

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Bc. Pavlína KOUKALOVÁ

Fyzikální faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Lada Skácelová, MBA

Olomouc 2024

Prohlášení

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

V Olomouci

Pavλίna Koukalová

Poděkování

Děkuji paní Mgr. Ladě Skácelové MBA za cenné rady a připomínky při vedení diplomové práce. Zároveň bych chtěla poděkovat paní Ing. Lence Dohnalové za pomoc s vypracováním praktické části této práce. A paní RNDr. Evě Reiterové Ph.D. za statistické zpracování naměřených dat. Rovněž děkuji své rodině za podporu po celou dobu studia.

ANOTACE

| | |
|--------------------------------------|--|
| Typ závěrečné práce: | Diplomová práce |
| Téma práce: | Fyzikální faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu |
| Název práce: | Fyzikální faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu |
| Název práce v AJ: | Physical factors affecting the quality of the X-ray image |
| Datum zadání: | 2023-01-13 |
| Datum odevzdání: | 2024-05-01 |
| Vysoká škola, fakulta, ústav: | Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod |
| Autor práce: | Koukalová Pavlína |
| Vedoucí práce: | Mgr. Lada Skácelová, MBA |
| Oponent práce: | Ing. David Kozák |
| Klíčová slova v ČJ: | Rentgenka, katoda, anoda, napětí, proud, expoziční čas, clony, filtrace, ohnisko, šum, expoziční index, index odchyly, dozimetrie, rentgenový obraz, svazek rentgenového záření, kontrast rentgenového obrazu, artefakty |
| Klíčová slova v AJ: | X-ray, X – ray tube, cathode, anode, voltage, x-ray tube voltage, x-ray tube current, exposure time, collimator, grid, filter, x-ray focus, standard deviation, exposure index, deviation index, dosimetry, X-ray image, X-ray beam, X-ray image contrast, artifacts |

Abstrakt v ČJ:

Kvalita rentgenového obrazu je jedním z nejdůležitějších aspektů pro získání správné diagnostické informace.

Cílem této práce bylo popsat jednotlivé faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu, zjistit, jakým způsobem obraz ovlivňují a porovnat, zda je rozdíl v kvalitě výsledného obrazu u dvou typově stejných přístrojů jednoho výrobce.

Výzkum probíhal s použitím antropomorfního a rentgenového fantomu na dvou přístrojích ve Fakultní nemocnici v Olomouci. Celkem bylo zkoumáno a vyhodnoceno sedm expozičních parametrů.

Vliv jednotlivých expozičních parametrů byl podrobně popsán. Po vyhodnocení výsledků měření, byl zjištěn rozdíl v kvalitě rentgenového obrazu u dvou zdánlivě stejných přístrojů. Bylo tomu tak zejména proto, že přednastavené expozice se u těchto přístrojů od sebe značně lišily.

Abstrakt v AJ:

The quality of the X-ray image is one of the most important aspects for obtaining the correct diagnostic information.

The aim of this study was to describe factors affecting the quality of the X-ray image, to find out how they affect the image and to compare the difference in image quality between two identical X-ray devices.

An anthropomorphic phantom, an X-ray phantom and two devices at the University Hospital in Olomouc were used for the research. In total, seven exposure parameters were examined and evaluated.

The effect of individual exposure parameters was described. After evaluating the measurement results, a difference in the quality of the X-ray image between two apparently identical devices was detected. This was mainly because the preset exposures were quite different for these devices.

Rozsah práce: 117 stran, 27 příloh

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 8 |
| 1 TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1.1 Rentgenka..... | 10 |
| 1.2 Ovlivnitelné faktory kvality svazku RTG záření | 14 |
| 1.3 Neovlivnitelné faktory kvality svazku RTG záření | 20 |
| 1.4 Faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu..... | 21 |
| 1.5 Dozimetrické veličiny | 29 |
| 2 PRAKTICKÁ ČÁST | 33 |
| 2.1 Cíl diplomové práce, výzkumná otázka a hypotézy | 33 |
| 2.2 Výzkumný soubor | 35 |
| 2.3 Metoda sběru dat | 41 |
| 2.4 Metoda zpracování dat | 49 |
| 2.5 Statistické zpracování | 50 |
| 3 VÝSLEDKY VÝZKUMU | 51 |
| 3.1 Porovnání standardních protokolů..... | 51 |
| 3.2 Hodnocení kvality obrazu na přístroji Samsung Electronics GC85A (2023) ... | 55 |
| 3.2.1 Hodnocený parametr NAPĚTÍ | 55 |
| 3.2.2 Hodnocený parametr PROUD | 60 |
| 3.2.3 Hodnocený parametr EXPOZIČNÍ ČAS | 65 |
| 3.2.4 Hodnocený parametr PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA | 69 |
| 3.2.5 Hodnocený parametr FILTRACE | 71 |
| 3.2.6 Hodnocený parametr GEOMETRIE | 73 |
| 3.2.7 Hodnocený parametr KOLIMACE | 76 |

| | |
|--|------------|
| 3.3 Hodnocení kvality obrazu na přístroji Samsung Electronics GC85A (2017) ... | 78 |
| 3.3.1 Hodnocený parametr NAPĚTÍ | 78 |
| 3.3.2 Hodnocený parametr PROUD | 83 |
| 3.3.3 Hodnocený parametr EXPOZIČNÍ ČAS | 87 |
| 3.3.4 Hodnocený parametr PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA | 92 |
| 3.3.5 Hodnocený parametr FILTRACE | 94 |
| 3.3.6 Hodnocený parametr GEOMETRIE | 96 |
| 3.3.7 Hodnocený parametr KOLIMACE | 99 |
| 4 DISKUZE | 101 |
| ZÁVĚR..... | 107 |
| SEZNAM ZKRATEK | 108 |
| REFERENČNÍ SEZNAM..... | 110 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 113 |
| SEZNAM TABULEK | 114 |
| SEZNAM GRAFŮ..... | 116 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 117 |
| PŘÍLOHY | I |

ÚVOD

Kvalita rentgenového obrazu je jedním z nejdůležitějších aspektů pro získání správné diagnostické informace. Díky dostatečně kvalitnímu obrazu je možné získat relevantní informaci o dané anatomické oblasti. Ideálně bychom chtěli co nejkvalitnější obraz, avšak vzhledem k nežádoucím účinkům rentgenového záření je třeba dělat kompromis mezi kvalitou rentgenového obrazu a dávkou, kterou pacient obdrží (Súkupová, 2018a).

Práce popisuje a zkoumá faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu. Na výsledný obraz má vliv nastavení expozičních parametrů. Některé z nich může ovlivňovat obsluhující pracovník – radiologický asistent. V teoretické části jsou jednotlivé faktory rozebrány a popsány. Cílem praktické části diplomové práce bylo zjistit, jakým způsobem jednotlivé faktory ovlivňují kvalitu výsledného obrazu a porovnat, zda je rozdíl v kvalitě výsledného obrazu u dvou typově stejných přístrojů jednoho výrobce.

Po prostudování potřebných podkladů bylo zjištěno, že danou problematikou se zabývá velmi málo prací a studií. Velké množství prací se zabývá dávkou při vyšetření, ale ne kvalitou obrazu.

REŠERŠNÍ ČINNOST

Vstupní literatura

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. vydání, Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6

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

VOMÁČKA, Jaroslav; KOZÁK, Jiří a NEKULA, Josef. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 3. vydání. Univerzita Palackého Olomouc, 2022. ISBN 978-80-244-6204-2.



Vyhledávací kritéria

K vyhledávání byla použita tato klíčová slova a jejich anglické ekvivalenty: rentgenka, katoda, anoda, napětí, proud, expoziční čas, clony, filtrace, ohnisko, šum, expoziční index, index odchylky, dozimetrie, rentgenový obraz, svazek rentgenového záření, kontrast rentgenového obrazu, artefakty

Další kritéria: recenzovaná periodika, přehledové články, vědecké články, studie, dostupný plný text článku



Databáze

Odborné články byly studovány v databázích Ebsco, Google Scholar, PubMed



Vyřazovací kritéria

Z výběru byly vyřazeny duplicitní publikace, publikace neodpovídající tématu a publikace, kde nebylo přístupné plné znění práce



Pro tvorbu této práce bylo použito celkem 29 odborných zdrojů

1 TEORETICKÁ ČÁST

Zdrojem záření v radiodiagnostice je rentgenka. Je složena z vnitřní části a krytu a jsou k ní připojeny vysokonapěťové kabely (Vomáčka et.al. 2022).

1.1 Rentgenka

Rentgenová lampka neboli rentgenka, slouží k produkci rentgenového záření. Jedná se o trubici s vakuem uvnitř, jejíž hlavní součásti jsou katoda a anoda, které jsou od sebe oddělené krátkou vzdáleností (Súkupová, 2013c). Katoda slouží jako zdroj elektronů, které jsou urychleny a následně dopadají na anodu, kde vzniká rentgenové záření (Tafti, 2022). Evakuovaná skleněná baňka, ve které jsou katoda a anoda umístěny, je chlazená olejem, který odvádí teplo z rentgenky. Baňka je uložena v olověném krytu. Ten slouží k odstínění nežádoucího záření, které vzniká mimo terčík. Jeho další funkcí je ochrana před mechanickým poškozením, zajišťuje připojení vysokonapěťových kabelů případně zavěšení na stropní závěs (Súkupová, 2018b; Ullmann).

