezanedbatelnou roli při redukci radiační zátěže CT vyšetření. Z tohoto důvodu se již výrobci přístrojů pokoušejí zlepšit přesnost centrování pacientů využitím umělé inteligence. Byly provedeny výzkumy, jež porovnávaly přesnost manuální centrace pacienta radiologickými asistenty a centraci pacienta umělou inteligencí. Saltybaeva et al. (2018) porovnávali ve svém výzkumu rozdíly mezi manuální centrací pacienta a centrací umělé inteligence. Systém automatické centrace pacienta zredukoval průměrné odchýlení od izocentra z 1,9 cm na 0,7 cm. Podobné výsledky dokazuje i výzkum Booiyi et al. (2022), kde došlo ke změně rozdílu centrace z 1,3 cm na 0,6 cm. Jak ovšem udávají autoři článku DeWeese et al. (2022), jsou stále tyto technologie dostupné v relativně omezené míře. Z toho důvodu je podle autorů (tamtéž) důležité zaměřit se na edukaci radiologických asistentů. Data výzkumu (tamtéž) prokázala statisticky signifikantní redukci nesprávné centrace pacienta po edukaci radiologických asistentů.
6. Snažit se při vyšetření zabrat pouze potřebnou vyšetřovací oblast.
7. Snažit se provést vyšetření pomocí co možná nejnižšího počtu vyšetřovacích fází.
8. Zkontrolovat nastavení kolimace vrstev u protokolů. – I když je pro mnohé indikace nezbytné použít úzkou kolimaci, tenčí vrstvy mají obecně vyšší hodnotu šumu, jenž může vyžadovat navýšení dávky systémem jako kompenzaci.

9. Pokud to CT přístroj dovoluje, zvážit zavedení předvoleb nastavení anodového proudu, včetně minimálních a maximálních limitů proudu, podle konstituce vyšetřovaného pacienta.
10. Snažit se využívat metodu iterativní rekonstrukce obrazu, jež umožní snížit obrazový šum pro "low-dose" techniky vyšetření
11. Vymezit dedikovaný tým, jenž by neustále monitoroval a vyhodnocoval CT protokoly a vyšetřovací techniky, a na který se mohou radiologové a radiologičtí asistenti v případě potřeby obrátit.

(Mayo-Smith et al. 2014)

I když je radiační zátěž CT vyšetření potencionálním rizikem, je potřeba uznat jeho benefity a zároveň se snažit toto riziko eliminovat. Radiologové by měli mít přehled o CT parametrech při optimalizaci vyšetřovacích protokolů a zajistit vhodné využití této zobrazovací modaloty pro potřeby svých pacientů při minimalizaci jejich radiační zátěže. Školení indikujících lékařů ohledně adekvátních indikací k vyšetření, týmová spolupráce společně s fyziky, radiologickými asistenty a výrobcí může vést k obecnému snížení radiační zátěže jako takové. (Mayo-Smith et al. 2014)

2.4 Role radiologického asistenta při CT vyšetření

V této kapitole diplomové práce bude představena obecná role radiologického asistenta v českém zdravotnictví a následně specifikováno jeho postavení v otázce zobrazování pomocí výpočetní tomografie.

„Za výkon povolání radiologického asistenta se považuje zejména provádění radiologických zobrazovacích i kvantitativních postupů, léčebné aplikace ionizujícího záření a specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s radiologickými výkony (...) a ve spolupráci s lékařem se podílí na diagnostické a léčebné péči.“ (§ 8 odst. 2 zákona č. 96/2004 Sb.)

Radiologický asistent provádí rutinní vyšetření samostatně bez odborného dohledu na základě indikace lékaře. Diagnostické závěry jeho práce ovšem poskytuje lékař radiolog, se kterým radiologický asistent úzce spolupracuje. Z podstaty radiologie je patrné, že se jedná o značně interdisciplinární obor. Radiologický asistent je proto nepostradatelnou součástí týmu zdravotnických pracovníků. Pro výkon povolání radiologického asistenta jsou důležité hluboké teoretické znalosti i praktické dovednosti, jež je nutné stále zlepšovat. (Vomáčka 2012, s. 12)

Role radiologického asistenta při CT vyšetření je autonomní a rozmanitá. Vyžaduje přehled ve složité národní legislativě, uznávaných odborných postupech, místních předpisech

a jejich následné dodržování. Dalšími požadavky na roli radiologického asistenta jsou potřebné dovednosti a značné znalosti v oborech anatomie, fyziologie a radiologie.

Práce podporuje kritické myšlení jedince a zároveň klade důraz na týmovou spolupráci. Cílem je poskytovat bezpečnou, kvalitní a empatickou péči o pacienta. (Johnson 2017)

Jak již bylo zmíněno výše, za posledních roky došlo k významnému navýšení počtu CT přístrojů i počtu provedených CT vyšetření. S tímto nárůstem potřebné péče se logicky zvyšuje poptávka po radiologických asistentech. Ovšem zatímco celkový objem provedených CT vyšetření stoupl zhruba o třetinu (viz výše), v období 2011–2021 došlo podle ÚZIS (2021, 2012) k navýšení počtu úvazků radiologických asistentů pouze cca o 8 %.

V porovnání s nárůstem objemu provedených CT vyšetření a jeho rostoucím trendu se nabízí názor, že nárůst úvazků radiologických asistentů není dostatečný. Pokud se k tomuto faktu přidá i potřebná generační obměna současných radiologických asistentů, může být takový nárůst ve výsledku zanedbatelný. Podobný názor uvádí i autor následujícího článku:

„České zdravotnictví se dlouhodobě potýká s nedostatkem radiologických asistentů. Důvodem přitom není jen jejich nedostatečná generační obměna, ale také prudce narůstající počet vyšetření zobrazovacími metodami. Potřeba radiologických asistentů je tedy každým rokem vyšší.“ (Medical Tribune 2023)

Autor článku (tamtéž) udává jako další důvody nedostatečný počet vysokých škol nabízejících vzdělávání radiologických asistentů. Ze všech 9 vysokých škol v současné době nabízejících obor Radiologický asistent absolvuje cca 150–160 studentů ročně. Navazující magisterské studium dnes nabízí pouze Univerzita Palackého v Olomouci. Tuto skutečnost vidí Lubomír Francl (in Medical Tribune 2022) jako další problém. Podle něj absolventi bakalářského studia, kteří mají ambice získat magisterské vzdělání, musí vystudovat jiný obor, v němž následně zůstávají a již se nevracejí do praxe jako radiologičtí asistenti.

Snahou je tedy podpora vzdělávání radiologických asistentů a s tím související otevírání nových oborů na dalších univerzitách. Z praxe je ale nutno zmínit, že počet absolventů vysokých škol se automaticky nerovná počtu nových úvazků. (Medical Tribune 2023)

MZ ČR (in Medical Tribune 2022) jako základní krok pro zlepšení situace v českém zdravotnictví uvádí snahu zlepšit povědomí veřejnosti o práci radiologických asistentů a vyvracení některých nepravdivých představ o tomto povolání. Pokud jde o systém vzdělávání radiologických asistentů, MZ ČR počítá s úzkou spoluprací s MŠMT, do jehož gesce tato problematika spadá. Jako další možná řešení uvedlo MZ ČR (tamtéž) možnou změnu názvu oboru, jelikož označení „asistent“ podle ministerstva ovlivňuje jeho prestiž.

Změny by podle MZ ČR (tamtéž) mohly nastat i ve finančním ohodnocení skrze úpravu platových tříd, do nichž se radiologičtí asistenti řadí. Dopad posledního zmiňovaného kroku na motivaci absolventů vidí ovšem autoři článku (tamtéž) poněkud skepticky.

2.5 Shrnutí teoretických východisek

Zobrazovací metody jsou nenahraditelnou součástí moderní medicíny a jejich využití neustále roste. Každým rokem se zvyšuje počet provedených radiodiagnostických vyšetření, což vede k nárůstu počtu potřebné techniky. I když se CT diagnostika neřadí na první příčky počtu provedených vyšetření, poptávka neustále roste. Moderní přístroje jsou stále sofistikovanější a komplexnější.

Kvalita vyšetření závisí na základních technických parametrech. Mezi takové základní aspekty se řadí například napětí, anodový proud či doba expozice. Kromě těchto zmíněných parametrů musely být ovšem zavedeny další, jež jsou spjaty se specifiky tomografického zobrazení potažmo s nástupem moderních multidetektorových CT přístrojů. Jedná se o konfiguraci detektorů, rekonstrukční algoritmy, rekonstrukční kernely nebo tloušťku rekonstruovaných vrstev.

Všechny tyto technické parametry CT vyšetření mají svůj vliv nejen na průběh vyšetření, ale mění i kvalitu výsledného zobrazení a v neposlední řadě i radiační zátěž pacienta. Obecně je snahou minimalizovat radiační zátěž vyšetření a zároveň dosáhnout potřebných diagnostických informací důležitých pro péči o pacienta.

Z tohoto důvodu je důležité mít povědomí o tom, jakými způsoby je možné riziko radiační zátěže redukovat. Kritická je tak role každého člena multidisciplinárního týmu, který se CT diagnostice věnuje a využívá ji. Kroky optimalizace radiační zátěže by tedy měly postupovat od prvotního sestavení vyšetřovacích protokolů a jejich následnému monitorování až po jejich každodenní aplikaci. S dnešním trendem individualizace zdravotní péče ovšem není možné nastavené protokoly využívat univerzálně. Je důležité, aby obsluhující odborník – radiologický asistent znal případné důsledky změn v nastavených parametrech protokolů a disponoval vědomostmi o přístroji, který ovládá. Proto je potřebné podporovat vzdělávání současných i budoucích radiologických asistentů.

Na základě dohledaných, popsaných a shrnutých teoretických poznatků byla zformulována výzkumná otázka: Jaká je míra znalostí radiologických asistentů pracujících v České republice o technických aspektech CT vyšetření a jaké faktory tuto míru znalostí ovlivňují?

3 Praktická část

3.1 Cíl výzkumu, výzkumné otázky, hypotézy

Cílem výzkumné části diplomové práce je zhodnotit míru vědomostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Na základě teoretických východisek je zřejmé, že znalosti radiologických asistentů o zobrazování výpočetní tomografií hrají důležitou roli v otázce kvality výsledného zobrazení tak i v rámci redukce radiační zátěže pacienta.

Po prostudování literatury a zpracování literární rešerše byla pro diplomovou práci zpracována tato výzkumná otázka:

Jaká je míra vědomostí radiologických asistentů pracujících v České republice o technických aspektech CT vyšetření a jaké faktory tuto míru znalostí ovlivňují?

Následně byly stanoveny výzkumné hypotézy:

Hypotéza 1 (H1): Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření budou mít charakter normálního rozdělení.

Hypotéza 2 (H2): Míra znalostí o technických aspektech CT vyšetření se bude lišit na základě délky získané praxe radiologického asistenta.

Hypotéza 3 (H3): Respondenti pracující ve fakultní nemocnici budou dosahovat vyšších průměrných výsledků než respondenti pracující v jiném druhu zařízení.

Hypotéza 4 (H4): Respondenti pracující u CT přístroje budou dosahovat vyšších průměrných výsledků než respondenti, jež na CT oddělení nepracují.

Hypotéza 5 (H5): Průměrný bodový zisk se bude lišit u respondentů s různým nejvyšším dosaženým vzděláním.

Hypotéza 6 (H6): Respondenti, kteří absolvovali specializační vzdělávání budou dosahovat vyšších průměrných výsledků než ostatní respondenti.

3.2 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořili radiologičtí asistenti pracující na radiologických či radiodiagnostických odděleních různých nemocnic na území ČR. Zastoupeny byly fakultní, krajské i okresní nemocnice. Celkově byla získána data od 79 respondentů, z nichž bylo 67 % (53) žen a 33 % (26) mužů. Celkový průměrný věk respondentů byl 34 let, kdy průměrný věk žen byl 32 let a u mužů 37 let. Nejnižší věk respondentů byl 22 let a nejvyšší 62 let.

3.3 Metoda sběru dat

Šetření bylo vedeno formou aplikovaného kvantitativního výzkumu, konkrétně se jednalo o průřezovou dotazníkovou studii. Hodnocená data byla získána pomocí online dotazníku zpracovaného ve službě Google Forms. Dotazník se skládal ze dvou částí – obecná část obsahující demografické údaje o respondentech a druhá odborná část zabývající se problematikou akvizičních a rekonstrukčních CT parametrů. Mezi demografické informace se řadily: pohlaví, věk, doba praxe respondenta na oddělení, zdali respondent pracoval, či pracuje na CT oddělení, jaké je nejvyšší dosažené vzdělání respondenta a jestli respondent absolvoval specializační vzdělávání podle Nařízení vlády č. 31/2010 Sb. Celkově obsahovala obecná část dotazníku 7 otázek. Odborná část dotazníku obsahovala jednu vzorovou otázku a 10 testových otázek. 9 z těchto otázek bylo rozděleno na dílčí dichotomické otázky (two-choice), tzn. odpověď ano/ne. Jedna otázka odborné části dotazníku byla pojata formou více alternativ odpovědí (multiple choice). Celkový počet otázek v odborné části dotazníku bylo 35. Otázky v odborné části dotazníku byly převzaty a modifikovány z dotazníku aplikovaného ve výzkumu Foley et al. (2013) a následně přeloženy autorem diplomové práce do českého jazyka.

Pro statistické hodnocení bylo použito výsledné skóre, kterého respondenti dosáhli po vyplnění dotazníku. Za každou správnou odpověď získal respondent jeden bod, za špatnou odpověď se body neodečítaly. Celkově tedy mohli respondenti získat 35 bodů. Dotazník je uveden v Příloze 8–10.

3.4 Realizace výzkumu

V první fázi výzkumného šetření bylo získáno souhlasné stanovisko Etické komise Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (viz Příloha 1). Po získání stanoviska byly podány žádosti o povolení o možném sběru dat do tří zdravotnických zařízení, a to Fakultní nemocnice Olomouc, Fakultní nemocnice Brno a Nemocnice České Budějovice (viz Přílohy 2–6). Dále byla požádána Společnost radiologických asistentů ČR, z.s. (SRLA ČR) o sdílení dotazníku na sociálních sítí společnosti (viz Příloha 7). Zdravotnická zařízení byla vybrána na základě ochoty vedení zúčastnit se výzkumného šetření a na základě osobních vazeb autora diplomové práce se zmíněnými zařízeními. Distribuce dotazníků a sběr dat probíhal od 12.12.2022 do 28.2.2023. Součástí distribuovaného online dotazníku byl i informovaný souhlas o dobrovolné účasti respondentů na výzkumu společně s potřebnými instrukcemi. Nebyl vyřazen žádný dotazník a byla využita data od 79 respondentů.

3.5 Metody zpracování dat

Získaná data z online dotazníku služby Google Forms byla převedena do tabulky programu Microsoft Office – Excel (2021/365). K následnému statistickému zpracování byl použit statistický software TIBCO Statistica 14.

Základem výzkumné části diplomové práce jsou získaná metrická i alternativní data a jejich následné zpracování a vyhodnocení využitím statistických metod. Pro statistickou analýzu byly použity tyto veličiny:

- **Skóre** – Hodnota výsledného dosaženého skóre, jež respondenti získali po vyplnění předloženého dotazníku. Za každou správnou odpověď byl přičten 1 bod. Za špatné odpovědi body nebyly odečítány.
- **Délka praxe** – Doba, po kterou respondent pracuje na svém oddělení ve zdravotnickém zařízení.

Dále byla data blíže rozdělena na základě demografických otázek v obecné části dotazníku:

- **Pohlaví a věk** – sloužily k bližší demografické charakterizaci výzkumného souboru.
- **Druh zdravotnického zařízení** – rozdělil respondenty na základě druhu zdravotnického zařízení, v němž respondent pracuje na fakultní nemocnici a ostatní zařízení.
- **Práce s CT přístrojem** – Respondenti uváděli, zda mají pracovní zkušenost s CT přístrojem.
- **Nejvyšší dosažené vzdělání** – umožnilo porovnat výsledky respondentů na základě nejvyššího dosaženého vzdělání, jaké v současné době může radiologický asistent získat.
- **Absolvování specializačního vzdělávání** – uvádělo fakt, zdali respondent absolvoval specializační vzdělávání v oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice podle platného Nařízení vlády.

Získaná data byla zpracována pomocí služby Google Forms, následně převedena do podoby tabulky Excel a konečně vyhodnocena využitím statistického softwaru TIBCO Statistica 14.

Cílem výzkumné části diplomové práce bylo získat odpověď na výzkumnou otázku a potvrdit či vyvrátit stanovené hypotézy. Pro posouzení správnosti aplikovaných statistických metod byly využity konzultace se statistiky (RNDr. Eva Reiterová, Ph.D. a doc. RNDr. Přemysl Záškodný, CSc.)

V rámci statistické analýzy získaných dat je důležité zjistit druh jejich empirického rozdělení – pro testování statistických hypotéz je směrodatné určit, zdali rozložení dat odpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení. Pro tento účel byl aplikován Shapiro-Wilkův test normality. Tímto způsobem byla ověřována výzkumná hypotéza H1. Všechny aplikované statistické testy byly provedeny na hladině významnosti 0,05. Podle výsledků zmíněných testů bylo možné konstatovat, že empirické rozdělení veličiny Skóre odpovídá teoretickému Gaussovu normálnímu rozdělení. Bližší výsledky týkající se testu normality veličiny Skóre budou popsány v další kapitole práce. Veličina Délka praxe podle výsledku výše zmíněných testů normálnímu rozdělení neodpovídala. Z tohoto důvodu byly použity metody parametrického i neparametrického testování statistických hypotéz.

V další části statistické analýzy získaných dat byly zkoumány možné determinanty míry znalostí respondentů, jež byla charakterizována veličinou Skóre. Mezi tyto ovlivňující faktory byly zařazeny všechny výše uvedené veličiny. K hodnocení sloužily metody deskriptivní a testovací statistiky. Pomocí deskriptivní statistiky byly všechny veličiny popsány a graficky znázorněny. Z důvodu práce s daty mající charakter normálního i nenormálního rozdělení byly použity v rámci testovací statistiky metody parametrické i neparametrické. V rámci parametrického testování hrály důležitou roli zejména Studentovy dvouvýběrové t-testy, jež se opírají o normální rozdělení dat a pomocí nichž byly analyzovány rozdíly mezi průměrnými hodnotami dvou nezávislých skupin. Pro komparaci více skupin byla využita analýza rozptylu (jednofaktorová ANOVA). Tyto zmíněné testovací metody hodnotily, zdali jsou zjištěné rozdíly v naměřených hodnotách statisticky významné. Neparametrické testování se zaměřovalo na možný vztah mezi veličinami Skóre a Délka praxe respondentů. V důsledku nenormálního rozdělení druhé ze zmíněných veličin byla analyzována hodnota Spearmanova korelačního koeficientu. Výše zmíněné statistické testy se týkaly výzkumné hypotézy H2–H6 a byly provedeny na hladině významnosti 0,05.

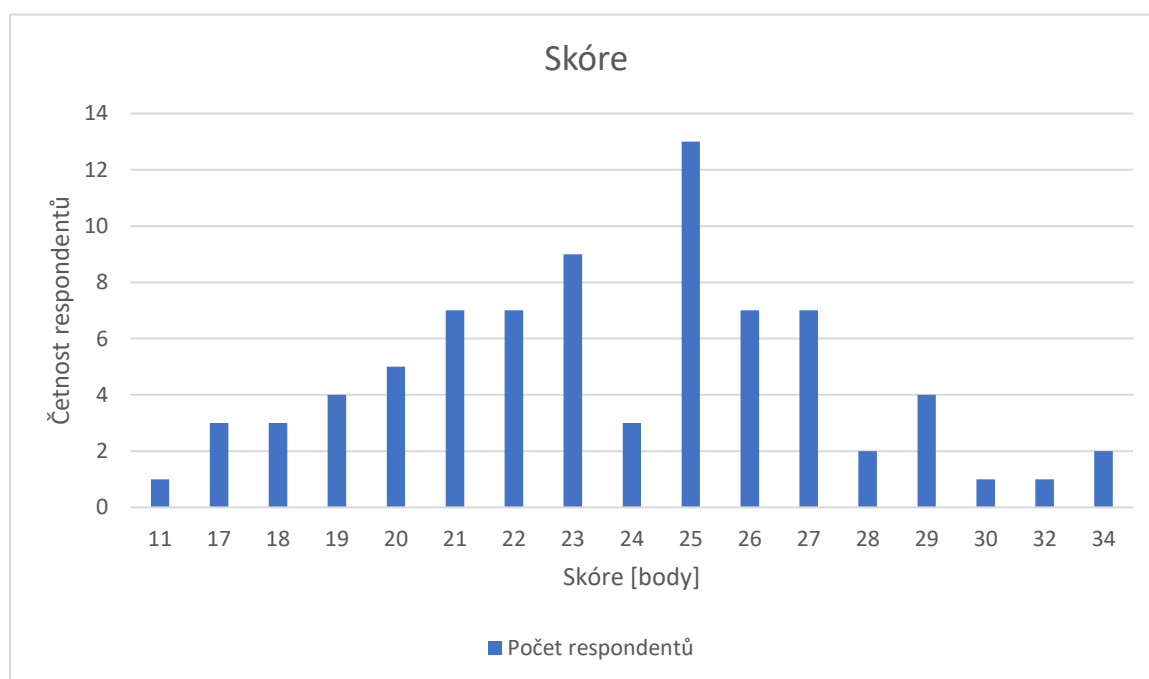
Analýzou výsledků deskriptivní a testovací statistiky bylo možné zodpovědět výzkumnou otázku, tj. Jaká je míra vědomostí radiologických asistentů pracujících v České republice o technických aspektech CT vyšetření a jaké faktory tuto míru znalostí ovlivňují? Následně na základě statistické metody umožnily přijetí či zamítnutí popsaných hypotéz. Výstupy statistického zpracování bylo také možné porovnat s dostupnými a již provedenými výzkumy zabývající se touto problematikou. Součástí hodnocení výsledků bylo také popsat limity provedeného výzkumu.

3.6 Výsledky výzkumu ve vztahu k cílům práce

Po provedení dotazníkového šetření byla získána data z celkového počtu 79 respondentů, kterými byli radiologičtí asistenti pracující ve zdravotnických zařízeních různého charakteru na území České republiky. Cílem diplomové práce bylo aplikací metod deskriptivní a testovací statistiky analyzovat míru vědomostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Dále byly analyzovány faktory, jež míru znalostí u respondentů mohou ovlivnit. Byly tedy hodnoceny i demografické informace z obecné části dotazníku (viz Příloha 8).

3.6.1 Získané skóre

Cílem práce bylo určit míru vědomostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Míru těchto vědomostí charakterizovala hodnota získaného počtu bodů, kterého respondenti dosáhli při vyplnění odborné části dotazníku. Četnost získaného skóre ukazuje Obrázek 13.



Obrázek 13: Četnost respondentů a hodnota skóre

Zdroj: vlastní výzkum

Průměrná hodnota získaného skóre byla 23,67 (SD \pm 3,97) bodů z celkových 35 možných (67,62 %). Medián hodnoty skóre byl 24 bodů. Jak ukazuje Obrázek 13, respondenti dosáhli bodového hodnocení v rozpětí 11–34 bodů. Žádný z respondentů nezískal 100 % bodů. 74 respondentů (94,93 %) získalo více než 50 % (17,5) bodů.

Za účelem rozhodnutí o přijetí či zamítnutí stanovené výzkumné hypotézy H1 a pro rozhodnutí o možné následující aplikaci parametrických či neparametrických statistických metod byl aplikován Shapirův-Wilkův test normality.

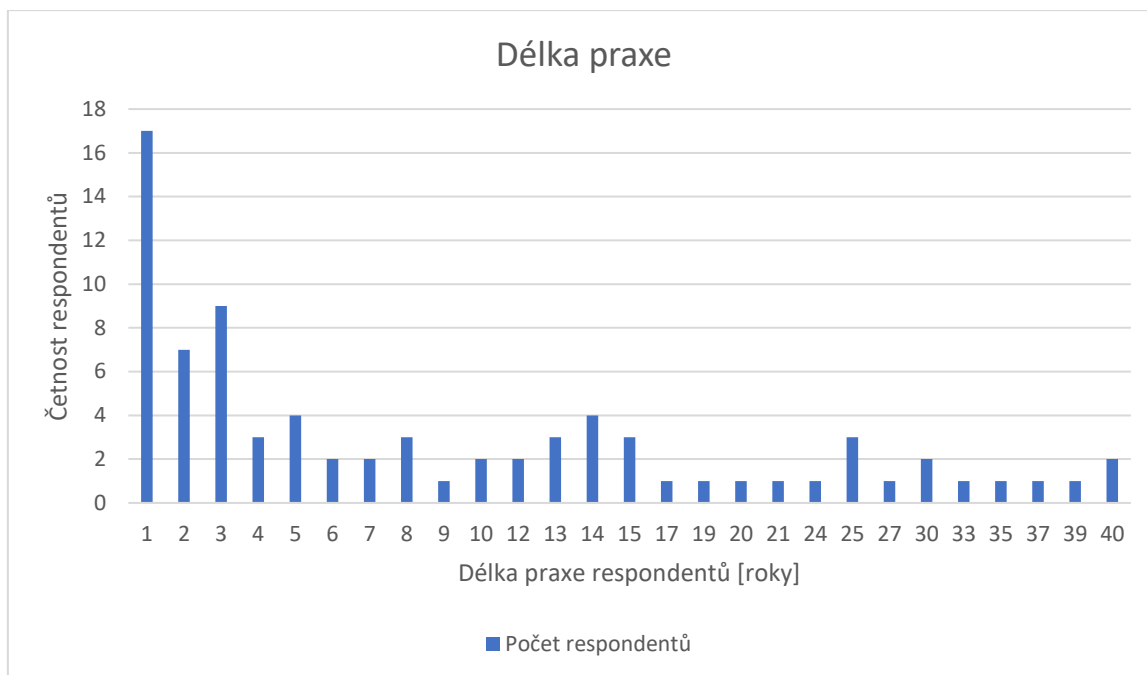
Byla stanovena nulová a alternativní hypotéza: H0: statistický soubor má normální rozdělení a HA: statistický soubor nemá normální rozdělení. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledků ($W=0,97944$, $p> 0,2$) bylo možné zamítnout alternativní hypotézu a přijmou nulovou hypotézu o normalitě rozdělení statistického souboru.

Je možné tvrdit, že rozdělení získaného skóre respondentů má charakter normálního rozdělení, tedy, že míra znalostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření odpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení.

Výsledek aplikovaného Shapirova-Wilkova testu normality podporuje přijetí stanovené výzkumné hypotézy H1 o normalitě rozdělení míry vědomostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření.

3.6.2 Délka praxe

Za účelem zodpovězení výzkumné otázky bylo nutné určit, jaké zjištěné faktory mají vliv na získané skóre respondentů. Jedním z těchto možných determinantů byla délka praxe, po kterou radiologický asistent pracoval ve zdravotnickém zařízení. Průměrná délka praxe u respondentů byla 10,38 ($SD \pm 11,06$) let. Medián byl 5 let a rozpětí se pohybovalo mezi 1 až 40 lety. Kvůli bližšímu určení aplikovatelné statistické metody byl i zde použit Shapirův-Wilkův test normality. Ovšem aplikace testu měla spíše formální charakter, jelikož, jak dokládá Obrázek 14, již po vizuálním hodnocení empirického rozdělení souboru bylo možné konstatovat, že tohoto rozdělení neodpovídá Gaussovu normální rozdělení.



Obrázek 14: Četnost respondentů a délka praxe

Zdroj: vlastní výzkum

Pro určení další aplikovatelné statistické metody byl využit již zmíněný Shapirův-Wilkův test normality a stanoveny statistické hypotézy – H_0 : statistický soubor má normální rozdělení a H_A : statistický soubor nemá normální rozdělení. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledku ($W=0,80731$, $p < 0,001$) bylo nutné zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu, tj. že empirické rozdělení neodpovídá normálnímu rozdělení.

Z tohoto důvodu byla za účelem otestování výzkumné hypotézy H_2 použita neparametrická metoda Spearmanova korelačního koeficientu, díky níž byl analyzován vliv délky praxe respondenta na získaný počet bodů. Na hladině statistické významnosti 0,05 byla získána hodnota Spearmanova korelačního koeficientu a dále proveden test významnosti korelačního koeficientu s hypotézami $H_0: R=0$ a $H_A: R \neq 0$. Na základě výsledku korelační analýzy a testu významnosti koeficientu ($R=0,14$, $t=1,24$, $p=0,21$) musela být zamítnuta alternativní hypotéza a přijata nulová hypotéza, tj. $R=0$.