Katoda

Záporně nabitá elektroda, která slouží jako zdroj elektronů, nutných pro vznik rentgenového záření. Katoda díky fokusační misticke emitované elektrony fokusuje na anodové ohnisko. Je tvořena spirálovitě navinutým vláknem z wolframu o tloušťce 0,2 milimetru, kterému se jinak říká katodové vlákno. Katodové vlákno může být jedno nebo mohou být dvě zvlášť pro malé a velké ohnisko. Pro delší životnost vlákna se k wolframu přidává 1-2% thoria. Katoda má vlastní elektrický obvod, charakterizovaný žhavicím proudem a žhavicím napětím. Ohřev vlákna je způsoben elektrickým proudem velikosti 6-8 A, který zahřívá vlákno až na 2000°C. Vlivem vysoké teploty dochází k termoemisi elektronů. Množství emitovaných elektronů je úměrné teplotě katodového vlákna. Čím vyšší je teplota vlákna, tím více elektronů je uvolněno. Termoemisí uvolněné elektrony jsou urychleny rozdílným elektrickým potenciálem

mezi elektrodami. Vytvářejí elektronový mrak, který díky svému zápornému náboji neumožňuje z katodového vlákna další emise elektronů. Kinetická energie elektronů (měřená v keV) souvisí s přiloženým napětím. Ke vzniku elektronového mraku dochází při napětí 40 kV a méně, kdy není potenciál mezi katodou a anodou dostačující k urychlení všech elektronů. Za této situace nedochází při dalším zvyšování proudu k dalšímu uvolňování elektronů. Elektrony dopadají na kladně nabitou anodu a dochází ke vzniku rentgenového záření. Aby elektrony nedopadly na různá místa anody, což by vedlo ke zhoršení geometrické neostrosti jsou fokusovány pomocí fokusačních mističek do úzkého svazku, který dopadá na terčík anody (Súkupová, 2018b; Tafti, 2022).

Anoda

Kladně nabitá elektroda. Urychlené elektrony emitované katodovým vláknem po dopadu na terčík uvolní velké množství kinetické energie. Tím dochází k radiačním a ionizačním ztrátám. Za vznik brzdného záření jsou zodpovědné radiační ztráty, naopak za ionizaci a excitaci jsou zodpovědné ztráty ionizační. Z uvolněné energie je 99 % přeměno na teplo a méně než 1 % na záření. Teplo je potřeba odvádět, aby nedošlo k přehřátí anody. Tepelné namáhání opotřebovává terčík, což má vliv na produkci záření a tím na použitelnost rentgenky. Anoda je vyráběna ze slitiny wolframu a 10% rhenia. Wolfram je využíván pro svoji vysokou teplotu tání a pevnost. Po přidání rhenia se jeho vlastnosti ještě zlepšují. Na výrobu báze anody se naopak používají lehké materiály, které špatně vedou teplo, například molybden a grafit (Seidl et. al. 2012; Súkupová, 2018b).

Anoda se rozlišuje na pevnou a rotační. Pevná anoda se skládá z wolframové části, která je připevněna k měděnému bloku. Měď v tomto případě slouží jednak jako opora, ale také odvádí teplo z terčíku. Elektrony dopadají stále na stejné místo terčíku. Z tohoto důvodu je nutné rychle odvádět teplo, aby nedošlo k jeho zničení. Pevná anoda je využívána v dentální radiologii a v některých pojízdných rentgenových zařízeních. Rotační anoda je složena ze slitiny wolframu a rhenia, které je připevněno k molybdenové podstavě s grafitovým základem. Svazek dopadá na část terčíku, který stále rotuje a tím je teplo rozloženo na větší plochu, díky tomu je možné větší zatížení rentgenky (Seidl et.al. 2012; Ullmann).

Rotační anody jsou díky efektivnějšímu odvádění tepla a produkci většího množství fotonů používány u většiny rentgenových systémů. Nejdůležitější částí je terčík, na kterém dochází ke vzniku rentgenového záření. Velikost terčíku určuje velikost ohniska. Ohnisko je místo, kam dopadají urychlené elektrony. Velikost ohniska ovlivňuje prostorové rozlišení. Čím menší je oblast kam dopadají elektrony a vznikají fotony, tím menší je geometrická neostrost a tím je lepší prostorové rozlišení. Jak bylo zmíněno, fokusační mistička se využívá k usměrnění letících elektronů. Fokusační mistička je buď připojena na stejné napětí jako katodové vlákno, nebo je izolována a je na ni přiváděno napětí záporné. Tím dochází k větší kolimaci elektronového svazku. Je tedy zřejmé, že fokusační mističky určují šířku ohniska a délka katodového vlákna jeho délku. V radiodiagnostice využíváme především rentgenky se dvěma ohnisky, tedy s malým a velkým, kdy má každé ohnisko vlastní fokusační mističku. Velikost ohniska se dělí na skutečnou a efektivní. Skutečná popisuje místo, kam dopadají elektrony. Naopak efektivní odpovídá projekci této plochy do centrální osy svazku. Efektivní velikost ohniska není všude stejná, dle vzdáleností katody a anody se mění. U skiagrafických systémů s poměrně velkou vyšetřovací vzdáleností například 180 cm se využívá sklonu terčíku okolo 15°, tím dosáhneme malé efektivní velikosti při rozumné skutečné velikosti ohniska. Díky tomu dochází k zeslabování heel efektu (Seidl, 2012; Súčupová, 2018b; Ullmann).

Heel efekt neboli efekt zeslabení anody je fyzikální jev, během kterého se mění intenzita záření. Intenzita záření se směrem k anodě snižuje. To způsobuje fakt, že fotony rozptýlené k anodě prochází skrze více vrstev materiálu a je u nich tedy vyšší pravděpodobnost, že se absorbují nebo rozptýlí. Velikost efektu závisí na energii fotonů, úhlu anody a materiálu. Heel efekt využíváme ke snižování dávky na citlivé orgány. Využití najdeme například v mamografii, kde jsou rentgenky sestrojeny tak, aby byla hrudní stěna pacientky umístěna na katodové straně (Gram, 2021).

Pro velikost ohniska tedy platí, že čím větší ohnisko, tím více vyprodukovaných fotonů. Teplo se rozloží na větší ploše, a tím nedochází k přehřátí anody. Více vyprodukovaných fotonů za jednotku času tedy znamená, že pro získání dostatečného množství fotonů je možné použít kratší expoziční čas, čímž dojde k minimalizaci pohybové neostrosti. Naopak při větším ohnisku se zvětšuje geometrická neostrost, protože fotony vznikají ve větší oblasti (Gram, 2021).

Typy rentgenek využívané v radiodiagnostice

Rentgenka pro skiografii pracuje při napětí od 40 kV do 150 kV. Anodový výkon je zhruba 80 kW. Velikost ohnisek se pohybuje od 0,6 mm do 1,2 mm.

Rentgenka pro mamografii pracuje při nižších hodnotách napětí než rentgenka pro skiografii, standardně se hodnoty napětí v mamografii pohybují mezi 20 kV a 40 kV. Rentgenky mají obvykle dvě ohniska velikosti 0,1 až 0,6 mm.

Rentgenka pro angiografické systémy musí být schopna produkovat záření v pulzním režimu s dostatečně krátkými pulzy. Pracuje s napětím 60 kV až 125 kV a s anodovým výkonem 60 kW až 100 kW. Rentgenky pro angiografické systémy mají dvě nebo tři ohniska obvyklé velikosti 0,3 až 2,0 mm.

Rentgenka pro CT využívá napětí 70 kV až 150 kV. Má vysoký anodový výkon, který musí být minimálně 125 kW. CT rentgenky mají ohnisko řádově 0,5 až 1,5 mm (Súkupová, 2018b).

1.2 Ovlivnitelné faktory kvality svazku RTG záření

Spektrum rentgenového záření lze popsat jak kvalitativně, tak kvantitativně. Kvalitou se rozumí pronikavost svazku. Svazek je pronikavější s rostoucí energií. Kvalita udává množství vyprodukovaných fotonů. Kvalita i kvantita jsou ovlivněny zejména napětím rentgenky, proudem rentgenky, filtrací a typem generátoru. Faktory ovlivňující kvalitu svazku rentgenového záření mají zároveň vliv na kvalitu výsledného diagnostického obrazu. Optimalizace zobrazovacích systémů znamená nastavení takových akvizičních parametrů, které jsou vhodné pro získání maximální diagnostické informace s minimálním zatížením pacienta radiační dávkou (Súkupová, 2018b).