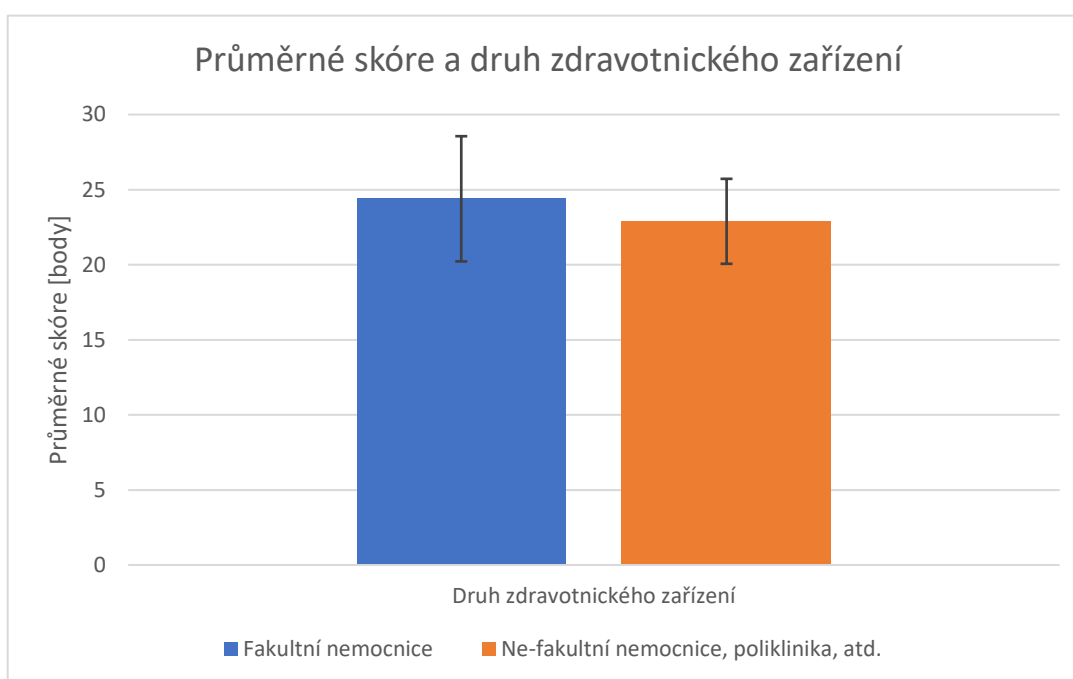
Je tedy možné tvrdit, že mezi získaným skóre respondenta a délkou praxe respondenta nebyla zjištěna žádná korelace.

Výsledek tohoto kroku podporuje zamítnutí výzkumné hypotézy H_2 o vlivu délky praxe respondenta na míru znalostí o technických aspektech CT vyšetření.

3.6.3 Druh zdravotnického zařízení

Dalším možným ovlivňujícím faktorem míry znalostí radiologického asistenta o technických aspektech CT vyšetření byl uvažován druh zdravotnického zařízení, ve kterém respondent pracuje.

V rámci dotazníkového šetření bylo možné respondenty rozdělit do dvou skupin (Fakultní nemocnice a Ne-fakultní nemocnice společně s ostatními druhy zařízení). Ze 79 respondentů 41 (51,8 %) uvedlo jako místo svého zaměstnání fakultní nemocnici, zatímco 38 (48,2 %) vybralo jako svou odpověď zařízení ne-fakultního charakteru.



Obrázek 15: Průměrná hodnota skóre podle druhu zdravotnického zařízení

Zdroj: vlastní výzkum

Průměrné bodové zisky zmíněných skupin respondentů jsou zobrazeny v Obrázku 15. Celková průměrná hodnota bodového zisku byla 24,39 (SD ± 4,17) bodů u respondentů pracujících ve fakultních nemocnicích a 22,89 (SD ± 2,83) bodů u ostatních respondentů. Při porovnání číselných hodnot i vizuálního zobrazení na Obrázku 15 je možné tvrdit, že v průměrném bodovém hodnocení existuje mezi skupinami rozdíl, tedy, že respondenti pracující ve fakultní nemocnici dosahovali průměrně lepších výsledků než respondenti pracující v jiném druhu zdravotnického zařízení.

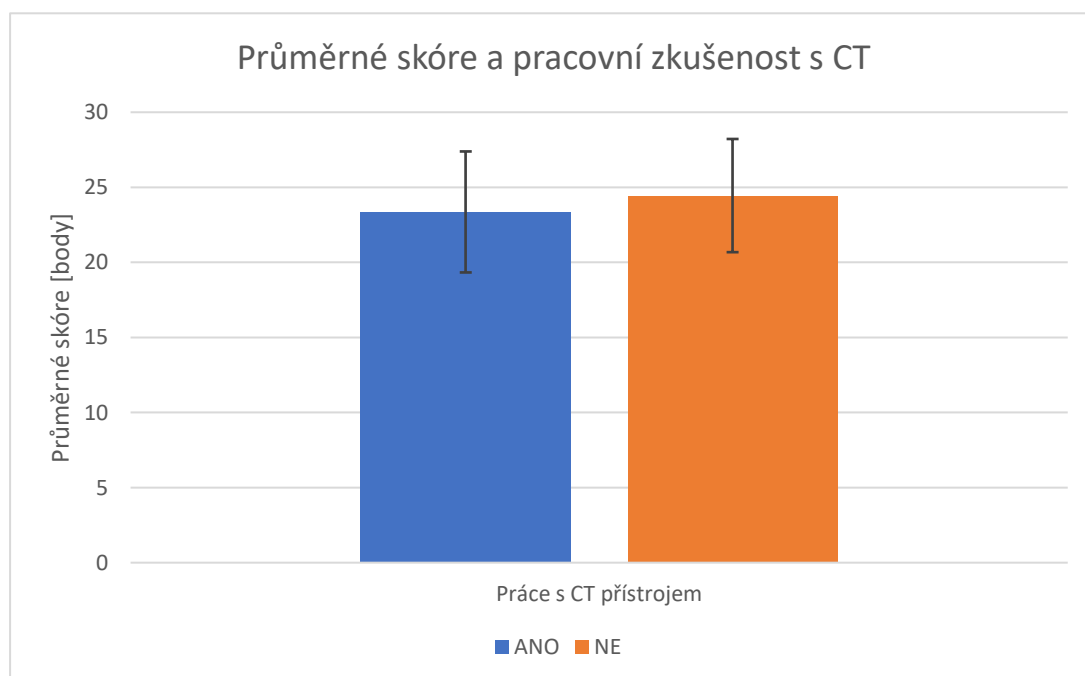
Významnost tohoto rozdílu byla testována použitím dvouvýběrového Studentova t-testu. Byly stanoveny statistické hypotézy – $H_0: \mu_1 = \mu_2$ a $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledků t-testu ($t = -1,69129$, $p = 0,094826$) bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu a přijmout nulovou hypotézu.

Výsledek Studentova t-testu podporuje tvrzení, že nebyl určen statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami dvou porovnávaných skupin.

Z tohoto důvodu je nutné zamítnout výzkumnou hypotézu H3 o vlivu druhu zdravotnického zařízení, v němž respondenti pracují, na míru znalostí respondentů o technických aspektech CT vyšetření.

3.6.4 Práce s CT přístrojem

Stejně jako byl v předchozí kapitole analyzován vliv druhu zdravotnického zařízení na míru vědomostí respondentů, v této kapitole bude hodnocen možný vliv pracovní zkušenosti s CT přístrojem na průměrné bodové hodnocení respondentů. Na základě odpovědí v dotazníku (viz Příloha 8–10) byli respondenti rozděleni do dvou skupin. Pracovní zkušenosti s prací na CT přístroji potvrdilo 57 (72,2 %) respondentů, naopak negativně odpovědělo 22 (27,8 %) respondentů. Hodnota průměrného bodového skóre respondentů je znázorněno na Obrázku 16. Průměrný bodový zisk respondentů, kteří odpověděli, že mají pracovní zkušenosti s CT přístrojem, byl 23,36 (SD ± 4,03) bodů a respondenti, jež nemají pracovní zkušenost s CT přístrojem dosahovali průměrného bodového zisku 24,45 (SD ± 3,77) bodů. Porovnáním zmíněných číselných hodnot a vizuální analýzy Obrázku 16 je možné konstatovat, že mezi skupinami existuje rozdíl v průměrných hodnotách Skóre, a to v prospěch skupiny bez pracovních zkušeností s CT přístrojem.



Obrázek 16: Průměrná hodnota skóre podle pracovní zkušenosti s CT přístrojem

Zdroj: vlastní výzkum

Pro zhodnocení statistické významnosti tohoto rozdílu byl aplikován Studentův dvouvýběrový t-test a byly stanoveny statistické hypotézy – $H_0: \mu_1 = \mu_2$ a $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$. Test byl proveden na hladině významnosti 0,05. Na základě výsledku testu ($t=1,090386$, $p=0,278944$) bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu a přijmout nulovou hypotézu.

Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v průměrných hodnotách bodového zisku mezi respondenty s pracovními zkušenostmi s CT přístrojem a bez pracovních zkušeností.

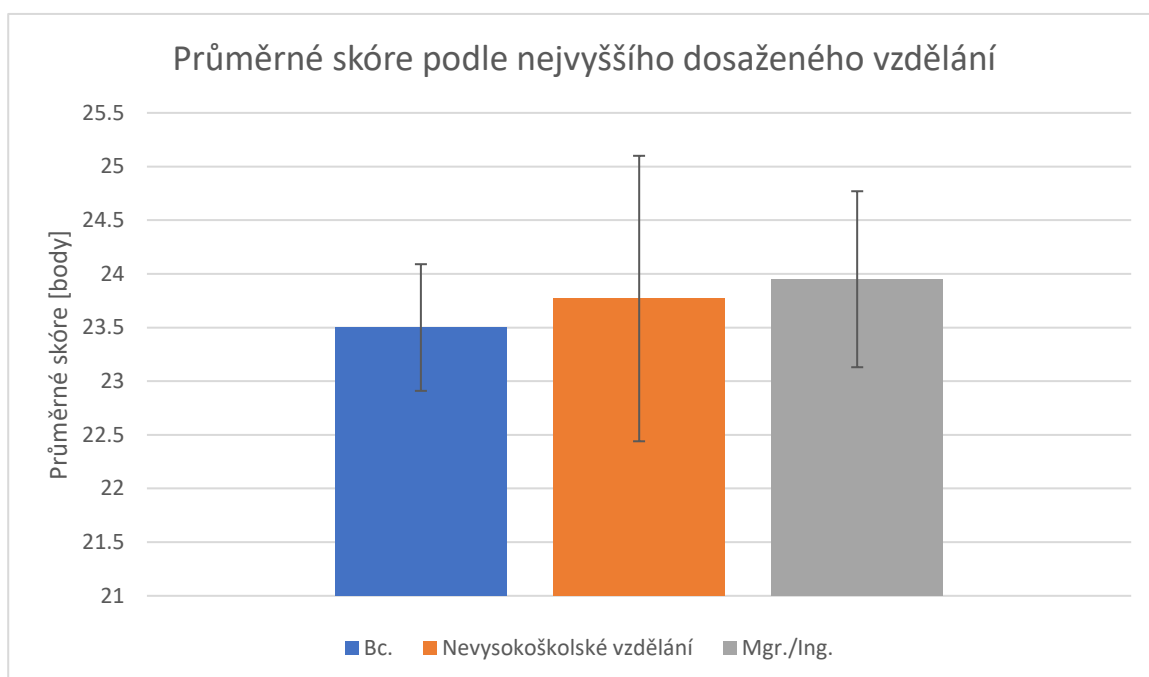
Na základě výsledku dvouvýběrového t-testu bylo nutno zamítnout výzkumnou hypotézu H_4 o vlivu pracovních zkušeností s CT přístrojem na míru vědomostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření.

3.6.5 Nejvyšší dosažené vzdělání respondenta

Pátým možným determinantem míry znalostí respondentů o technických aspektech CT vyšetření je nejvyšší dosažené vzdělání respondenta. V rámci předkládaného dotazníku (viz Příloha 8–10) měli respondenti v otázce nejvyššího dosaženého vzdělání 5 možností: středoškolské vzdělání, všeobecné odborné vzdělání, bakalářský titul, magisterský/inženýrský titul a doktorský titul Ph.D. Nejpočetnější skupinu představují respondenti s bakalářským titulem 46 (58,3 %) respondentů. Druhou nejpočetnější skupinou byli respondenti s magisterským či inženýrským titulem – 24 (30,4 %) osob. Z důvodu lepšího statistického zpracování byly skupiny respondentů se středoškolským vzděláním a vyšším odborným vzděláním sloučeny do společné skupiny Nevysokoškolské vzdělání.

Do této skupiny bylo zařazeno celkově 9 (11,3 %) osob. Poslední možnou alternativu Ph.D. titul ne zvolil žádný z respondentů. Průměrné hodnoty získaného skóre respondentů ve zmíněných skupinách znázorňuje Obrázek 17. Respondenti s bakalářským vzděláním dosahovali průměrného bodového skóre 23,5 ($SD \pm 0,59$) bodů. U radiologických asistentů bez vysokoškolského vzdělání odpovídala průměrná hodnota skóre 23,7 ($SD \pm 1,33$) bodů a v poslední skupině respondentů s Mgr./Ing. vzděláním byl průměr 23,9 ($SD \pm 0,82$) bodů.

Lze konstatovat, že mezi měřenými skupinami byl naměřen malý rozdíl v průměrných bodových hodnoceních respondentů. Nejvyšší z průměrných hodnot byla zjištěna ve skupině s Mgr./Ing. vzděláním.



Obrázek 17: Průměrná hodnota skóre podle nejvyššího dosaženého vzdělání

Zdroj: vlastní výzkum

Statistická významnost popsaného rozdílu mezi skupinami byla určena pomocí metody analýzy rozptylu, tzv. jednofaktorové ANOVY. Byly stanoveny statistické hypotézy – $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ a $H_A: \text{NON } H_0$. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Na základě výsledku analýzy – $F(2, 76) = 0,10611$, $p = 0,89946$ bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu a přijmout nulovou hypotézu, tj. $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$.

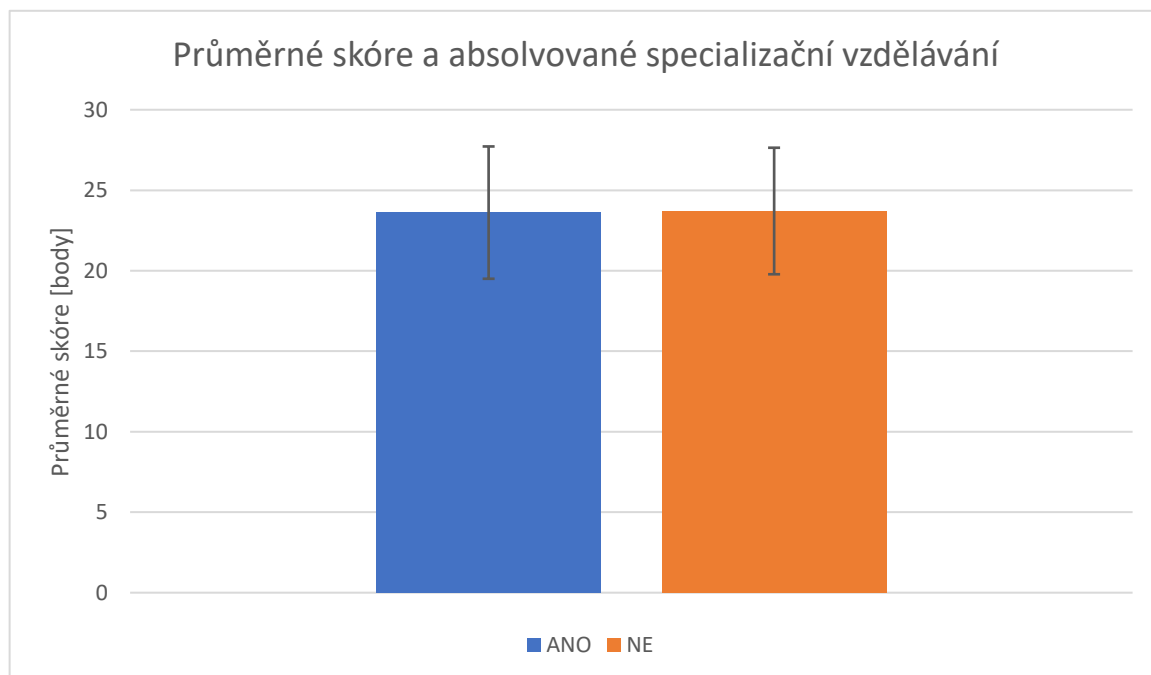
Metoda neprokázala statisticky významný rozdíl mezi průměrným skórem respondentů a jejich nejvyšším dosaženým vzděláním.

Vzhledem k výsledku jednofaktorové ANOVY bylo nutné zamítnou stanovenou výzkumnou hypotézu H_5 o vlivu nejvyššího dosaženého vzdělání na míru vědomostí respondentů o technických aspektech CT vyšetření.

3.6.6 Specializační vzdělávání

Posledním z uvažovaných determinantů míry vědomostí respondentů bylo absolvované specializační vzdělání podle Nařízení vlády č. 31/2010 Sb. Respondenti byli rozděleni do skupin na základě absolvovaného specializačního vzdělávání. Celkově odpovědělo 31 (39,2 %) respondentů kladně a 48 (60,8 %) záporně. Průměrné hodnoty skóre v těchto skupinách ukazuje Obrázek 18.

Respondenti, jež odpověděli na zmíněnou otázku kladně, a tudíž absolvovali specializační vzdělávání v oboru Zobrazovacích technologií v radiodiagnostice dosahovali průměrného skóre 23,61 (SD \pm 4,11) bodů, zatímco respondenti bez absolvovaného specializačního vzdělávání získali průměrně 23,71 (SD \pm 3,93) bodů. Analýzou číselných výsledků je možné pozorovat vyšší průměrný výsledek u skupiny respondentů bez specializace ve zmíněném oboru.



Obrázek 18: Průměrná hodnota skóre podle specializačního vzdělání

Zdroj: vlastní výzkum

Aplikací Studentova t-testu byla analyzována statistická významnost rozdílu mezi průměrných skóre mezi skupinami. Test byl proveden na hladině statistické významnosti 0,05. Byly stanoveny statistické hypotézy – $H_0: \mu_1 = \mu_2$ a $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$. Z důvodu výsledku aplikovaného testu ($t = 0,103572$, $p = 0,917778$) bylo nutné zamítnout alternativní hypotézu H_A a přijmout nulovou hypotézu $H_0: \mu_1 = \mu_2$.

Aplikovaný test neprokázal statisticky významný rozdíl mezi průměrným dosaženým skóre a absolvováním specializačního vzdělávání v oboru Zobrazovacích technologií v radiodiagnostice.

Z důvodu výsledku použitého statistického testu bylo nutné zamítnout poslední výzkumnou hypotézu H_6 o vlivu absolvování specializačního vzdělávání na míru vědomostí respondentů o technických aspektech CT vyšetření.

4 Diskuse

V této kapitole diplomové práce uvádím celkové zhodnocení výsledků provedeného výzkumu, jež byly získány pomocí statistické analýzy.

Cílem diplomové práce bylo určit míru vědomostí radiologických asistentů o technických parametrech CT vyšetření. V rámci položené výzkumné otázky bylo také důležité vzít v potaz možné determinanty této míry vědomostí. Mezi diskutované ovlivňující faktory se řadily především skutečnosti související s profesním charakterem respondentů. Jednalo se zejména o délku jejich praxe, absolvovaném specializačním vzdělání, pracovní zkušenosti s CT přístrojem, nejvyšším dosaženém vzdělání respondentů a druhu zdravotnického zařízení, v němž respondenti pracují.

Výsledným výstupem byla následně veličina Skóre, jež popisovala počet získaných bodů, které respondent obdržel při správném zodpovězení otázek v dotazníku. Tematické okruhy zmíněných otázek korespondovaly se seznamem technických parametrů, které byly zmíněny v teoretické části diplomové práce. Konkrétně se jednalo o parametry napětí, anodového proudu, pitch faktor, doba rotace, obrazový šum, obrazový kontrast a tloušťka rekonstruované vrstvy.

Kromě již zmíněných demografických informací, které byly o respondentech zjišťovány, patřily mezi ně i pohlaví a věk. Z celkových 79 respondentů tvořilo 53 (67,1 %) žen a pouze 26 (32,9 %) mužů. Jednalo se téměř o 50% rozdíl v zastoupení pohlaví u respondentů. Toto zjištění odpovídá i datům ČSÚ (2019a), který ve svých statistikách popisoval obecně větší zastoupení žen v českém zdravotnictví, a to zejména v nelékařských profesích. Pokud bychom měli mluvit o druhém demografickém údaji, tedy o věku, průměrný věk respondentů byl 34 let. Když tento údaj dáme do souvislosti s průměrnou délkou praxe respondentů (10 let) a porovnáme s údaji poskytovanými ČSÚ (2019b), jenž udává průměrný věk nelékařských pracovníků v České republice jako 46,1 let, lze konstatovat, že dotazníkového šetření se zúčastnili spíše mladší jedinci z řad radiologických asistentů. Nabízí se tedy otázka, zdali ohledně zkoumaných vědomostí mají výhodu respondenti s delší dobou praxe, a tedy s vyšší mírou praktických zkušeností, nebo respondenti krátkou dobu po zakončení studia a relativně čerstvými teoretickými poznatky, kterými zkoumané vědomosti jsou. Jak ovšem bylo zjištěno statistickou metodou Spearmanova korelačního koeficientu, nebyl prokázán žádný vztah mezi získaným bodovým skóre a délkou praxe respondenta. Stejná metoda neprokázala ani korelaci mezi věkem respondenta a hodnotou Skóre. Toto zjištění bylo překvapující. Hypoteticky se nabízela korelace ve prospěch respondentů s delší dobou praxe, a tedy s většími pracovními

zkušenostmi nebo naopak respondentům krátce po ukončení vzdělání, a tudíž živějšími teoretickými znalostmi. Aplikovaná statistická metoda ovšem tyto předpoklady vyvrátila. Důvodem tohoto výsledku je pravděpodobně větší apel na praktické zkušenosti a dovednosti místo na teoretické znalosti během prováděného CT vyšetření.

Kromě dříve zmíněných veličin byl zjišťován i charakter zdravotnického zařízení, ve kterém jsou respondenti zaměstnáni. Tento faktor byl zařazen do obecné části dotazníku z důvodu odlišné skladby indikací k CT vyšetření ve fakultních nemocnicích oproti ostatním zdravotnickým zařízením a z toho důvodu i relativně rozdílnému portfoliu protokolů, v nichž se radiologičtí asistenti musejí orientovat. Více než polovina respondentů označila jako místo svého zaměstnání fakultní nemocnici. I když byl předpoklad takový, že míra vědomostí o technických aspektech CT vyšetření bude u těchto respondentů lepší, statistická analýza neprokázala signifikantní rozdíl mezi respondenty pracujícími ve fakultních nemocnicích a zdravotnických zařízeních jiného typu.

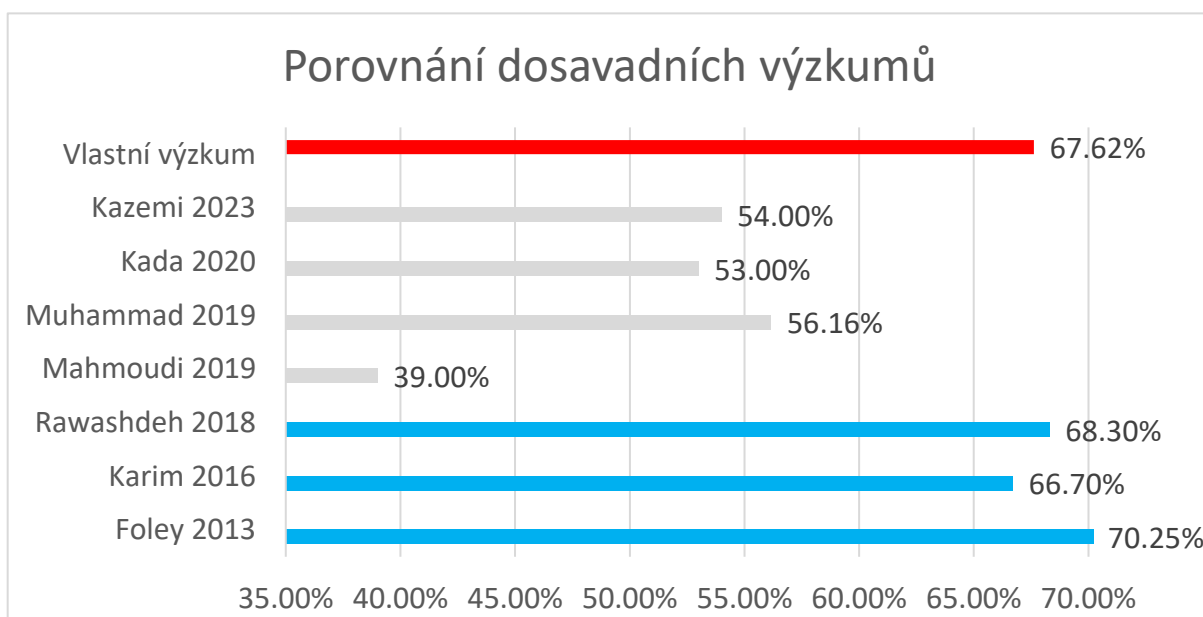
V logické návaznosti na předchozí možný ovlivňující faktor v podobě druhu zdravotnického zařízení byl uvažován možný vliv praktických pracovních zkušeností s CT přístrojem na míru teoretických znalostí o technických aspektech CT vyšetření. Necelých 75 % respondentů odpovědělo kladně na otázku praktických zkušeností s CT přístrojem. Očekáváním byly lepší získané výsledky u respondentů, kteří se v rámci svého pracovního zaměření setkávají či setkali s CT přístrojem. Výsledek statistického porovnání ovšem neprokázal významný rozdíl mezi těmito dvěma skupinami. Důvodem je pravděpodobně fakt, že obě skupiny v rámci svého vzdělávání nutného pro vykonávání profese radiologického asistenta prošly srovnatelným teoretickým výkladem, a tudíž následné praktické zaměření nemusí mít v rámci České republiky vliv. Jedná se o jiný výsledek, než který uvádí výzkum Mahmoudi et al. (2019), ve kterém autoři popisovali signifikantní rozdíl mezi zjištěnou mírou vědomostí o technických aspektech CT vyšetření u radiologických asistentů bez pracovní zkušenosti s CT přístrojem a u radiologických asistentů specializujících se na CT diagnostiku, a to ve prospěch druhé zmíněné skupiny respondentů. Ovšem obdobný výsledek jako v této diplomové práci popisuje výzkum Kada (2020), který sice zkoumal míru vědomostí u studentů posledního ročníku oboru radiologický asistent, kde neprokázal signifikantní rozdíl ve vědomostech u studentů, kteří měli v rámci své výuky k dispozici CT přístroj, a u studentů, jenž CT přístroj k dispozici neměli.

Ještě překvapivější byl výsledek další analýzy, která neprokázala rozdíl mezi radiologickými asistenty, kteří absolvovali specializační vzdělání v oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice a respondenty bez této specializace.

Tento výsledek neodpovídal výsledku výzkumu Mahmoudi et al. (2019), ve kterém byl rozdíl mezi respondenty se specializací a bez specializace velmi signifikantní. Ovšem podporující výsledek udává novější výzkum Kazemi et al. (2023), v němž také nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi zmíněnými skupinami.

Poslední demografickou informací o respondentech bylo jejich nejvyšší dosažené vzdělání. Vzhledem k relativně nízkému průměrnému věku respondentů a jejich krátké době praxe není překvapivé, že většina respondentů vybrala možnost bakalářského vzdělání. Kromě otázky věku je pravděpodobné i vysvětlení celkem běžné praxe, kdy si radiologičtí laboranti s nižší formou vzdělání postupně v minulosti doplňovali kvalifikaci a získali bakalářský titul. Tento trend potvrzuje i relativně nízký počet respondentů s nevysokoškolským vzděláním. Rozdíly mezi těmito skupinami byly relativně malé a aplikací příslušné statistické metody rozdíl nebyl prokázán jako statisticky významný. Otázkou možného vlivu nejvyššího dosaženého vzdělání na míru vědomostí o technických aspektech CT vyšetření se zabývaly již některé výzkumy. Zatímco výzkumy Mahmoudi et al. (2019) a Kazemi et al. (2023) zmiňují signifikantní rozdíl v míře znalostí mezi respondenty bez vysokoškolského vzdělání a s vysokoškolským vzděláním, tak společně s výzkumem Muhammad et al. (2019) zároveň konstatují, že mezi respondenty s bakalářským titulem a s magisterským titulem žádný statisticky významný rozdíl pozorován nebyl.

Pokud by mělo být hodnoceno získané Skóre, jak bylo již zmíněno, průměrný bodový zisk byl 67,62 %. V porovnání s výsledky respondentů původního dotazníku (70,25 %) využitého ve výzkumu Foley et al. (2013) je tento výsledek nižší.



Obrázek 19: Srovnání průměrného výsledku s dalšími výzkumy

Zdroj: vlastní výzkum

Zde byl ovšem zkoumaný statistický soubor tvořen pouze zastoupením radiologických asistentů se specializací na CT zobrazování. Srovnání s ostatními již provedenými výzkumy ukazuje Obrázek 19.

Srovnatelných výsledků dosáhli respondenti ve výzkumech Rawashdeh (2018) provedený v Jordánsku a Karim (2016) v Malajsii. Nižších bodových zisků dosahovali respondenti dalších provedených výzkumů (viz Obrázek 19). Jednou výjimkou je výzkum Kada (2020), jenž jako jediný nezkoumal míru vědomostí o CT parametrech u radiologických asistentů, ale u studentů posledního ročníku oboru radiologický asistent. Zároveň je tento výzkum společně s původním výzkumem Foley et al. (2013) jediným provedeným výzkumem o této problematice na území Evropy. Je nutno podotknout, že všechny ze zmíněných výzkumů se kromě problematiky technických aspektů CT vyšetření zabíraly i znalostí respondentů o referenčních diagnostických úrovních základních vyšetření. Z důvodu rozdílných mezinárodních hodnot a náročného statistického zpracování nebyly tyto otázky v diplomové práci použity.