Napětí rentgenky (kV)

Napětím rentgenky se rozumí napětí mezi katodou a anodou. Ovlivňuje pronikavost fotonů a má tak vliv na kvalitu spektra. Současně reguluje tvorbu fotonů, tím ovlivňuje spektrum i kvantitativně (Súkupová, 2018b). Když je zvýšeno napětí jsou ve svazku přítomny fotony všech energií spektra, které byly přítomny i ve svazku s nižším napětím (Sprawls). Energie rentgenového paprsku je přímo úměrná atomovému číslu anodového terčíku. Paprsky s vyšší energií jsou pronikavější, jsou méně zeslabeny tkáněmi a mají větší rozptyl. To má za následek nižší kontrast a nižší dávku. Naopak paprsky s nižší energií způsobují vyšší kontrast, ale vyžadují vyšší dávku, protože k vytvoření obrazu bude potřeba více fotonů. Pro zobrazení specifických částí těla se volí vhodné energie, aby byl kontrast a dávka optimální (Tompe, 2022). V praxi se využívá napětí v rozmezí 20 kV až 150 kV v závislosti na druhu tkáně (Vomáčka et.al. 2022). Například pro snímek prstu použijeme napětí 45 kV, pro snímek kolene 65 kV a pro snímek plic 125 kV (Příručka základních skiagrafičkových projekcí, 2006). Obecně platí, že čím nižší napětí, tím měkčí záření (Seidl et.al. 2012).

Proud rentgenky (mA)

Veličina vyjadřuje množství elektronů uvolněných z katody, které jsou urychlovány směrem k anodě. Počet emitovaných elektronů je řízen teplotou katodového vlákna. Čím je teplota vyšší, tím více elektronů je emitováno. Se zvýšením počtu urychlených elektronů vzniká vyšší počet interakcí v ohnisku a tím se zvyšuje množství záření. Dochází tedy ke kvantitativní změně (Súkupová, 2018b).

Expoziční čas (ms)

Udává dobu trvání expozice. Množství vzniklých fotonů je přímo úměrné proudu a času. Součin proudu a času je nazýván elektrické množství (mAs), které ovlivňuje spektrum kvantitativně (Súkupová, 2018b).

Mezi mAs a dávkou pacienta platí lineární vztah. Zvýšení mAs zvyšuje dávku pro pacienta a snižuje šum. Pro dané vyšetření by měly být vybrány vhodné mAs, aby se optimalizoval šum a dávka. Doba expozice může ovlivnit prostorové rozlišení, protože dlouhá doba expozice vede k pohybu pacienta a tím k rozmazání obrazu (Tompe, 2022).

Pro pořizování snímků ve skiagrafii využíváme rozmezí zhruba od 2 mAs pro snímkování plic až 80 mAs pro snímkování bederní páteře (Příručka základních skiagrafických projekcí, 2006). U moderních přístrojů, pracujících v pulzním režimu využíváme vysokou hodnotu proudu při krátkém expozičním času, a tím snižujeme riziko pohybové neostrosti. Při využívání expoziční automatiky je záření prošlé pacientem zaznamenáno ionizačními komůrkami, které jsou umístěny u klasické skiografie před panelem, zatímco u mamografu až za panelem (Seidl et.al. 2012).

Primární clony

Vymezení velikosti snímkovaného pole. Skládají se ze dvou na sebe kolmých olověných lamel a jsou upevněny před výstupním okénkem rentgenky. Důslednou kolimací klesá množství rozptýleného záření. Díky tomu dochází ke zlepšení kontrastu obrazu a šumu a zvýšení SNR. Dochází k menší radiační zátěži a snížení efektivní

radiační dávky pro pacienta (Tompe, 2022). Primární clony se dělí na dvě skupiny. První skupinou jsou hloubkové clony, které mají tvar krychle. Jsou umístěny na výstupním okénku rentgenky. Skládají se ze dvou párů olověných lamel umístěných ve třech až čtyřech etážích. Na okraj posledních etáží jsou umístěny žárovky a projekční zrcadlo. Díky tomu vidíme, jak velké pole bude ozářeno. Tubusy jsou druhou skupinou primárních clon. Jedná se o komolé kužele nebo hranoly, které jsou vyztužené olovem. Centrální paprsek probíhá jeho středem. Využití tubusů najdeme zejména v dentální radiologii a mamografii (Vomáčka et.al. 2022).

Protirozptylová mřížka

Při průchodu fotonů rentgenového záření objektem dochází vlivem Comptonova rozptylu ke vzniku nežádoucího sekundárního záření. Rozptýlené záření má však negativní vliv na kvalitu výsledného obrazu. Množství sekundárního záření roste s vyšší tloušťkou objektu. Mezi pacientem a detektorem proto mohou být umístěny takzvané sekundární clony neboli mřížky. Jedná se o mřížky tvořené rovnoběžnými absorpčními olověnými lamelami, které mezi sebou propouštějí pouze záření prošlé v žádaném směru, zatímco rozptýlené záření je pohlcováno. Obvykle je mezi olověnými pásy meziprostorový materiál s nízkým útlumem, například hliník. Potlačení sekundárního záření výrazně zlepšuje kontrast výsledného obrazu. Lamely jsou obvykle fokusovány, aby procházelo co nejvíce primárního záření, a naopak sekundární záření jiného směru neprošlo. Proto musí být dodržována vzdálenost ohniska od clony. Při použití sekundární clony je nutné zvýšit expoziční hodnoty, protože olověné lamely zachycují i část primárního záření a tím se jeho množství sníží. U každé sekundární clony musí být znám Buckyho poměr, počet lamel na jeden centimetr, strana přivrácená k ohnisku, prodlužovací faktor expozice a ohnisková vzdálenost (Huda, Vomáčka et.al. 2022).

Buckyho poměr označuje poměr mezi výškou lamely a šířkou šterbiny, může být též označován jako ratio. Platí, že mřížka s vyšším poměrem odmítne rozptyl lépe. Mřížka s vyšším poměrem má však za následek vyšší dávku pro pacienta. Buckyho faktor představuje při použití mřížky vyšší dávku pro pacienta, než kdyby nebyla mřížka použita.

Standardní počet je 40–50 lamel na centimetr u nízkofrekvenční mřížky, 50–60 lamel na centimetr pro mřížky střední frekvence a 60–70 lamel na centimetr u vysokofrekvenční mřížky. Nízkofrekvenční mřížky se používají u systémů s pohyblivou mřížkou známou jako Buckyho clona, která během expozice osciluje. Střední frekvence a vysoké frekvence mřížky se obvykle využívají u stacionárních zařízení například u pojízdnych systémů.

Prodlužovací faktor udává, kolikrát je nutné expozici zvýšit, aby došlo ke stejnému zčernání jako by mřížka nebyla použita. Běžně mají clony faktor 2–3.

Ohnisková vzdálenost je určena úhlem lamel, který se zvětšuje od středu mřížky. Typické ohniskové vzdálenosti jsou 100 cm a 180 cm.

Bucky – Potterova clona obsahuje 10 lamel na centimetr. Olověné lamely jsou široké, proto je nutné, aby se clona během snímkování pohybovala. Kdyby se Bucky – Potterova clona nepohybovala, byl by na výsledném obrazu patrný rastr ve formě jemných stínů lamel. Expozice se sepne až poté, co je clona v pohybu. Clona je umístěna pod úložnou deskou stolu a je poměrně vzdálená od objektu, proto při jejím používání dochází k mírnému zvětšení obrazu.

Lysholmova clona je o něco tenčí než clona Bucky – Potterova a její lamely jsou jemnější. Počet olověných lamel je 28 na centimetr. Lamely se během expozice nepohybují. Využíváme ji zejména při snímkování na volný detektor, na kazetu a při snímkování na pojízdnych přístrojích. Tím, že je clona v úzkém kontaktu s objektem zvětšení obrazu není výrazné.

Smithova ultra jemná clona obsahuje 50 lamel na centimetr. V podstatě se jedná o dvě na sebe položené, o 90 stupňů povytočené mřížky. Sice velmi dobře zachycují sekundární záření, ale kvůli velkému zvětšení obrazu se nepoužívají (Huda; Seidl et.al. 2012; Vomáčka et.al. 2022).

Filtrace

Měkké záření s nízkou energií využíváme v mamografii, ale ve skiografii nemá žádný význam. Dochází k jeho absorpci v kůži a dochází k nežádoucí radiační zátěži. Proto využíváme filtraci. Fotony nejprve projdou základní filtrací, která je tvořena

skleněnou baňkou, chladícím olejem a výstupním okénkem. Jako přídatná filtrace se do cesty záření vkládá hliníková nebo měděná destička o tloušťce 1,5 mm až 4 mm, která pohlcuje jeho měkkou složku. Tím dochází ke kvalitativní, ale i kvantitativní změně spektra. Při zvyšujícím se stupni filtrace dochází díky odstranění fotonů s nízkou energií k utvrzení svazku (Kadiri, 2016).

Systémy pro automatické řízení expozice

Dříve musely být expoziční hodnoty (kV, mAs) manuálně nastaveny pro každou expozici. AEC neboli expoziční automatika, ukončí expozici v případě, že senzory receptoru obrazu zachytí potřebné množství prošlého záření. Při správném použití dojde ke zkrácení doby expozice, snížení radiační dávky a také k redukci opakovaných vyšetření z důvodu nesprávného nastavení expozičních parametrů. Uplatňuje se zde systém ALARA. Expoziční automatika sestává standardně ze tří senzorů neboli komůrek. Pravá, levá a centrální. Komůrky kontrolují dopadající dávku. Při používání expoziční automatiky je však nutné dbát na jejich správnou volbu. Většinou bývají součástí orgánové předvolby. V případě, že je pacient snímkován s ochranným stíněním, je nutné přenastavit aktivní senzory AEC ukončující expozici. Pokud by byl pacient osnímkován s nevhodným nastavením, došlo by k prodloužení doby expozice a tím k nárustu dávky. Expozice je totiž ukončena ve chvíli, kdy dostatečné množství záření dopadne na detektor, který je skrytý za ochranným stíněním. Při snímkování menších objektů, jako jsou například kolena, lokty, kotník či prsty ruky, se automatika nepoužívá. Je tomu tak, protože nemusí nastat úplné překrytí komůrek. Záření by nebylo utlumeno vyšetřovanou oblastí, tudíž by expoziční automat ukončil expozici dříve. To by vedlo k získání nekvalitního obrazu. U menších vyšetřovaných objemů tak nastavujeme expoziční parametry manuálně dle vyšetřované oblasti. Nesprávně zvolené expoziční parametry mohou vést k podexponování a zhoršení kvality obrazu. Nebo naopak přexponování a tím pak ke zvýšení dávky u pacienta (Súkupová, 2012; Súkupová, 2018b).

Geometrické faktory

Mezi geometrické faktory, které ovlivňují kvalitu obrazu patří vzdálenost objektu od ohniska, míra zvětšení a velikost ohniska. Změny ve vzdálenosti zdroje a detektoru mají za následek relativní zvětšení anatomických struktur v obraze. Rentgenový svazek se sice se zvyšující vzdáleností od zdroje rozbíhá, ale zároveň s rostoucí vzdáleností klesá intenzita svazku s druhou mocninou. Zvětšení vzdálenosti pacienta od detektoru vede ke zvětšení anatomických struktur. Dávka záření se však zvyšuje, protože pacient je blíže k rentgence. Velikost ohniska je nepřímo úměrná prostorovému rozlišení. Snížení velikosti ohniska vede ke zlepšení prostorového rozlišení. Děje se tak, neboť je menší geometrický polostín. Kvůli nahromadění velkého množství tepla v malém terčíku se znatelně zvyšuje teplotní zátěž rentgenky. Z tohoto důvodu se musí na některé expozice používat ohnisko větší (Súkupová, 2018a; Tompe, 2022).

1.3 Neovlivitelné faktory kvality svazku RTG záření

Na kvalitu rentgenového svazku mají také vliv další věci, které jako uživatelé nejsme schopni ovlivňovat. Takovým faktorem je například materiál, ze kterého je vyrobeno ohnisko anody nebo průběh napětí na rentgence.

Materiál ohniska

Materiál terčíku ovlivňuje tvorbu brzdného záření. Energie fotonů brzdného záření je přímo úměrná protonovému číslu materiálu, ze kterého je vyroben. Se zvyšujícím se protonovým číslem materiálu se zvyšuje účinnost produkce brzdného záření a současně se zvyšuje i energie fotonů. Dochází tedy ke kvantitativním změnám (Súkupová, 2018b). Obvyklým materiálem používaným k výrobě ohniska je slitina wolframu a rhenia (10 %). Wolfram je využíván právě pro své vysoké protonové číslo, čímž zajišťuje vysokou produkci záření. Na výrobu base anody jsou používány lehké materiály s vysokou tepelnou kapacitou, které špatně vedou teplo. Běžně se využívají molybden a grafit (Ketelhut, 2021).

Průběh napětí

Velikost napětí na rentgence ovlivňuje rychlost emitovaných elektronů a energii fotonů rentgenového záření. Je žádoucí, aby zvlnění napětí bylo co nejmenší. U jedno a dvou pulzních generátorů dochází k produkci užitečného záření pouze v maximálních hodnotách napětí. Po zbytek doby dochází k produkci nízkoenergetického záření, které je buď absorbováno filtrací rentgenky nebo v kůži pacienta a přispívá tak pouze ke zvyšování radiační zátěže nikoliv ke tvorbě obrazu. Dalo by se předpokládat použití konstantního napětí, kdyby všechny elektrony měly při dopadu na ohnisko stejnou rychlost, problém je však v tom, že většina rentgenových přístrojů je napájena střídavým napětím ze sítě. Proto pro usměrnění a vyhlazení napětí využíváme usměrňovač. Obecně, čím vyšší výkon generátoru, tím je možná kratší expozice a vyšší počet expozic (Súkupová et.al. 2018).

1.4 Faktory ovlivňující kvalitu rentgenového obrazu

Kvalita obrazu je jedním z nejdůležitějších stanovisek v radiodiagnostice. Účelem rentgenových obrazů je poskytnutí informace o dané anatomické oblasti. Kvalita obrazu by měla být dostatečná pro získání požadované klinické informace. Mezi důležité složky kvality snímku patří kontrast, dynamický rozsah, prostorové rozlišení, šum a artefakty.

Na kontrast obrazu mají vliv různé faktory, jako například absorpční rozdíly v zobrazovaném objektu. Tyto rozdíly jsou ovlivněny tloušťkou vyšetřované oblasti, hustotou tkání, jejich atomovým číslem nebo použitím kontrastních látek. Na kvalitu obrazu má vliv také rozptýlené záření, které regulujeme cloněním svazku, případně air gap technikou. V neposlední řadě kvalitu také ovlivňuje i mimoohniskové záření, které vzniká zabrzděním emitovaného elektronu jinde než v ohnisku. Na kvalitě se také podílí geometrická neostrost, kterou ovlivňuje vzdálenost ohniska od objektu, velikost ohniska, vzdálenost objektu od detektoru a případná pohybová neostrost (Súkupová, 2018a; Tompe, 2022).

Kontrast

Kontrast vyjadřuje zeslabení signálu v různých oblastech. Na snímku se projevuje různými odstíny šedi. Kontrast je nejzákladnější charakteristikou obrazu. Objekt v lidském těle je na snímku viditelný pouze tehdy, má-li dostatečný fyzický kontrast vzhledem k okolní tkáni (Sprawls). Kontrast je zlomkový rozdíl v signálu nebo jasů mezi zájmovou oblastí a jejím okolím. Vzniká rozdílným zeslabením rentgenového záření různými tkáněmi. Je přímo úměrný atomovému číslu, hustotě a tloušťce tkáně. V praxi to znamená, že útlum rentgenového záření je nejmenší ve vzduchu a nejvyšší v kostech. U digitálních přístrojů lze kontrast upravit pomocí technik následného zpracování obrazu (Tompe, 2022).

Ostrost a rozlišovací schopnost

Pro ostrost obrazu je důležitý malý rozměr ohniska, z něhož je záření emitováno. V radiodiagnostice využíváme velikost ohniska od 0,5 do 2 mm. Ke zhoršení ostrosti a rozlišovací schopnosti dochází nejčastěji důsledkem pohybu pacienta během expozice. Tomu se zabraňuje zkrácením expoziční doby při současném zvýšení intenzity záření. Rozlišovací schopnost je definována jako nejmenší vzdálenost dvou objektů, při níž se ještě zobrazí odděleně. Při menší vzdálenosti se potom oba zobrazí jako jeden. Pro měření rozlišovací schopnosti používáme čárový fantom (Seidl et.al. 2012).

Rozlišení při vysokém kontrastu (prostorové rozlišení)

Udává, jak malý detail je ještě viditelný. Pro jeho měření používáme fantom, na kterém popisujeme počet párů čar (line pairs) na délkovou jednotku (mm), typicky lp/mm. Sousední čáry jsou vyrobeny ze dvou materiálů, jednoho více zeslabujícího a druhého méně zeslabujícího. Dvě vedlejší čáry tedy tvoří jeden pár. Čím jsou čáry menší, tím více se jich na jednotku délky vejde, a tím lepší prostorové rozlišení je třeba pro jejich zobrazení. Páry čar jdou od největších po nejmenší, čím menší páry jsou rozeznatelné, tím je rozlišení při vysokém kontrastu lepší. Nejčastěji se hodnotí pouze subjektivně (Súkupová et. al. 2017). Mezi faktory ovlivňující prostorové rozlišení patří zvětšení, velikost ohniska rentgenového záření, rozlišení detektoru, pohyb pacienta a zpracování obrazu (Tompe, 2022).

Rozlišení při nízkém kontrastu

Schopnost zobrazit malé rozdíly ve stupních šedi a odlišit je od šumu se nazývá rozlišení při nízkém kontrastu. Šum vnáší do obrazu náhodnou složku, která nesouvisí se zobrazovaným objektem a zvyšuje nebo snižuje detekovatelný signál. Zvýšit signál a potlačit šum lze díky kolimaci. Kontrast je definovaný jako rozdíl intenzity signálu určitého bodu objektu vzhledem k pozadí. Závisí na tvaru, velikosti a šumu. Hodnocení rozlišení při nízkém kontrastu se provádí pomocí veličin poměr kontrastu a šumu a signálu a šumu (Súkupová et. al. 2018).

Poměr kontrastu a šumu (CNR) je veličina vhodná pro popis amplitudy signálu vzhledem k okolnímu šumu. CNR nezávisí na velikosti objektu. Signál by měl být homogenní v oblasti zájmu. CNR se pak rovná rozdílu průměrného signálu oblasti zájmu a průměrného signálu pozadí. Při posuzování kvality je vždy nutné vzít v potaz dávku. Vysoká kvalita CNR bude znamenat vyšší kvalitu snímku vzhledem k posouzení kontrastu. V rentgenovém zobrazení rozlišujeme základní čtyři stupně kontrastu. Jedná se o vzduch, tuk, měkké tkáně a kost. Celkový kontrast nám udává rozdíl ve stupni zčernání mezi nejsvětlejším a nejtmašším místem snímku. A kontrast detailu udává rozdíl ve stupni zčernání mezi dvěma sousedními místy (Súkupová et. al. 2017).