V rámci první otázky v odborné části dotazníku měli respondenti rozhodnout, v jakém případě je vhodné změnit rutinní parametry CT vyšetření. Jak ukazuje Tabulka 1, v případě velikosti pacienta a anatomické oblasti vyšetření odpověděla většina respondentů správně. Pochybnosti se ovšem vyskytly v případě indikace vyšetření a věku pacienta. Změnu parametrů na základě indikace k vyšetření popisuje článek Mayo-Smith et al. (2014) – viz kapitola **2.3.1. Ovlivnění radiační zátěže při CT vyšetření**. Ohledně věku pacienta, lze aplikovat jednak otázku velikosti pacienta nebo se přímo odkázat na Věstník MZ ČR č. 2/2016: „*Při vyšetřování dětí je třeba používat odpovídající protokoly s expozičními parametry přizpůsobenými hmotnosti a věku dětí.*“ I přesto, že nadpoloviční většina respondentů zodpověděla tyto dvě poslední otázky správně, je stále překvapivé, že 39 % respondentů uvedla, že by se rutinní parametry neměly měnit na základě věku pacienta.

Tabulka 1: Procentuální úspěšnost v první otázce

Rutiní parametry CT vyšetření (kV, mAs, tloušťka řezu, pitch, rekonstrukční algoritmus, atd.) by měly být pozměňovány na základě následujících faktorů:	ANO	NE
Velikost pacienta	75 (94,9 %)	4 (5,1 %)
Anatomická oblast vyšetření	68 (86,1 %)	11 (13,9 %)
Indikace vyšetření	46 (58,2 %)	33 (41 %)
Věk pacienta	48 (60,8 %)	31 (39 %)

Zdroj: vlastní výzkum

Druhá otázka odborné části dotazníku se týkala vlivu systému Automatické modulace proudu (AMP). Jak popisuje Tabulka 2, většina respondentů (89,9 %) správně konstatovala, že AMP snižuje průměrnou dávku na pacienta. Jak již bylo konstatováno v teoretické části diplomové práce, podle dosavadního výzkumu Yurt et al. (2019) dochází při použití systému AMP až k 31% redukci radiační zátěže pacienta při vyšetření. Dále také velká část respondentů (69,9 %) správně odpověděla, že je systém AMP ovlivněn centrací pacienta v gantry CT přístroje. Tyto výsledky korespondují s výzkumy Foley et al. (2013) a Rawashdeh et al. (2018). Odpovědi respondentů ovšem nebyly již tak jednoznačné v otázkách, zdali AMP může zvýšit dávku pacienta v oblasti pánve. Jelikož, jak vysvětluje Súpová (2018a), systém AMP se řídí hodnotou zeslabení záření pacientem, v místech zvýšené atenuace systém zvýší hodnotu anodového proudu, aby dosáhl dostatečné kvality obrazu. Jelikož je dávka přímo úměrná hodnotě proudu, dojde tedy i k navýšení radiační zátěže. I přes tuto informaci nesouhlasilo celkem 48,1 % respondentů s tímto tvrzením. Další diskutovatelná otázka se týkala vhodnosti použití AMP v případě kovových implantátů. Zde správně odpovědělo 40,5 % respondentů. V tomto případě mohlo pravděpodobně dojít k nedorozumění a nepochopení otázky ze strany respondentů z důvodu použitého dvojího záporu v otázce. Není tedy jasné, jak výsledky hodnotit. Každopádně, nabízí se diskuse, zdali je vhodné AMP využívat u pacientů, jimž byly voperovány kovové implantáty. Touto otázkou se zabýval výzkum Di Leo et al. (2017), kde autoři konstatují, že benefit z vypnutí AMP v případě pacienta s kovovým implantátem nebyl statisticky významný a z klinického hlediska tedy není nutné v tomto případě systém AMP nepoužívat.

Tabulka 2: Procentuální úspěšnost v druhé otázce

Ohledně systému Automatické modulace proudu (AMP) u CT platí:	ANO	NE
AMP snižuje průměrnou dávku na pacienta.	71 (89,9 %)	8 (10,1 %)
AMP může zvýšit dávku pacienta v oblasti pánve.	41 (51,9 %)	38 (48,1 %)
AMP by neměl být používán v případě kovových implantátů.	47 (59,5 %)	32 (40,5 %)
AMP je ovlivňován centrováním pacienta v gantry CT přístroje.	55 (69,6 %)	24 (30,4 %)

Zdroj: vlastní výzkum

Další otázky se týkaly vlivu anodového napětí na vlastnosti obrazu a radiační zátěž. Nejprve byli respondenti dotázáni, o kolik procent vzroste hodnota CTDI, pokud dojde k navýšení nastaveného napětí ze 120 kV na 140 kV. Více než polovina respondentů (57 %) správně označila možnost 38% navýšení hodnoty CTDI. Tuto alternativu potvrzují články Ahn et al. (2014) a Karla et al. (2015), kteří při cca 15% snížení hodnoty napětí při CT vyšetření pozorovali 33–35% snížení dávkové zátěže na pacienta. Autoři zmiňují důležitý fakt, že k tomuto poklesu dojde při zachování ostatních expozičních parametrů. Analogicky dojde tedy k nárůstu absorbované dávky při zvýšení hodnoty anodového napětí. Relativně velká část respondentů (34,2 %) zvolilo možnost 17 %. Možným vysvětlením je, že respondenti předpokládali lineární vztah mezi anodovým napětím a dávkou. Jak ovšem popisuje Súkupová (2018a, s. 44), má závislost napětí na dávce spíše kvadratický charakter.

Druhá z otázek týkajících se anodového napětí byla rozdělena do 4 podotázek. Jak ukazuje Tabulka 3, většina respondentů (86,1 %) souhlasila s tvrzením, že redukcí anodového napětí dojde k redukcí dávky záření. Tato skutečnost byla již objasněna v předchozí otázce. Dále respondenti (81 %) správně uvedli, že při redukcí napětí během CTA vyšetření dojde k nárůstu obrazového šumu. Konkrétní hodnotu uvádějí výzkumy Ahn et al. (2014) a Cheng et al. (2013) 23–32% zvýšení hodnoty obrazového šumu při 15% redukcí anodového napětí. Jak ovšem ukazuje Tabulka 3, respondenti si nebyli jisti otázkou, zdali dojde redukcí napětí i k redukcí obrazového kontrastu.

Se snížením hodnoty anodového napětí ovšem dochází naopak ke zlepšení obrazového kontrastu, jak udává Abdulla (2021b). Velmi nejasná se ukázala otázka ohledně změny denzity v cévách při snížení napětí. 63,3 % respondentů odpovědělo na tuto otázku nesprávně. Jak ukazuje Obrázek 1, při redukci napětí dojde ke zvýšení hodnoty denzity v téže oblasti, a to z důvodu nižší průraznosti záření o nižší energii, což způsobí, že systém přiřadí cévě vyšší hodnotu HU. Tato mezera ve vědomostech byla patrná i ve výzkumu Foley et al. (2013)

Tabulka 3: Procentuální úspěšnost ve čtvrté otázce

Redukcí hodnoty maximální energie paprsku (kV) ze 120 kV na 100 kV během CTA vyšetření <i>(při zachování všech dalších parametrů)</i> :	ANO	NE
Dojde k redukci dávky záření.	68 (86,1 %)	11 (13,9 %)
Dojde k redukci obrazového kontrastu.	41 (51,9 %)	38 (48,1 %)
Dojde k nárůstu obrazového šumu.	64 (81 %)	15 (19 %)
Dojde ke zvýšení denzity zobrazovaných cév.	29 (36,7 %)	50 (63,3 %)

Zdroj: vlastní výzkum

Co se týká vědomostí respondentů o anodovém proudu, většina respondentů (70,9 %) správně souhlasila s tvrzením, že anodový proud vykazuje lineární závislost na dávce záření, jak uvádí i Súkupová (2018a, s. 124). Jiná situace ovšem nastala v případě, kdy měli radiologičtí asistenti zodpovědět otázku, zdali redukcí anodového napětí o 50 % dojde ke dvojnásobnému nárůstu obrazového šumu. Nesprávně na tuto otázku odpovědělo 54,4 % respondentů. Jak udává autorka (tamtéž), hodnota anodového proudu je přímo úměrná počtu emitovaných fotonů v rentgence a hodnota šumu, je nepřímo úměrná druhé odmocnině této hodnoty. Pokud tedy dojde k redukci počtu fotonů o 50 %, dojde ke čtyřnásobnému nárůstu šumu. Respondenti sice pravděpodobně správně předpokládali nepřímou úměru, ovšem důležitou součástí byla druhá odmocnina počtu fotonů.

Další série otázek ověřovala znalosti respondentů o pitch faktoru a doby rotace. Jak ukazuje Tabulka 4, téměř všichni respondenti (96,2 %) správně souhlasili s tvrzením, že pitch faktor může ovlivnit kvalitu obrazu i dávku na pacienta.

Jak již bylo uvedeno v kapitole **2.1.3. Doba rotace a pitch faktor**, nastavení pitch faktoru úzce souvisí i s hodnotou doby rotace. Při nastavení příliš vysokých hodnot pitch faktoru, může dojít k artefaktům z důsledku interpolace chybějících dat. Zároveň ale vyšší pitch faktor společně s rychlejší dobou rotace mohou snížit případné pohybové artefakty způsobené pohybem pacienta při akvizici. Dále většina respondentů (69 %) správně uvedla, že vyšší rychlost posunu stolu způsobí zhoršení rozlišení obrazu v ose z. I další odpovědi respondentů ukázali (viz Tabulka 4), že vědomosti respondentů o pitch faktoru jsou relativně dobré. Nicméně problematická se ukázala být otázka doby rotace. Nadpoloviční většina respondentů (54,4 %) odpověděla nesprávně na otázku, zdali snížení doby rotace způsobí lineární pokles dávky na pacienta. Doba rotace přímo souvisí s dobou akvizice, a tedy v je v přímém vztahu k dávce na pacienta. Poměrně velká část radiologických asistentů (41,8 %) nesprávně určila vztah mezi dobou rotace a obrazovým šumem.

Tabulka 4: Procentuální úspěšnost v šesté a sedmé otázce

Ohledně pitch faktoru (<i>posun stolu za jednu rotaci rentgenky / celková kolimace svazku</i>) platí:	ANO	NE
Pitch může ovlivnit kvalitu obrazu i dávku pacienta.	76 (96,2 %)	3 (3,8 %)
Vyšší rychlosti posunu stolu (vyšší hodnota pitch faktoru) mají za následek zhoršení rozlišení obrazu v ose z.	55 (69,6 %)	24 (30,4 %)
Artefakty při spirálním vyšetření jsou redukovány u nižšího pitch faktoru.	53 (67,1 %)	26 (32,9 %)
Pro helikální CT platí, že čím vyšší pitch, tím je dávka menší.	54 (68,4 %)	25 (31,6 %)
Snížení doby rotace rentgenky způsobí:		
Lineární pokles dávky na pacienta.	36 (45,6 %)	43 (54,4 %)
Nárůst šumu obrazu.	46 (58,5 %)	33 (41,8 %)

Zdroj: vlastní výzkum

Výzkum dále ukázal i poměrně dobré vědomosti radiologických asistentů o parametru tloušťky vrstvy a o rekonstrukčních parametrech. Jak ukazuje Tabulka 5, velká část respondentů (78,5 %) správně nesouhlasila s tvrzením, že zvýšením tloušťky řezu dojde ke zlepšení prostorového rozlišení. Se zvětšující se tloušťkou řezu totiž dochází k nárůstu hodnoty obrazového šumu, a tedy naopak k redukci prostorového rozlišení.

Správně dále respondenti (60,8 %) zodpověděli otázku týkající se vztahu tloušťky řezu a dávkou, tj., že s rostoucí tloušťkou řezu dojde ke snížení dávky. Důvodem je širší záběr oblasti při jedné rotaci, a tedy k rychlejší akvizici požadovaného rozsahu vyšetření. Analogicky tedy respondenti správně určili, že snížení tloušťky řezu způsobí nárůst doby vyšetření. 77,2 % respondentů prokázala dobrou znalost ohledně možnosti redukce partial volume artefaktu pomocí snížení tloušťky řezu. Oslovení radiologičtí asistenti také mají dobré znalosti o rekonstrukčních parametrech (viz Tabulka 5). Dvě třetiny dotázaných správně nesouhlasilo s tvrzením, že aplikovaný vyhlazovací kernel zviditelní obrazový šum. Dále velká část respondentů (69,9 %) správně konstatovala, že nastavením širšího okna dojde k redukci kontrastu v obraze, ale zároveň je redukován obrazový šum.

Tabulka 5: Procentuální úspěšnost v osmé a deváté otázce

Ohledně tloušťky řezu (<i>zvolená šíře paprsku / kolimace</i>) platí:	ANO	NE
Zvýšení tloušťky řezu způsobí zvýšení prostorového rozlišení.	17 (21,5 %)	62 (78,5 %)
Zvýšení tloušťky řezu způsobí snížení dávky.	48 (60,8 %)	31 (39,2 %)
Snížením tloušťky řezu dojde k redukci tzv. "partial volume" artefaktu.	61 (77,2 %)	18 (22,8 %)
Snížením tloušťky řezu dojde ke zvýšení doby vyšetření.	57 (72,2 %)	22 (27,8 %)
Ohledně rekonstrukčních parametrů platí, že zvolením:	ANO	NE
Vyhlazovacího rekonstrukčního kernelu dojde ke zviditelnění obrazového šumu.	28 (35,4 %)	51 (64,6 %)
Širšího nastavení okna dojde k redukci kontrastu, ale zároveň je redukován viditelný šum	55 (69,6 %)	24 (30,4 %)

Zdroj: vlastní výzkum

Poslední série otázek testovala vědomosti respondentů o obrazovém šumu a o tom, jaké faktory ho ovlivňují. Jak ukazuje Tabulka 6, respondenti měli dobré znalosti ohledně vlivu napětí a anodového proudu na obrazový šum. Ve většině dalších otázek respondenti odpovídali správně.

Nejistota se objevila u otázky týkající se vlivu šíře okna (WW) na obrazový šum. I když nadpoloviční většina respondentů (58,2 %) odpověděla správně, stále velká část (41,8 %) neoznačila správnou odpověď. Při nastavení širšího okna dojde ke snížení viditelného šumu.