Poměr signálu a šumu (SNR) je veličina vyjadřující velikost šumu vzhledem k signálu. Čím vyšší je signál a nižší šum, tím lepší je kvalita obrazu. Snímky s vysokým SNR umožňují rozpoznání menších a méně kontrastních struktur. SNR lze spočítat i v případě, že je nehomogenní signál v obrazu, musí být ale homogenní signál pozadí. SNR popisuje viditelnost objektu pro pozorovatele. K SNR se současně váže Roseovo kritérium, které udává, že obraz, s hodnotou SNR menší, než pět je nepoužitelný. Čím vyšší hodnota SNR, tím lepší kvalita zobrazení (Súkupová et. al. 2018; Súkupová et. al. 2017).

Dynamický rozsah

Dynamický rozsah je rozsah různých intenzit rentgenového záření, které lze zobrazit detektorem. Detektory, které poskytují dobrý kontrast, jsou nezbytné pro získání vysoce kvalitních rentgenových snímků. Detektory s širokým dynamickým rozsahem budou ukazovat, jak velmi nízké, tak velmi vysoké hodnoty expozice v obraze (Tompe, 2022).

Šum

Další charakteristikou všech snímků je obrazový šum. Obrazový šum dodává obrazu texturu nebo zrnitost. Obecným efektem zvyšování šumu je nedostatečné použití primární clony. Většinou je vliv šumu nejvýraznější u objektů s nízkým kontrastem, které již hraničí s viditelností (Sprawls). Rentgenový šum neodpovídá zeslabení rentgenového záření. Existuje několik druhů šumu. Jedná se o elektronický šum, který je tvořen náhodnými elektrony, které vznikají například v elektronice jejím zahříváním. Anatomický šum označuje neužitečný signál v obrazu, který má původ ve tkáních nebo orgánech pacienta a není potřebný pro získání diagnostické informace. Anatomický obraz je redukován při digitální substrakční angiografii, kdy je nejprve pořízen nativní snímek, poté snímek s kontrastní náplní a od tohoto je odečten snímek nativní. Ve výsledném obrazu zůstávají pouze struktury, které se dynamicky měnily. Kvantový šum je primárně zodpovědný za obrazový šum a množství rentgenových kvant použitých k vytvoření obrazu. Souvisí s nerovnoměrnou distribucí fotonů dopadajících na detektor. Nerovnoměrná distribuce se v obraze projevuje jako šum. Čím více je detekovatelných fotonů, tím vyšší je šum. Řízení expozičních faktorů je nejlepší způsob, jak kvantový šum snížit (Súkupová et. al. 2018).

Vliv protirozptylových mřížek na hodnotu SNR

Rentgenové záření dopadající na pacienta je zeslabeno odstraněním fotonů v důsledku absorpce a rozptylu. Rozptylové záření významně snižuje kontrast objektu. Pro zlepšení kontrastu využíváme mřížky proti rozptylu. Nutnost mřížky je dána především tloušťkou objektu. Obecně se nepoužívá pro končetiny nebo v pediatrii. Mřížka by se neměla používat pro části těla s tloušťkou méně než 100 mm. Rozptyl je různý pro různé tloušťky objektu, předmětový kontrast je výrazně degradován, když je část těla menší než 100 mm. Poměr signálu k šumu (SNR) se stává efektivním indexem pro hodnocení kvality obrazu (Kunitomo, 2020).

Počet fotonů

Pro získání kvalitního obrazu je třeba optimální počet fotonů rentgenového záření. Pokud nedosáhneme žádaného počtu fotonů, snímek bude podexponovaný. Pokud jich naopak bude nadbytek, dojde k přeexpozici. Množství fotonů ve spektru roste úměrně s rostoucím proudem a je přímo úměrné součinu proudu a času (mAs) (Súkupová, 2018b; Seidl et.al. 2012).

Artefakty

Artefakty jsou jakékoliv struktury přítomné v obraze, které nepřísluší hodnocenému objektu. Tyto struktury degradují kvalitu výsledného obrazu. Je tomu tak důsledkem jiných faktorů, než je nízké rozlišení, šum a SNR. Ve vztahu k radiodiagnostice je artefaktem nazýván jakýkoli prvek radiologického obrazu, který neodpovídá žádné z anatomických struktur a je vnesen do obrazu důsledkem vnějších faktorů. Mohou se prezentovat různými způsoby, včetně abnormálních stínů zaznamenaných na rentgenovém snímku nebo zhoršením kvality obrazu (Sheetty et.al. 2011; Shetty et. al. 2021; Brandt et. al. 2020).

Mezi artefakty, které vznikají v průběhu vyšetření patří přeclonění, kdy chybnou kolimací dochází k ořezání okrajů snímku. Při nedoclonění, je naopak zachycena velká plocha v okolí oblasti zájmu a v důsledku sekundárního záření je zvýšený šum v obraze (Shetty et. al. 2011).

Artefaktem, který vzniká chybným nastavením expozičních parametrů může být přeexpozice, která se projeví tmavým snímek. Podexpozice, která je charakteristická zrnitým obrazem s vysokým šumem. Použití mřížky se špatnou fokusací se projevuje projasněním okrajů nebo například moiré vzorem. Efekt žárovky nastává v případě vzniku nadbytku sekundárního záření u obézního pacienta nebo díky nevyclonění snímku. Efekt žárovky se projevuje ztmavnutím okrajových částí oproti zbytku snímku. Abychom se vyvarovali tomuto typu artefaktu, je třeba dbát na správné clonění a snížit sekundární záření ubráním kV (Sheetty et.al. 2011).

Artefakty pro film, počítačovou radiografii (CR) a digitální radiografii (DR)

Mezi artefakty filmové radiografie patří otisky prstů způsobené nesprávnou manipulací. Černé půlměsíce způsobené nehty. Bílé čáry ve tvaru půlměsíce, které vznikají kvůli prasklé zesilovací fólii. Stopy po násilném rozbalení nebo nadměrném ohýbání fólie. Černý film vystavený světlu. Jasná místa způsobená vzduchovými bublinami ulpívajícími na filmu během zpracování nebo nečistotami na zesilovací fólii (Shetty et. al. 2021).

V éře digitálních detektorů obrazu takové artefakty jako nečistoty, škrábance na filmu nebo poškození zesilovací folie ustoupily. U digitálních systémů se vyskytují takzvané mrtvé (vadné) pixely, které se projevují formou slabě viditelných světlých skvrn. Digitální detektory jsou velmi citlivé a vyžadují specializovanou kalibraci, vyrovnání heterogenity detektoru, tj. rozdíly v citlivosti jednotlivých detektorů oblasti. Dále mezi artefakty digitální radiografie patří zpoždění obrazu detektoru, kdy je latentní obraz z předchozí expozice přítomný na aktuální expozici. Nesprávná orientace detektoru, kdy je kazeta obrácená dnem vzhůru, zpětný rozptyl, omezení kalibrace detektoru, což způsobuje slabé pruhy (často vertikální) na pozadí snímku. Špatně přečtené hodnoty zájmu, snímek se zdá být vybledlý a podexponovaný, to je často způsobeno kolimací na menší anatomickou oblast (Shetty et. al. 2021, Brandt et. al. 2020).

Běžné artefakty pro všechny formy jsou pohybový artefakt a dvojitá expozice. Zdrojem artefaktů může být i samotný pacient, jedná se například o pohybové artefakty a přítomnost kovových objektů na nebo v jeho těle. Nejběžnější typy artefaktů, jichž zdrojem je pacient a jeho bezprostřední okolí jsou artefakty z lékařských implantátů. Jedná se například o kovové stehy, stenty, katétry, endovaskulární filtry, ortopedické šrouby nebo hřeby, elektrody nebo kardiostimulátory. Přítomnost těchto objektů v obraze není možné eliminovat, proto je nutné, aby hodnotící lékař věděl, zda viditelný artefakt pochází z předmětu, který byl záměrně implantován, nebo se jedná o cizí těleso. Radiologický asistent nesmí zapomenout odstranit z oblasti zájmu všechny prvky, které mohou vytvářet artefakty v obraze. Patří sem externí elektrody, šperky, vlasové doplňky, oděvy. Vyvarování se pohybovým artefaktům je docíleno poskytnutím pohodlí, měly by být použity vhodné polohovací pomůcky. Tyto pomůcky nesmí být přímo v oblasti zájmu, neboť by se staly zdrojem artefaktů. Aby se zabránilo pohybu

pacienta, je možné ho nechat přidržovat doprovodem. Tento postup by neměl být zneužíván kvůli radiační ochraně těchto osob (Brandt et. al. 2020).

Klinický význam

Úpravou kV, snížením mAs a zmenšením velikosti ohniska lze získat kvalitní snímky s nižší dávkou záření. Vyšší dávka záření nám sice zajistí menší šum a lepší kvalitu obrazu, ale také vyšší radiační zátěž pro pacienta. Rentgenové systémy by měly být optimalizovány tak, aby při co nejmenší dávce pacientovi, byl získán co nejkvalitnější snímek. Kolimace a použití vhodné mřížky snižuje rozptýlené záření a zlepšuje kvalitu obrazu. Používání mřížky proti rozptylu je nejužitečnější, pokud je tloušťka vyšetřovaného objektu větší než 10 cm. Naopak není užitečná u menších objektů a dětí. Při produkci nekvalitních snímků je třeba optimalizovat protokoly, aby se zabránilo opakovanému vyšetření pacientů a zbytečnému vystavování rentgenovému záření. Optimální zobrazovací protokoly by měly být vyvinuty a stanoveny s pomocí radiologického fyzika, aby bylo dosaženo trvale vysoké kvality obrazu při minimální možné dávce záření. Program zajištění kvality je nezbytný pro trvalé udržení kvalitních snímků. Kvalita obrazu by měla být sledována prováděním testů kvality obrazu a dalšími důkladnými kontrolami pod vedením radiologického fyzika (Tompe, 2022).

Expoziční index (EI)

Expoziční index byl zaveden jako indikátor kvality obrazu zohledňující také dávku absorbovanou v detektoru. Pokud při expozici zvýšíme mAs o dvojnásobek, platí, že hodnota expozičního indexu se také dvakrát zvýší. Expoziční index se liší, jak pro každou anatomickou oblast, tak i pro projekci nebo detektor. Stanovuje se ze signálu obrazu, který je úměrný dávce, která byla v detektoru absorbována. Není však přímo úměrný dopadající kermě.

U analogových systémů byl zřejmý vztah mezi dávkou, která dopadá na film a výsledným obrazem. Čím menší dávka dopadla na danou oblast filmu, tím bylo místo světlejší. Digitální receptory obrazu mají různou citlivost, různý dynamický rozsah

a různou konverzi na stupeň šedi. Tyto vlastnosti umožňují digitálnímu systému produkovat obrazy jejichž kvalita se jeví vizuálně stejná i při použití různých expozic. Bylo tedy potřeba zavést index, který by popsal kvalitu obrazu z hlediska signálu a šumu. Správnost expozice tedy určuje hodnota expozičního indexu.

Principem metody ověření správnosti expozice je analýza histogramu. Histogram je grafické zobrazení počtu pixelů daného stupně šedi v obraze. Jas a kontrast se mění změnou tvaru histogramu. Široký histogram znamená vyšší kontrast a úzký histogram znamená méně kontrastu. Pokud jsou hodnoty histogramu soustředěny u spodní hranice obraz je tmavý, ve vyšším úseku hodnot, se obraz zobrazí jako světlý. Hodnoty expozičního indexu tedy vycházejí z analýzy dat poskytnutých histogramem. Manipulace s vlastnostmi histogramu nemá vliv na hodnotu expozičního indexu. Smyslem expozičního indexu je ověřit souvislost mezi dávkou na detektor a kvalitou zobrazení. Nevýhodou expozičního indexu je fakt, že různí výrobci používají různé expoziční indexy (Súkupová, 2013a, 2013b).

Index odchyly (DI)

Index expozice (EI) měří množství rentgenových fotonů, které skutečně dopadnou na detektor. Index odchyly (DI) měří rozdíl mezi tím, kolik fotonů by mělo dopadnout a množstvím fotonů rentgenového záření, které skutečně na detektor dopadne. Hodnota DI udává, zda jsou expoziční parametry vhodně použity pro konkrétní vyšetření a zobrazení oblasti zájmu. Zatímco každý výrobce přístrojového vybavení používá různé rozsahy EI, hodnoty DI se pohybují v rozmezí od -3 do +3. Hodnota DI +1 znamená přeexponování o 25 %. Zatímco DI -1 znamená podexponování o 20 % menší, než je požadovaná expozice. Hodnoty DI +3 a -3 znamenají dvakrát více nebo méně, než je požadovaná expozice (Súkupová, 2013a, 2013b).

1.5 Dozimetrické veličiny

Dozimetrie se zabývá účinky, interakcemi a pohlcování záření látkou. Látkou se nejčastěji rozumí živá tkáň a měření dávek a dávkových příkonů se nejčastěji provádí ve vodě, ve vzduchu a na speciálních fantomech (Ulmann).

Absorbovaná dávka (D)

$$D = \Delta E / \Delta m$$

Dávkou se rozumí energie pohlcená v daném místě ozařovaného objemu na jednotku hmotnosti. ΔE je střední energie záření absorbovaná v objemu o hmotnosti Δm . Jednotkou absorbované dávky je **Gy**. Absorbovaná dávka je dobře měřitelná fyzikální veličina. Orgánovou dávkou se potom rozumí dávka absorbovaná v určitém orgánu. Tato veličina však nerozlišuje typ záření, kterým byla energie dodána. Dávka z fotonového záření bude mít na orgán jiný dopad než dávka z alfa nebo beta záření (Hušák, 2009; Ulmann).

Ekvivalentní dávka (H_T)

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

Představuje součin radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky ve tkáni D_{TR} . Jednotkou je **Sv**. Jedná se o veličinu, která rozlišuje kvalitu daného záření. Pojí se s deterministickými účinky. Radiační váhový faktor má hodnotu 1 pro fotony, 5 pro protony, 2-20 pro neutrony a těžká jádra (Borrego, 2018; Hušák, 2009).

Efektivní dávka (E)

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

Efektivní dávka je součin tkáňového váhového faktoru w_T a ekvivalentních dávek H_T v ozářených tkáních T . Efektivní dávka zohledňuje druh záření i senzitivitu orgánu. Efektivní dávka je uváděna v **Sv** a vztahuje se ke stochastickým účinkům záření. Tkáňové váhové faktory pro jednotlivé orgány se mění dle aktuálních výzkumů (Borrego, 2018; Hušák, 2009).

Dávkový ekvivalent (H)

$$H = D_T \cdot Q$$

Dávkový ekvivalent je součinem absorbované dávky v bodě a bezrozměrného činitele Q , vyjadřující rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření. Jednotkou je **Sv** (Hušák, 2009).

Dávkový příkon (D')

$$D' = DD / Dt$$

Jedná se o dávku, která je obdržena v daném místě za jednotku času. Poměr dávky DD za časový interval Dt . Jednotkou je **Gy.s⁻¹**, v praxi se častěji používají jednotky Gy/min nebo mGy/hod (Borrego, 2018).

Kerma (K)

$$K = \Delta E / \Delta m$$

Kinetická energie uvolněná v materiálu. Veličina kerma je příbuzná s absorbovanou dávkou a má stejnou jednotku (Gy). ΔE součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic uvolněných nenabitými částicemi v určitém objemu látky o hmotnosti Δm (Hušák, 2009; Ulman).

Veličiny pro dozimetrii pacientů

Dopadající kerma

Dopadající kermou je myšlena kerma, která je měřena ve vzduchu na centrální ose svazku v místě, kde záření vstupuje do pacienta. Má smysl ve skiografii, protože se parametry pole záření v průběhu expozice nemění. Nezahrnuje zpětný rozptyl, ale pouze dopadající záření. Lze ji měřit (Huda, 2014).

Vstupní povrchová kerma (K_e)

$$K_e = B \cdot K_i$$

Jedná se o kermu ve vzduchu na centrální ose svazku v místě povrchu pacienta se zahrnutím zpětného rozptylu z pacienta. Vhodnými prostředky ji lze měřit, popřípadě odhadnout z dopadající kermy. K_e je vstupní povrchová kerma, K_i je dopadající kerma, B je faktor zpětného rozptylu závislý na velikosti pole, kvalitě svazku a materiálu ve kterém rozptyl nastává (Borrego, 2018; Huda, 2014).

DAP (Dose Area)

Plošný součin dávky slouží k monitorování dávky záření při radiologických vyšetřeních. Poskytuje údaje o dávce záření obdržené pacientem a je využívána například při porovnávání diagnostických referenčních úrovní (Vajhudeen, 2023).

Principem je ionizační komůrka, která je uložena za výstupním okénkem rentgenky. DAP je tedy součinem kermy a ozářené plochy. Jednotkou je $Gy \cdot m^2$. Výslednou obdrženou dávku, lze na základě této hodnoty odhadnout (Borrego, 2018; Huda, 2014; Podzimek, 2013).

Prvním způsobem je použití fantomu. Do fantomu se vloží dozimetr a provede se expozice podle hodnot, které byli zaznamenány při výchozí expozici. Poté se data z dozimetru odečtou a vyhodnotí se dávka. Plošný součin dávky lze vydělit plochou expozice (v cm^2), aby se získala tak zvaná kumulativní vzdušná kerma v daném

místě. Kumulativní vzdušná kerma (CAK) může být použita jako indikace dávky na kůži. Může být odvozena z DAP a je to dávka měřená v intervenčním referenčním bodě. Tento bod se nachází 15 cm od izocentra směrem ke zdroji rentgenového záření (Vajhudeen, 2023).

Dalším způsobem odhadu dávky dochází pomocí softwaru. Do programu se zadají data z provedené expozice a data pacienta, ten poté data vyhodnotí a vypočítá přibližnou dávku na dané orgány (Borrego, 2018; Huda, 2014; Podzimek, 2013).

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Cíl diplomové práce, výzkumná otázka a hypotézy

Cílem praktické části diplomové práce bylo zjistit, jakým způsobem jednotlivé faktory ovlivňují kvalitu výsledného obrazu.