Tabulka 6: Procentuální úspěšnost v desáté otázce

Které následující faktory ovlivňují obrazový šum?	ANO	NE
kV (napětí)	58 (73,4 %)	21 (26,6 %)
mA (proud)	71 (89,9 %)	8 (10,1 %)
Šíře okna (Window width WW)	46 (58,2 %)	33 (41,8 %)
Kolimace	51 (64,4 %)	28 (35,4 %)
Pitch faktor	58 (73,4 %)	21 (26,6 %)
Doba expozice	52 (65,8 %)	27 (34,2 %)
Hodnota středního bodu okna (Window level WL)	29 (36,7 %)	50 (63,3 %)
Rekonstrukční algoritmus	58 (73,4 %)	21 (23,6 %)

Zdroj: vlastní výzkum

I když konkrétnější rozbor výsledků odhalil určité mezery ve vědomostech radiologických asistentů o daných technických aspektech CT vyšetření, většina respondentů správně odpovídala na otázky týkající se základních znalostí a větší nejistota se objevovala u konkrétnějších případů. V rámci srovnání s ostatními průzkumy provedenými v různých státech si radiologičtí asistenti, jež se zúčastnili výzkumu pro tuto diplomovou práci, nevedli špatně. Průměrný výsledek je buďto srovnatelný s jinými výzkumy, nebo je průměrné skóre vyšší než u respondentů jiných výzkumů. V rámci hledání již provedených výzkumných šetření mě překvapilo, že doposud nebyl obdobný výzkum proveden ve více zemích Evropy. Výjimkou byl původní výzkum Foley et al. (2013) a Kada (2020). Většina dostupných výzkumů byla provedena mimo Evropu.

Přestože byl průměrný bodový zisk respondentů necelých 68 %, nebylo by správné tvrdit, že třetina všech provedených CT vyšetření je provedena nesprávně. Technologie CT přístrojů se neustále vyvíjí a čím dál více úkonů se stává automatickými. V jistém smyslu lze tvrdit, že přístroje dokážou vyprodukovat kvalitní výsledek vyšetření, i přesto, že teoretické vědomosti obsluhujících odborníků mají své mezery. V žádném případě by ale neměl být veden narativ, že CT vyšetření tkví pouze ve stlačování tlačítek. Stále se rozvíjející technologie slouží pouze k ulehčení a zefektivnění práce radiologických asistentů, kteří tak budou schopni provést požadovaný počet vyšetření, jejichž počet neustále narůstá. Zároveň ale výše zmíněné výzkumy ukázaly, že vědomosti o zákonitostech technických parametrů a jejich vlivu na CT vyšetření

vedou nejen ke zlepšení kvality zobrazení, ale také k šetření radiační zátěže pacienta. Každý pacient je totiž jiný a nelze použít jeden všeobecný protokol pro všechny. Z tohoto důvodu je důležité nadále podporovat vzdělávání radiologických asistentů a prohlubovat jejich vědomosti o technických aspektech CT vyšetření.

4.1 Limity, význam a návrhy pro další výzkumné šetření

V případě výzkumu provedeného v této diplomové práci je možné určit několik limitací. První limitací je relativně malý výzkumný soubor respondentů. Další skutečnost, která mohla mít vliv na konečný výsledek výzkumu mohla být doba prováděného výzkumného šetření. Pravděpodobně by tak pro generalizaci výsledků na celou skupinu radiologických asistentů v České republice bylo dobré získat početnější výzkumný soubor.

Dále je možné označit za limitaci vlastní překlad použitého dotazníku bez využití zkušeného a profesionálního překladu. S tímto nedostatkem souvisí již zmíněná problematika jedné z otázek obsahující dvojí zápor, který i na základě zpětné vazby od respondentů, ztěžoval porozumění v případě této konkrétní otázky.

Limitací provedeného výzkumu byla i negativa spojená se sběrem dat formou online dotazníku. Nebylo přímo zajištěno, aby respondenti nevyužívali jiný zdroj informací či nevyplňovali dotazník opakovaně. Je nutno ovšem podotknout, že žádný z respondentů nezískal plný možný počet bodů. Nabízí se také tvrzení, že respondenti, kteří si jsou svými vědomostmi jistější se s větší pravděpodobností zapojí do výzkumného šetření. Forma online dotazníku dále očividně spíše oslovila respondenty, kteří uvedli poměrně krátkou dosavadní dobu praxe, čemuž odpovídal i průměrný věk.

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zjistit míru vědomostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Po vypracování literární rešerše byla následně zformulována výzkumná otázka: „Jaká je míra vědomostí radiologických asistentů pracujících v České republice o technických aspektech CT vyšetření a jaké faktory tuto míru znalostí ovlivňují?“ Pro splnění cíle a zodpovězení výzkumné otázky byl proveden aplikovaný kvantitativní výzkum v podobě průřezové dotazníkové studie. Analyzována byla data od 79 respondentů, jimiž byli pracující radiologičtí asistenti na území České republiky.

První výzkumná hypotéza H1 předpokládala charakter normálního rozdělení míry vědomostí respondentů. Tato míra vědomostí byla reprezentována veličinou Skóre. Aplikovaný test normality potvrdil tuto hypotézu. Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření tak odpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení. Aby byla zodpovězena i druhá část výzkumné otázky, obsahovala data i demografické informace o respondentech v podobě možných ovlivňujících faktorů.

Hypotéza H2 předpokládala, že se míra znalostí respondentů bude lišit na základě délky praxe. Po statistické analýze bylo nutné tuto hypotézu zamítnout, jelikož nebyla prokázána statisticky významná korelace mezi délkou praxe a skóre respondenta.

Hypotéza H3 předpokládala, že respondenti pracující ve fakultní nemocnici budou dosahovat vyšších průměrných výsledků než respondenti pracující v jiném druhu zařízení. I tuto hypotézu bylo potřeba zamítnout. Nebyl prokázán statisticky signifikantní rozdíl mezi zmíněnými skupinami.

Podle hypotézy H4 budou respondenti pracující u CT přístroje dosahovat vyšších průměrných výsledků než respondenti, jež u CT nepracují. Aplikovaný statistický test neprokázal významný rozdíl mezi těmito skupinami, a tedy bylo nutné hypotézu H4 zamítnout.

Hypotéza H5 tvrdila, že průměrný bodový zisk se bude lišit u respondentů s různým nejvyšším dosaženým vzděláním. Po provedeném statistickém hodnocení byla hypotéza H5 zamítnuta, protože mezi skupinami nebyl prokázán signifikantní rozdíl.

Respondenti, kteří absolvovali specializační vzdělávání v oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice budou podle hypotézy H6 dosahovat vyšších průměrných výsledků než respondenti bez této specializace. Na základě aplikovaného statistického testu bylo nutné hypotézu H6 zamítnout.

Cíl diplomové práce byl splněn. Využitím kvantitativní výzkumné metody průřezové dotazníkové studie a provedením statistické analýzy bylo možné zjistit míru znalostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Bylo také možné zodpovědět položenou výzkumnou otázku, tedy, že míra vědomostí radiologických asistentů odpovídá normálnímu rozdělení a nebyl prokázán vliv žádného ze zkoumaných faktorů na míru těchto vědomostí.

Výsledky diplomové práce by bylo možné využít při dalším vývoji vzdělávání budoucích i současných radiologických asistentů v České republice ohledně problematiky technických aspektů CT vyšetření. Výzkum by také mohl být použit jako impulz pro rozsáhlejší šetření na území republiky.

Referenční seznam

ABDULLA, Sarah. *Image quality: Measuring spatial resolution* [online]. 2021a [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.radiologycafe.com/frcr-physics-notes/x-ray-imaging/image-quality/>

ABDULLA, Sarah. *Image quality: Image contrast* [online]. 2021b [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.radiologycafe.com/frcr-physics-notes/x-ray-imaging/image-quality/>

AHN, Se Jin, Sung Hwan HONG, Jee Won CHAI, Ja-Young CHOI, Hye Jin YOO, Sae Hoon KIM a Heung Sik KANG, 2014. Comparison of Image Quality of Shoulder CT Arthrography Conducted Using 120 kVp and 140 kVp Protocols. *Korean Journal of Radiology* [online]. **15**(6) [cit. 2023-03-28]. ISSN 1229-6929. Dostupné z: doi:10.3348/kjr.2014.15.6.739

AKIN-AKINTAYO, Oladunni O., Lauren F. ALEXANDER, Rebecca NEILL, Elizabeth A. KRUPINKSI, Xiangyang TANG, Pardeep K. MITTAL, William C. SMALL a Courtney C. MORENO, 2019. Prevalence and Severity of Off-Centering During Diagnostic CT: Observations From 57,621 CT scans of the Chest, Abdomen, and/or Pelvis. *Current Problems in Diagnostic Radiology* [online]. **48**(3), 229-234 [cit. 2023-03-28]. ISSN 03630188. Dostupné z: doi:10.1067/j.cpradiol.2018.02.007

BAXA, Jan a Jiří FERDA, c2012. *Multidetektorová výpočetní tomografie srdce*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-880-3.

BOOIJ, Ronald, Ricardo P.J. BUDDE, Marcel L. DIJKSHOORN a Marcel VAN STRATEN, 2019. Accuracy of automated patient positioning in CT using a 3D camera for body contour detection. *European Radiology* [online]. **29**(4), 2079-2088 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0938-7994. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-018-5745-z

BOURNE, Roger, 2010. *Fundamentals of Digital Imaging in Medicine* [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-84882-087-6

ČSÚ, 2019a. *Odměňování zdravotnických pracovníků* [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/112643651/260024-19.pdf/bf124e97-fd37-4823-a9a5-0cb824f309a4?version=1.0>

ČSÚ, 2019b. *Zaměstnanci ve zdravotnictví podle pohlaví k 31. 12. 2019* [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/151439704/30000420k02.pdf/f7d7e90a-7e69-4680-8f4f-08aeb3245553?version=1.3>

DEWEESE, Lindsay, Thomas GRIGLOCK, Alexander MOODY, Aaron MEHLBERG a Celeste WINTERS, 2022. The Improvement of Patient Centering in Computed Tomography Through a Technologist-Focused Education Initiative. *Journal of Digital Imaging* [online]. **35**(2), 327-334 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0897-1889. Dostupné z: doi:10.1007/s10278-021-00580-w

DI LEO, Giovanni, Chiara SPADAVECCHIA, Moreno ZANARDO, Francesco SECCHI, Ivan VERONESE, Marie Claire CANTONE a Francesco SARDANELLI, 2017. Should the automatic exposure control system of CT be disabled when scanning patients with endoaortic stents or mechanical heart valves? A phantom study. *European Radiology* [online]. **27**(7), 2989-2994 [cit. 2023-03-21]. ISSN 0938-7994. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-016-4676-9

FOLEY, S. J., M. G. EVANOFF a L. A. RAINFORD, 2013. A questionnaire survey reviewing radiologists' and clinical specialist radiographers' knowledge of CT exposure parameters. *Insights into Imaging* [online]. **4**(5), 637-646 [cit. 2023-03-20]. ISSN 1869-4101. Dostupné z: doi:10.1007/s13244-013-0282-4

HABIBZADEH, M.A., M.R. AY, A.R. Kamali ASL, H. GHADIRI a H. ZAIDI, 2012. Impact of miscentering on patient dose and image noise in x-ray CT imaging: Phantom and clinical studies. *Physica Medica* [online]. **28**(3), 191-199 [cit. 2023-03-28]. ISSN 11201797. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejmp.2011.06.002

JOHNSON, Lynda, 2017. *The Role of the Radiographer in Computed Tomography Imaging* [online]. London: The Society and College of Radiographers [cit. 2023-03-28]. ISBN 978-1-909820-155. Dostupné z: https://www.sor.org/getmedia/1a048e29-5a77-44d1-8de8-d401e4eb86df/The%20Role%20of%20the%20Radiographer%20in%20Computed%20Tomography%20Imaging_8

KAASALAINEN, Touko, Kirsi PALMU, Vappu REIJONEN a Mika KORTESNIEMI, 2014. Effect of Patient Centering on Patient Dose and Image Noise in Chest CT. *American Journal of Roentgenology* [online]. **203**(1), 123-130 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0361-803X. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.13.12028

KADA, Sundaran, 2020. Knowledge of CT exposure parameters among Norwegian student radiographers. *BMC Medical Education* [online]. **20**(1) [cit. 2023-03-20]. ISSN 1472-6920. Dostupné z: doi:10.1186/s12909-020-02233-y

KALRA, Mannudeep K., Aaron D. SODICKSON a William W. MAYO-SMITH, 2015. CT Radiation: Key Concepts for Gentle and Wise Use. *RadioGraphics* [online]. **35**(6), 1706-1721 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0271-5333. Dostupné z: doi:10.1148/rg.2015150118

KARIM, M K A, S HASHIM, D A BRADLEY, N A BAHRUDDIN, W C ANG a N SALEHHON, 2016. Assessment of knowledge and awareness among radiology personnel regarding current computed tomography technology and radiation dose. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. **694** [cit. 2023-03-20]. ISSN 1742-6588. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/694/1/012031

KAZA, Ravi K., Joel F. PLATT, Mahmoud M. AL-HAWARY, Ashish WASNIK, Peter S. LIU a Amit PANDYA, 2012. CT Enterography at 80 kVp With Adaptive Statistical Iterative Reconstruction Versus at 120 kVp With Standard Reconstruction: Image Quality, Diagnostic Adequacy, and Dose Reduction. *American Journal of Roentgenology* [online]. **198**(5), 1084-1092 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0361-803X. Dostupné z: doi:10.2214/AJR.11.6597

KAZEMI, Zahra, Khadijeh HAJIMIRI, Faranak SAGHATCHI, Mikaeil MOLAZADEH a Hamed REZAEEJAM, 2023. Assessment of the knowledge level of radiographers and CT technologists regarding computed tomography parameters in Iran. *Radiation Medicine and Protection* [online]. **4**(1), 60-64 [cit. 2023-03-20]. ISSN 26665557. Dostupné z: doi:10.1016/j.radmp.2023.01.002

LEE, Kyung Hee, Jeong Min LEE, Sung Kyoung MOON, et al., 2012. Attenuation-based Automatic Tube Voltage Selection and Tube Current Modulation for Dose Reduction at Contrast-enhanced Liver CT. *Radiology* [online]. **265**(2), 437-447 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0033-8419. Dostupné z: doi:10.1148/radiol.12112434

LEE, Ting-Yim a Rethy K. CHHEM, 2010. Impact of new technologies on dose reduction in CT. *European Journal of Radiology* [online]. **76**(1), 28-35 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2010.06.036

MAHMOUDI, Farshid, Mozafar NASERPOUR, Zahra FARZANEGAN a Amirhossein DAVUDIAN TALAB, 2019. Evaluation of radiographers' and CT technologists' knowledge regarding CT exposure parameters. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering* [online]. **25**(1), 43-50 [cit. 2023-03-20]. ISSN 1898-0309. Dostupné z: doi:10.2478/pjmpe-2019-0007

MARTIN, C J a S SOOKPENG, 2016. Setting up computed tomography automatic tube current modulation systems. *Journal of Radiological Protection* [online]. **36**(3), R74-R95 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0952-4746. Dostupné z: doi:10.1088/0952-4746/36/3/R74

MARTINSEN, Anne Catrine Trægde, Hilde Kjernlie SÆTHER, Per Kristian HOL, Dag Rune OLSEN a Per SKAANE, 2012. Iterative reconstruction reduces abdominal CT dose. *European Journal of Radiology* [online]. **81**(7), 1483-1487 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0720048X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejrad.2011.04.021

MAYO-SMITH, William W., Amy K. HARA, Mahadevappa MAHESH, Dushyant V. SAHANI a William PAVLICEK, 2014. How I Do It: Managing Radiation Dose in CT. *Radiology* [online]. **273**(3), 657-672 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0033-8419. Dostupné z: doi:10.1148/radiol.14132328

MCCOLLOUGH, Cynthia H., Michael R. BRUESEWITZ a James M. KOFLER, 2006. CT Dose Reduction and Dose Management Tools: Overview of Available Options. *RadioGraphics* [online]. **26**(2), 503-512 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0271-5333. Dostupné z: doi:10.1148/rg.262055138

MEDICAL TRIBUNE, 2022. Nedostatek radiologických asistentů jako evergreen našeho zdravotnictví. *Medical Tribune* [online]. 20. 9. 2022 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/zdravotnictvi/nedostatek-radiologickych-asistentu-jako-evergreen-naseho-zdravotnictvi/>

MEDICAL TRIBUNE, 2023. Radiologického asistenta si každý musí hýčkat. *Medical Tribune* [online]. 7. 2. 2023 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/zdravotnictvi/radiologickeho-asistenta-si-kazdy-musi-hyckat/>

MÍRKA, Hynek a Jiří FERDA, 2015. *Multidetektorová výpočetní tomografie: perfuzní vyšetření*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-185-8.