Výzkumná otázka zněla: Je rozdíl v kvalitě výsledného obrazu u dvou typově stejných přístrojů jednoho výrobce?

Po prostudování literatury a zpracování odborné rešerše byly stanoveny nulové a alternativní hypotézy:

H₀₁ *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se napětím (kV) dochází k poklesu hodnoty SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H_{0A} *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se napětím (kV) nedochází k poklesu hodnoty SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H₀₂ *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se napětím (kV) dochází k poklesu hodnoty SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H_{0A} *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se napětím (kV) nedochází k poklesu hodnoty SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H₀₃ *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se proudem (mA) se zvyšuje hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H_{0A} *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se proudem (mA) se nezvyšuje hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H₀₄ *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se proudem (mA) se zvyšuje hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H_{0A} *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se proudem (mA) se nezvyšuje hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H₀₅ *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se expozičním časem roste hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H_{0A} *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se expozičním časem neroste hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H₀₆ *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se expozičním časem roste hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

H_{0A} *U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se expozičním časem neroste hodnota SNR (poměr signálu ku velikosti šumu)*

2.2 Výzkumný soubor

Všechna měření byla prováděna za použití antropomorfního a rentgenového fantomu. K porovnání kvality rentgenového obrazu byly vybrány dva rentgenové přístroje stejného výrobce. Výsledná data byla zaznamenána a zpracována pomocí programu Microsoft Excel. Kvalita rentgenového obrazu byla vyhodnocena v programu Onis 2.5.

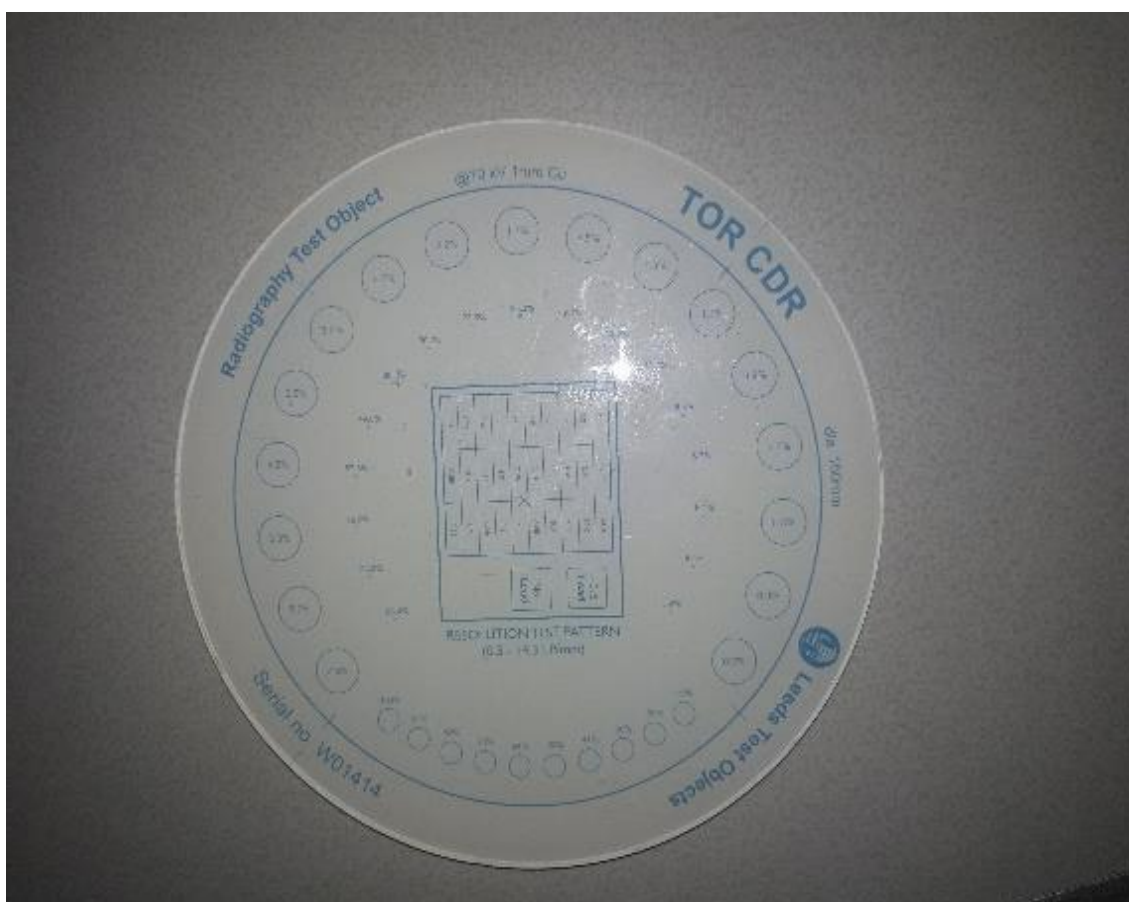
Fantomy

Pro dosažení optimálních výsledků měření bylo využito antropomorfního fantomu. Orgány fantomu celého těla PBU-60 odpovídají anatomii lidského těla, absorbují záření a mají odpovídající hodnoty HU. Měkké tkáně a orgány jsou vyrobeny z pryskyřice na bázi uretanu (SZ-50). Syntetické kosti z epoxidové pryskyřice, klouby z epoxidové pryskyřice, uretanu s karbonovými vlákny a šrouby jsou z polykarbonátu. Model je velký 165 cm na výšku a váží přibližně 50 kilo.



Obrázek 1: Antropomorfní fantom (dostupné z: <https://www.helago-cz.cz/eshop-ph-2b-phantom-celeho-tela-pbu-60-147054.html>)

Společně s antropomorfním fantomem byl využit i rentgenový fantom TOR CDR, u nějž se kvalita obrazu ověřuje počítáním detekovatelných detailů a počtem rozlišitelných skupin čar v obraze. Při pravidelné kontrole jsme díky tomuto systému schopni odhalit zhoršující se kvalitu rentgenového obrazu. Fantom TOR CDR se používá v digitální radiologii a slouží k rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu.



Obrázek 2: Rentgenový fantom TOR CDR (vlastní zdroj)

Přístrojové vybavení

Na centrálním pracovišti Radiologické kliniky byl pro měření využit skiagrafický přístroj **Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023**, který byl uveden do provozu v březnu roku 2023.

Pro první měření byl využit protokol na snímek ledvin. Zde nazývaný LEDVINY. Standardní nastavení tohoto protokolu odpovídalo hodnotám napětí 75,3 kV, vzdálenosti rentgenky od detektoru 110 cm, expozičnímu času 75 ms, proudu 320 mA, elektrickému množství 24 mAs a nastavení velkého ohniska.

| [Group,Element] | Title | Value |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| [0018:0015] | Body Part Examined | ABDOMEN |
| [0018:0060] | KVP | 75.3 |
| [0018:1000] | Device Serial Number | 57FKM3ETB00001R |
| [0018:1020] | Software Version(s) | v3.08.01 B14 |
| [0018:1030] | Protocol Name | LEDVINY |
| [0018:1050] | Spatial Resolution | 0.140 |
| [0018:1110] | Distance Source to Detector | 1101 |
| [0018:1111] | Distance Source to Patient | 1047 |
| [0018:1147] | Field of View Shape | RECTANGLE |
| [0018:1149] | Field of View Dimension(s) | 426\367 |
| [0018:1150] | Exposure Time | 75 |
| [0018:1151] | X-ray Tube Current | 316 |
| [0018:1152] | Exposure | 24 |
| [0018:1153] | Exposure in uAs | 23600 |
| [0018:115E] | Image Area Dose Product | 16.68 |
| [0018:1160] | Filter Type | NONE |
| [0018:1164] | Imager Pixel Spacing | 0.14000\0.14000 |
| [0018:1166] | Grid | FOCUSED |
| [0018:1190] | Focal Spot(s) | 1.200 |

Obrázek 3: CRTG standardní nastavení protokolu LEDVINY (zdroj vlastní)

Pro snímek lebky byl vybrán protokol s názvem LEBKA AP STŮL. Standardnímu nastavení zde odpovídaly hodnoty napětí 70,3 kV, vzdálenost rentgenky od detektoru 110 cm, expoziční čas 139 ms, proud 157 mA, elektrickému množství 22 mAs a ohnisko je zde nastaveno velké.

| [Group,Element] | Title | Value |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| [0018:0015] | Body Part Examined | SKULL |
| [0018:0060] | KVP | 70.3 |
| [0018:1000] | Device Serial Number | 57FKM3ETB00001R |
| [0018:1020] | Software Version(s) | v3.08.01 B14 |
| [0018:1030] | Protocol Name | LEBKA AP STUL |
| [0018:1050] | Spatial Resolution | 0.140 |
| [0018:1110] | Distance Source to Detector | 1095 |
| [0018:1111] | Distance Source to Patient | 1041 |
| [0018:1147] | Field of View Shape | RECTANGLE |
| [0018:1149] | Field of View Dimension(s) | 273\222 |
| [0018:1150] | Exposure Time | 139 |
| [0018:1151] | X-ray Tube Current | 157 |
| [0018:1152] | Exposure | 22 |
| [0018:1153] | Exposure in uAs | 21900 |
| [0018:115E] | Image Area Dose Product | 5.07 |
| [0018:1160] | Filter Type | NONE |
| [0018:1164] | Imager Pixel Spacing | 0.14000\0.14000 |
| [0018:1166] | Grid | FOCUSED |
| [0018:1190] | Focal Spot(s) | 1.200 |

Obrázek 4: CRTG standardní nastavení protokolu LEBKA AP STŮL (zdroj vlastní)

Na Ortopedické klinice byl využit přístroj **Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017**, který byl uveden do provozu v únoru roku 2018.