MUHAMMAD, Ali Adam, Abubakar AUWAL, Nwobi Ivor CHIGOZIE, Umar Muhammad SANI, Barde MUSTAPHA a Njiti Muhammad MUSTAPHA, 2019. Knowledge of computed tomography exposure parameters and common radiological examination doses among radiographers in teaching hospitals in Northern Nigeria. *PJR* [online]. Pakistan, 2019, **Vol 29**(No 3), 173-180 [cit. 2023-03-20]. ISSN 2313-7886. Dostupné z: <http://www.pakjr.com/ojs/index.php/PJR/article/view/1088>

Nařízení vlády č. 31/2010 Sb. *O oborech specializačního vzdělávání a označení odbornosti zdravotnických pracovníků se specializovanou způsobilostí* [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5642>

NETT, Brian. *X-ray Resolution (PSF, MTF, NPS, DQE) for radiologic technologists: Image Sharpness and Image Spatial Resolution* [online]. 2023b [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://howradiologyworks.com/x-ray-resolution/>

NETT, Brian. *X-ray Contrast to Noise (CNR) Illustrated examples of image noise (SNR, Quantum Mottle) for Radiologic Technologists: Perceived Image Quality (Rose Model)* [online]. 2023a [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://howradiologyworks.com/x-ray-cnr/>

RAMAN, Siva P., Mahadevappa MAHESH, Robert V. BLASKO a Elliot K. FISHMAN, 2013. CT Scan Parameters and Radiation Dose: Practical Advice for Radiologists. *Journal of the American College of Radiology* [online]. **10**(11), 840-846 [cit. 2023-03-28]. ISSN 15461440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jacr.2013.05.032

RAWASHDEH, Mohammad, Mark F. MCENTEE, Maha ZAITOUN, Mostafa ABDELRAHMAN, Patrick BRENNAN, Haytham ALEWAIDAT, Sarah LEWIS a Charbel SAADE, 2018. Knowledge and practice of computed tomography exposure parameters amongst radiographers in Jordan. *Computers in Biology and Medicine* [online]. **102**, 132-137 [cit. 2023-03-20]. ISSN 00104825. Dostupné z: doi:10.1016/j.combiomed.2018.09.020

SALTYBAEVA, Natalia, Bernhard SCHMIDT, Andreas WIMMER, Thomas FLOHR a Hatem ALKADHI, 2018. Precise and Automatic Patient Positioning in Computed

Tomography. *Investigative Radiology* [online]. **53**(11), 641-646 [cit. 2023-03-28]. ISSN 0020-9996. Dostupné z: doi:10.1097/RLI.0000000000000482

STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, 2021. *Hodnocení lékařského ozáření* [online]. Praha [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/Bulletinlo2021.pdf

SUETENS, Paul, 2017. *Fundamentals of Medical Imaging* [online]. 3rd edition. Cambridge University Press [cit. 2023-03-28]. ISBN 9781316671849. Dostupné z: doi:10.1017/9781316671849

SÚKUPOVÁ, 2018a. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech – to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-0-944838-53-2.

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Kvalita obrazu – kontrast* [online]. 2018b [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/kvalita-obrazu-kontrast/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Kvalita obrazu – šum* [online]. 2018c [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/kvalita-obrazu-sum/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Parametry CT skenování (3): Tloušťka rekonstruovaného řezu* [online]. 2016d [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/parametry-ct-skenovani-3/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Parametry CT skenování (5): Napětí rentgenky* [online]. 2016b. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/parametry-ct-skenovani-5/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Parametry CT skenování (6): Rekonstrukční kernel/algoritmus* [online]. 2016c [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/parametry-ct-skenovani-6/>

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Základní parametry CT obrazu* [online]. 2016a [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/zakladni-parametry-ct-obrazu/>

TOTH, Thomas, Zhanyu GE a Michael P. DALY, 2007. The influence of patient centering on CT dose and image noise. *Medical Physics* [online]. **34**(7), 3093-3101 [cit. 2023-03-28]. ISSN 00942405. Dostupné z: doi:10.1118/1.2748113

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2016. *RADIATION EFFECTS and SOURCES: What is radiation? What does radiation do to us? Where does radiation come from?* [online]. Austria: United Nations Environment Programme [cit. 2023-03-28]. ISBN 978-92-807-3517-8. Dostupné z: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources.pdg.pdf?sequence=1&%3BisAllowed=y%2C%20Arabic%7C%7Chttps%3A//wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and

ÚZIS ČR, 2012. *Aktuální informace č. 64/2012: Pracovníci ve zdravotnictví k 31. 12. 2011* [online]. Praha [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/64_12.pdf

ÚZIS ČR, 2013. *Aktuální informace č. 10/2013: Vývoj přístrojového vybavení zdravotnických zařízení ČR v letech 2006–2011* [online]. Praha [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/ai_2013_10.pdf

ÚZIS ČR, 2018. *Aktuální informace č. 6/2018: Přístrojové vybavení zdravotnických zařízení ČR v roce 2017* [online]. Praha [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.uzis.cz/sites/default/files/knihovna/ai_2018_06_T1_pristrojove_vybaveni_zz_2017.pdf

ÚZIS ČR, 2021. *ZDRAVOTNICTVÍ ČR: PERSONÁLNÍ KAPACITY a ODMĚŇOVÁNÍ 2021* [online]. Praha [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008416/nzis-rep-2022-e04-personalni-kapacity-odmenovani-2021.pdf>

ÚZIS ČR, 2022. *Aktuální informace č. 3/2022: Přístrojové vybavení zdravotnických zařízení ČR v roce 2021* [online]. Praha [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008421/ai-2022-03-t1-pristrojove-vybaveni-zz-2021.pdf>

Věstník MZČR č. 2/2016. NÁRODNÍ RADIOLOGICKÉ STANDARDY – VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE. Praha. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11347/36103/Vestnik%20MZ%20CR%202-2016.pdf>

VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK, 2012. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 2. vydání. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-3126-0.

YURT, Ayşegül, İsmail ÖZSOYKAL a Funda OBUZ, 2019. Effects of the Use of Automatic Tube Current Modulation on Patient Dose and Image Quality in Computed Tomography. *Molecular Imaging and Radionuclide Therapy* [online]. **28**(3), 96-103 [cit. 2023-03-28]. ISSN 2146-1414. Dostupné z: doi:10.4274/mirt.galenos.2019.83723

Zákon č. 96/2004 Sb. *O podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů: zákon o nelékařských zdravotnických povoláních* [online], 2004. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, p. o. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4334>

ŽIŽKA, Jan, 2011. Iterativní rekonstrukce CT obrazu – revoluční krok ve vývoji výpočetní tomografie? *Česká radiologie* [online]. Praha: Galén, 2011, **65**(3), 169-176 [cit. 2023-03-28]. ISSN 1210-7883. bmc11039714. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1103_169_176.pdf

Seznam zkratek

AIDR	Adaptive Iterative Dose Reduction
ALARA	tak nízký, jak je rozumně dosažitelný
AMP	Automatická modulace proudu
ANOVA	Analýza rozptylu
ASIR	Adaptive Statistical Iterative Reconstruction
CNR	poměr kontrast šum
CT	Výpočetní tomografie
CTA	CT angiografie
CTDI	CT dose index
CTDI _{VOL}	Objemový kermový index výpočetní tomografie
CTDI _w	Kermový index výpočetní tomografie
ČSÚ	Český statistický úřad
DLP	Součin kermy a délky
FWHM	šířka píku v polovině maxima
GE	General Electric
HU	Houndsfieldova jednotka
IR	Iterativní rekonstrukce
IRIS	Iterative Reconstruction in Image Space
kV	kilovolty
lp/mm	počet párů čar na milimetr
mA	miliampér
mAs	miliampér sekunda
mm	milimetr
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
MTF	Modulační přenosová funkce
MV ČR	Ministerstvo vnitra České republiky
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
PSF	Bodová rozptylová funkce
ROI	Oblast zájmu
rtg	rentgenový
SD	Směrodatná odchylka
SNR	poměr signál šum

SRLA ČR	Společnost radiologických asistentů České republiky
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
UNEP	Program Organizace spojených národů pro životní prostředí
UNSCEAR	Výbor pro zkoumání účinků atomového záření
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky
WL	střed zobrazovaného okna ve stupních šedi
WW	šířka zobrazovaného okna ve stupních šedi

Seznam obrázků

Obrázek 1: Denzita a obrazový šum při různých nastavení napětí.....	12
Obrázek 2: Vliv volby kernelu na podobu výsledného obrazu	15
Obrázek 3: Vliv rekonstruované tloušťky vrstvy na kvalitu obrazu	17
Obrázek 4: Kvalita rtg snímku s různou úrovní kontrastu a šumu	18
Obrázek 5: Vliv zvyšující se hodnoty obrazového šumu na zobrazení fantomu.....	19
Obrázek 6: Vztah mezi hodnotou CNR, kontrastem a obrazovým šumem.....	20
Obrázek 7: Hodnocení prostorového rozlišení zobrazovací modality.....	22
Obrázek 8: Znázornění bodového zdroje a PSF	22
Obrázek 9: Rozdíl mezi vstupním a výstupním obrazem.....	23
Obrázek 10: Odvození křivky MTF	24
Obrázek 11: Odečet hodnoty prostorové frekvence pomocí MTF	25
Obrázek 12: Relativní četnost radiologických vyšetření a relativní kolektivní dávka .	26
Obrázek 13: Četnost respondentů a hodnota skóre	36
Obrázek 14: Četnost respondentů a délka praxe	38
Obrázek 15: Průměrná hodnota skóre podle druhu zdravotnického zařízení.....	39
Obrázek 16: Průměrná hodnota skóre podle pracovní zkušenosti s CT přístrojem.....	40
Obrázek 17: Průměrná hodnota skóre podle nejvyššího dosaženého vzdělání	42
Obrázek 18: Průměrná hodnota skóre podle specializačního vzdělání	43
Obrázek 19: Srovnání průměrného výsledku s dalšími výzkumy	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: Procentuální úspěšnost v první otázce.....	48
Tabulka 2: Procentuální úspěšnost v druhé otázce	49
Tabulka 3: Procentuální úspěšnost ve čtvrté otázce	50
Tabulka 4: Procentuální úspěšnost v šesté a sedmé otázce	51
Tabulka 5: Procentuální úspěšnost v osmé a deváté otázce	52
Tabulka 6: Procentuální úspěšnost v desáté otázce	53

Seznam příloh

Příloha 1: Souhlas Etické komise FZV UP	69
Příloha 2: Souhlas Fakultní nemocnice Olomouc I.....	70
Příloha 3: Souhlas Fakultní nemocnice Olomouc II.....	71
Příloha 4: Souhlas Fakultní nemocnice Brno I.....	72
Příloha 5: Souhlas Fakultní nemocnice Brno II	73
Příloha 6: Souhlas Nemocnice České Budějovice, a.s.	74
Příloha 7: Souhlas SRLA ČR	75
Příloha 8: Dotazník pro výzkumné šetření I.....	76
Příloha 9: Dotazník pro výzkumné šetření II	77
Příloha 10: Dotazník pro výzkumné šetření III	78



Fakulta
zdravotnických věd

UPOL - 156670/FZV-2022

Vážený pan
Bc. Jan Kovář

2022-07-29

Vyjádření Etické komise FZV UP

Vážený pane bakaláři,

na základě Vaší Žádosti o stanovisko Etické komise FZV UP byla Vaše výzkumná část diplomové práce posouzena a po vyhodnocení všech zaslaných dokumentů Vám sdělujeme, že diplomové práci s názvem „**Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření**“, jehož jste hlavním řešitelem, bylo uděleno

souhlasné stanovisko Etické komise FZV UP .

S pozdravem,

Mgr. Renáta Váverková
předsedkyně
Etické komise FZV UP

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

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

Příloha 1: Souhlas Etické komise FZV UP



Žádost o poskytnutí informace pro studijní účely/sběr dat

Jméno a příjmení žadatele: Jan Kovář

Datum narození: 1.11.1998 Telefon: 704279713 E-mail: jan.kovar02@upol.cz

Kontaktní adresa: Opařany 319, 39161 Opařany

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

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Forma studia: prezenční kombinovaná distanční

Téma závěrečné práce:

Vedomosti radiologických asistentů o technických parametrech CT vyšetření

Žadatel ve FNOL koná odbornou praxí:

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

NE

Žadatel je zaměstnancem FNOL:

ANO na pracovišti: _____

NE

Pracoviště FNOL dotčená průzkumem: 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: 20

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: 12.12.2022 do: 28.2.2023

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku.

Nahlížení do zdravotnické dokumentace

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

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

Přesná specifikace co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci:

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

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: v elektronické podobě online na stránce theses.cz

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. Zevazuje se zachovávat mlčenlivost o skutečnostech, o nichž se dozví v souvislosti s prováděným výzkumem a sběrem dat/informací.

Žadatel (datum podpis):

21.11.2022

Schválil (datum podpis):

22.11.2022

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

Poznámky:

ŽÁDOST O SBĚR DAT/POSKYTNUTÍ INFORMACE PRO STUDIJNÍ ÚČELY
*v souvislosti se závěrečnou diplomovou (odbornou) prací studentů škol***Vyplňuje žadatel:**

Jméno a příjmení žadatele: Jan Kovář

Datum narození: 1. 11. 1998..... Telefon: 704279713..... E-mail: jan.kovar02@upol.cz

Adresa trvalého bydliště: Opařany 319, 39161 Opařany

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

Obor studia: Zobrazovací technologie v radiodiagnostice

Vyplňte, prosím, zodpovědně a úplně všechny údaje a otázky. **Správnou odpověď zakřížkujte!**

Forma studia:

 prezenční kombinovaná**Téma závěrečné práce:** Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření ..

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):**Vedoucí práce (jméno a příjmení vedoucího práce a název školy/instituce, ve které je zaměstnán)**

prof. MUDr. Miroslav Heřman, Ph.D.; Fakultní nemocnice Olomouc.....

Žadatel je zaměstnancem/rodinným příslušníkem zaměstnance FN Brno:

 ANO Pracoviště/Jméno zaměstnance FN Brno: NE
(informace slouží k posouzení žádosti v případě dotazníkové akce – benefit pro zaměstnance FN Brno a rodinné příslušníky)**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 FN Brno pro zaměstnance FN Brno

Počet respondentů, kteří budou vyplňovat dotazník: 20.....

Termín, kdy proběhne vyplnění dotazníků: od: 12. 12. 2022.....do: 28. 2. 2023.....

Pracoviště, kde bude dotazníková akce probíhat: Klinika radiologie a nukleární medicíny.....

K vyplněné žádosti je nutno doložit vzor vašeho dotazníku! **Nahlížení do zdravotnické dokumentace**

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

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

Pracoviště, ze kterého/kterých bude zdravotnická dokumentace pacientů:.....

Přesná specifikace, co bude žadatel vyhledávat ve zdravotnické dokumentaci:

 Ostatní kazuistika – počet: vedení rozhovoru s pacientem FN Brno – počet pacientů: z kterého pracoviště:.....

5-292/21/10

vedení rozhovoru se zaměstnancem FN Brno – počet zaměstnanců: povolání:
z kterého pracoviště:

K vyplnění 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:

Pracoviště, kde bude sběr dat probíhat:

Přesná specifikace co bude žadatel zjišťovat:

Budete FN Brno uvádět jako „zdroj dat“ ve své práci?: ANO NE

Poučení: Žadatel bere na vědomí, získaná data mohou být použita pouze pro účel uvedený v této žádosti. Další nakládání s daty bez souhlasu FN Brno pro jiný účel je považováno za neoprávněné.

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. V případě, že žadatel uvádí FN Brno jako „zdroj informací“, je jeho povinností předložit zpracované výsledky ke schválení vedoucím zaměstnanci v přímé podřízenosti příslušného zdravotnického náměstka FN Brno, který žádost o sběr dat/poskytnutí informace ve FN Brno povolil. Prezentace výsledků s uvedením jména Fakultní nemocnice Brno je možná pouze s jeho souhlasem.

Vyplněnou žádost odešlete do FN Brno:

a) **elektronicky** (bez vašeho podpisu, který je nahrazen tím, že odesíláte žádost ze své e-mailové adresy) na adresu: Bastarova.Jana@fnbrno.cz

b) nebo **v listinné formě** (s vaším podpisem na žádosti) na adresu:
Fakultní nemocnice Brno
Oddělení organizace řízení – Jana Baštařová, Jihlavská 20, 625 00 Brno

Datum: 21.11.2022

Podpis:

Vyplňuje a potvrzuje FN Brno:

Oddělení organizace řízení:

Zaevidováno na OOR dne: 21. 11. 2022 pod číslem: 2022/182802/FN Brno - 2263

Vyjádření vedoucího zaměstnance příslušného útvaru, kde bude probíhat sběr dat/informací:

souhlas/nesouhlas - útvar: KRNM - Mgr. MARTIN BUČEK 22. 11. 2022

Vedoucími zaměstnanci v přímé podřízenosti příslušného náměstka FN Brno postoupeno dne

Žadatel je zaměstnancem FN Brno od: útvaru: na pozici:

Žadatel je rodinným příslušníkem zaměstnance FN Brno: z útvaru:

V případě placené služby poplatky dle Ceníku EO viz [www.fnbrno.cz/Odborná veřejnost/Informace pro studijní účely](http://www.fnbrno.cz/Odborná_veřejnost/Informace_pro_studijní_účely).

souhlas žadatele s placenou službou

nesouhlas žadatele s placenou službou,
požadavek na storno žádosti ze strany žadatele

Způsob platby: na pokladně FN Brno

fakturou na účet FN Brno

Částka připsána na účet FN Brno dne:

V Brně dne 22. 11. 2022

Fakultní nemocnice Brno
Jihlavská 20, 625 00 Brno



referent/vedoucí OOR

5-292/21/10

Bc. Jan Kovář
Opařany 319, 39161 Opařany
Kontakt: jan.kovar02@upol.cz

Prof. MUDr. Mgr. Alan Bulava, Ph.D.
Nemocnice České Budějovice, a.s.
B. Němcové 585/54, 37001 České Budějovice

Žádost o povolení dotazníkového šetření

Vážený pane profesore,

chtěl bych Vás požádat o povolení k provedení dotazníkového šetření u radiologických asistentů na Radiologickém oddělení Nemocnice České Budějovice, a.s.

Jsem studentem navazujícího magisterského oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice na Fakultě zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci. Ve své diplomové práci „*Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření*“ se budu zabírat mírou vědomostí radiologických asistentů v problematice vlivu akvizičních a rekonstrukčních parametrů na kvalitu CT vyšetření a velikosti radiační zátěže na pacienta.

Pro sběr dat bude využit online dotazník v elektronické podobě, jehož vzor Vám přikládám k této žádosti. Distribuce dotazníku by probíhala na základě internetového odkazu sdíleným s radiologickými asistenty skrze Vedoucího radiologického asistenta. Výzkumné šetření by probíhalo po domluvě s Vedoucím radiologických asistentem v období 12.12.2022 – 28.2.2023. Je zaručena anonymita respondentů. Výzkumný projekt byl schválen Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci. Schválení etické komise taktéž přikládám k této žádosti.

Předem Vám děkuji za spolupráci.

S pozdravem

Jan Kovář

V Olomouci, dne 21.11.2022

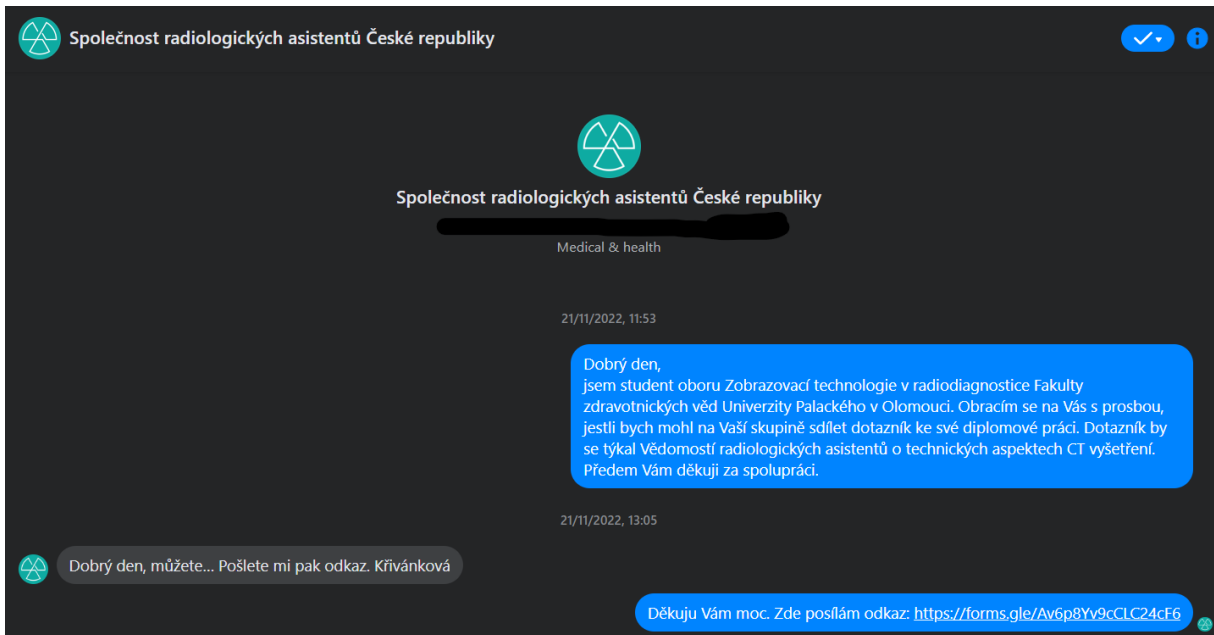


Jan Kovář

Přílohy žádosti: vzor dotazníku, schválení Etické komise

Souhlasím. V Č. Budějovicích dne 24.11.2022
prof. MUDr. Mgr. Alan Bulava, Ph.D.
Digitálně podepsal prof. MUDr. Mgr. Alan Bulava, Ph.D.
Datum: 2022.11.24 16:42:58 +01'00'

Příloha 6: Souhlas Nemocnice České Budějovice, a.s.



Příloha 7: Souhlas SRLA ČR

Vědomosti radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření

Dobrý den,

jmenuji se Jan Kovář a jsem studentem 2. ročníku oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice na Fakultě zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci.

Obracím se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném šetření, jehož cílem je zjistit míru znalostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření pro mou diplomovou práci. Pro získání potřebných dat bude sloužit předložený dotazník. Dotazník obsahuje 17 otázek a jeho vyplnění Vám zabere maximálně 10 minut. Výsledná data budou dále zpracována a analyzována pomocí statistických metod. Z účasti na výzkumu pro Vás vyplývají tyto výhody či rizika: výhodou pro Vás je možnost zúčastnit se výzkumu hodnotící současnou míru znalostí radiologických asistentů o technických aspektech CT vyšetření. Dále můžete autora práce požádat o poskytnutí výsledků výzkumu na emailové adrese: jan.kovar02@upol.cz. Z účasti na předkládaném projektu pro Vás nevyplyvají žádná rizika. Anonymizované výsledky výzkumu nebudou žádným způsobem spojovány s Vašimi osobními údaji a budou sloužit pouze pro zpracování diplomové práce.

Prohlášení

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

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na výzkumu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

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

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

Vyplněním tohoto dotazníku souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu.

Obecná část:

- 1) Pohlaví
 - a. Muž
 - b. Žena
 - c. Jiné
 - 2) Věk:
 - 3) Kolik let pracujete na radiologickém oddělení?
 - a.
 - 4) Jaká je charakteristika zařízení, ve kterém pracujete?
 - a. Fakultní nemocnice
 - b. Ne-fakultní nemocnice, poliklinika atd.
 - 5) Pracujete nebo jste pracoval(a) na CT?
 - a. Ano
 - b. Ne
 - 6) Jaké je Vaše nejvyšší dosažené vzdělání?
 - a. Středoškolské vzdělání
 - b. Vyšší odborná škola (DiS.)
 - c. Bakalářský titul
 - d. Titul Mgr. / Ing.
 - e. Titul PhD.
 - 7) Absolvoval/a jste specializační vzdělání (atestaci) v oboru Zobrazovací technologie v radiodiagnostice podle Nařízení vlády č. 31/2010 Sb.
 - a. Ano
 - b. Ne
-

Odborná část

Vzorová otázka:

- *Ohledně CT vyšetření obecně platí:*
 - *Při CT vyšetření je pacient vystaven ionizujícímu záření.* ANO NE
 - *Během CT vyšetření pacient rotuje na vyšetřovacím stole.* ANO NE
- 1) Rutinní parametry CT vyšetření (kV, mAs, tloušťka řezu, pitch, rekonstrukční algoritmus, atd.) by měly být pozměňovány na základě následujících faktorů:
 - a. Velikost pacienta ANO NE
 - b. Anatomická oblast vyšetření ANO NE
 - c. Indikace vyšetření ANO NE
 - d. Věk pacienta ANO NE
- 2) Ohledně systému Automatické modulace proudu (AMP) u CT platí:
 - a. AMP snižuje průměrnou dávku na pacienta ANO NE
 - b. AMP může zvýšit dávku pacienta v oblasti páneve ANO NE
 - c. AMP by neměl být používán v případě kovových implantátů ANO NE
 - d. AMP je ovlivňováno centrováním pacienta v gantry CT přístroje ANO NE

- 3) Navýšení hodnot maximální energie paprsku (kV) ze 120kV na 140kV způsobí nárůst hodnoty CTDI o: (vyberte jednu možnost, která se jeví jako nejspřávnější)
- 17 %
 - 38 %
 - 65 %
 - 89 %
- 4) Redukcí hodnoty maximální energie paprsku (kV) z 120kV na 100kV při CTA vyšetření (při zachování všech dalších parametrů) platí:
- Dojde k redukci dávky záření ANO NE
 - Dojde k redukci obrazového kontrastu ANO NE
 - Dojde k nárůstu obrazového šumu ANO NE
 - Dojde ke zvýšení hustoty zobrazovaných cév ANO NE
- 5) Ohledně anodového proudu (mA) platí:
- Anodový proud vykazuje lineární závislost na dávce záření ANO NE
 - Redukcí anodového proudu o 50 % dojde ke dvojnásobnému zvýšení šumu ANO NE
- 6) Ohledně pitch faktoru (posun stolu za jednu rotaci rentgenky / celková kolimace svazku) platí:
- Pitch může ovlivnit kvalitu obrazu i dávku pacienta ANO NE
 - Vyšší rychlosti posunu stolu (vyšší hodnota pitch faktoru) mají za následek zhoršení rozlišení obrazu v ose z ANO NE
 - Artefakty při spirálním vyšetření jsou redukovány u nižšího pitch faktoru ANO NE
 - Pro helikální CT platí, že čím vyšší pitch, tím je dávka menší ANO NE
- 7) Snížení doby rotace rentgenky způsobí:
- Lineární pokles dávky na pacienta ANO NE
 - Nárůst šumu obrazu ANO NE
- 8) Ohledně tloušťky řezu (zvolená šíře paprsku/ kolimace) platí:
- Zvýšení tloušťky řezu způsobí zvýšení prostorového rozlišení ANO NE
 - Zvýšení tloušťky řezu způsobí snížení dávky ANO NE
 - Snížením tloušťky řezu dojde k redukci tzv. „partial volume“ artefaktu ANO NE
 - Snížením tloušťky řezu dojde ke zvýšení doby vyšetření ANO NE
- 9) Ohledně rekonstrukčních parametrů platí, že zvolením:
- Vyhlazovacího rekonstrukčního kernelu dojde ke zviditelnění obrazového šumu. ANO NE
 - Širšího nastavení okna dojde k redukci kontrastu, ale zároveň je redukován viditelný šum. ANO NE
- 10) Které následující faktory ovlivňují obrazový šum?
- kV (napětí) ANO NE
 - mA (proud) ANO NE
 - Šíře okna (Window width WW) ANO NE
 - Kolimace ANO NE
 - Pitch faktor ANO NE
 - Doba expozice ANO NE
 - Hodnota středního bodu okna (Window level WL) ANO NE
 - Rekonstrukční algoritmus ANO NE