Pro měření byl rovněž zvolen protokol pro ledviny, který je zde též nazvaný jako LEDVINY. Pro tento protokol byly standardně nastaveny tyto hodnoty: napětí 74,3 kV, vzdálenost rentgenky od detektoru 110 cm, expoziční čas 17 ms, proud 298 mA, elektrické množství 5 mAs a velké ohnisko.

| [Group,Element] | Title | Value |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| [0018:0015] | Body Part Examined | ABDOMEN |
| [0018:0060] | KVP | 74.5 |
| [0018:1000] | Device Serial Number | 515EM3DJC00001E |
| [0018:1020] | Software Version(s) | v3.05.24 B16 |
| [0018:1030] | Protocol Name | LEDVINY |
| [0018:1050] | Spatial Resolution | 0.140 |
| [0018:1110] | Distance Source to Detector | 1100 |
| [0018:1111] | Distance Source to Patient | 1046 |
| [0018:1147] | Field of View Shape | RECTANGLE |
| [0018:1149] | Field of View Dimension(s) | 394\381 |
| [0018:1150] | Exposure Time | 17 |
| [0018:1151] | X-ray Tube Current | 298 |
| [0018:1152] | Exposure | 5 |
| [0018:1153] | Exposure in uAs | 5150 |
| [0018:115E] | Image Area Dose Product | 4.33 |
| [0018:1160] | Filter Type | NONE |
| [0018:1164] | Imager Pixel Spacing | 0.14000\0.14000 |
| [0018:1166] | Grid | FOCUSED |
| [0018:1190] | Focal Spot(s) | 1.200 |

Obrázek 5: ORTO standardní nastavení protokolu LEDVINY (zdroj vlastní)

Pro snímek lebky vleže byl vybrán protokol s názvem LEBKA AP STŮL. Standardnímu nastavení zde odpovídaly hodnoty napětí 73,6 kV, vzdálenost rentgenky od detektoru 110 cm, expoziční čas 161 ms, proud 183 mA a elektrickému množství 30 mAs.

| [Group,Element] | Title | Value |
|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| [0018:0015] | Body Part Examined | SKULL |
| [0018:0060] | KVP | 73.6 |
| [0018:1000] | Device Serial Number | 515EM3DJC00001E |
| [0018:1020] | Software Version(s) | v3.05.24 B16 |
| [0018:1030] | Protocol Name | LEBKA AP STUL |
| [0018:1050] | Spatial Resolution | 0.140 |
| [0018:1110] | Distance Source to Detector | 1100 |
| [0018:1111] | Distance Source to Patient | 1046 |
| [0018:1147] | Field of View Shape | RECTANGLE |
| [0018:1149] | Field of View Dimension(s) | 251\198 |
| [0018:1150] | Exposure Time | 161 |
| [0018:1151] | X-ray Tube Current | 183 |
| [0018:1152] | Exposure | 30 |
| [0018:1153] | Exposure in uAs | 29600 |
| [0018:115E] | Image Area Dose Product | 7.89 |
| [0018:1160] | Filter Type | NONE |
| [0018:1164] | Imager Pixel Spacing | 0.14000\0.14000 |
| [0018:1166] | Grid | FOCUSED |
| [0018:1190] | Focal Spot(s) | 1.200 |

Obrázek 6: ORTO standardní nastavení protokolu LEBKA AP STŮL (zdroj vlastní)

2.3 Metoda sběru dat

Sběr dat probíhal na Radiologické klinice ve Fakultní nemocnici Olomouc. Sběr dat byl vzhledem k časové náročnosti rozdělen do dvou měření. První měření probíhalo na vyšetřovně číslo 2 na centrálním pracovišti. Druhé měření probíhalo na detašovaném pracovišti umístěném na klinice ortopedické. Pracoviště byla pro výzkum vybrána z toho důvodu, že disponují stejným rentgenovým přístrojem. Jednalo se o přístroj firmy Samsung Electronics GC85A.

První měření

Výzkum započal 29. února 2024 na centrálním rentgenu **Radiologické kliniky**. K výzkumu byl využit rentgenový přístroj Samsung Electronics GC85A (2023) - CRTG, antropomorfní fantom PBU- 60 a rentgenový fantom TOR CDR.



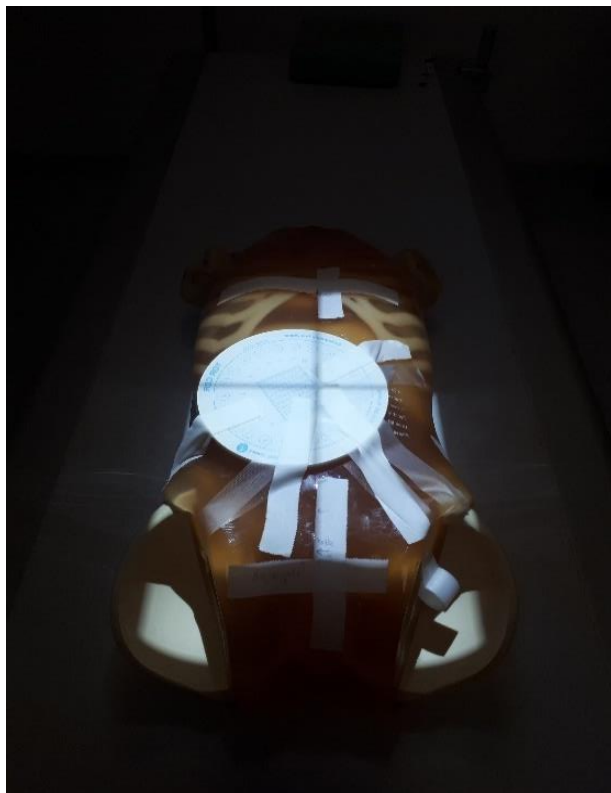
Obrázek 7: RTG souprava Samsung Electronics GC85A (dostupné z <https://samsunghealthcare.com>)

Nejprve byla zvolena vhodná anatomická oblast. V našem případě se jednalo o ledviny a lebku. Vzhledem k velké hmotnosti fantomu a složitější manipulaci s ním, jsme zvolili snímky prováděné vleže.

LEDVINY



Obrázek 8: Nastavení torza antropomorfního fantomu (zdroj vlastní)



Obrázek 9: Nastavení fantomů a oblasti zájmu (zdroj vlastní)

Torzo antropomorfního fantomu bylo položeno na rentgenový stůl. Byla vymezena oblast zájmu tak, aby anatomicky odpovídala snímku ledvin u skutečného pacienta. Poté, co byla snímkem ověřena správnost oblasti zájmu, byl na antropomorfní fantom nastaven ještě rentgenový fantom. Rentgenový fantom byl nastaven do takové pozice, aby šla správně stanovit kvalita obrazu při nízkém a vysokém kontrastu. Dále byla znovu snímkem zkontrolována správná poloha rentgenového fantomu vůči fantomu antropomorfnímu, aby bylo jisté jejich správné nastavení.

Samotné měření bylo zahájeno snímkováním fantomů standardně nastaveným protokolem pro snímek ledvin na tomto přístroji. Standardnímu nastavení zde odpovídaly hodnoty napětí 75,3 kV, proudu 320 mA, čas 75 ms, vzdálenost ohniska od detektoru byla 110 cm, filtrace se nevyužívala a bylo použito velké ohnisko.

Rentgenové snímky byly ukládány pro další vyhodnocování a expoziční hodnoty byly zaznamenány do tabulky.

Princip měření byl založen na sledování a měření sedmi expozičních parametrů. Jednalo se o parametry **proud, napětí, čas, kolimace, geometrie svazku, použití mřížky a filtrace**.

V parametrech proud, napětí, čas a geometrie svazku byly dle rozmezí, které rentgenový přístroj nabízel vybrány vždy dvě menší hodnoty, než byl standard a dvě hodnoty větší. Expoziční hodnoty byly vybrány v rámci škály nastavení přístroje. U parametru napětí se jednalo o hodnoty 55,2 kV, 65,3 kV, 85,4 kV a 95,4 kV. Pro parametr proud byly zvoleny hodnoty 100 mA, 200 mA, 400 mA a 500 mA. Pro expoziční hodnotu čas byly nastaveny hodnoty 40 ms, 56 ms, 100 ms, 125 ms. Vzdálenost ohniska od detektoru byla nastavena na 80 cm, 95 cm, 120 cm a 143 cm. Pro každý z těchto nastavených parametrů bylo pro získání vyšší statistické hodnoty souboru v rozestupu jedné minuty zhotoveno pět zkušebních měření.

Ke zjištění vlivu kolimace na kvalitu rentgenového obrazu bylo pole dvakrát po sobě zmenšeno. Abychom mohli sledovat, zda se hodnota DAP zmenšuje odpovídajícím způsobem. Prvotní velikost zobrazovaného pole byla 43,2 x 35,6 cm. Poté bylo pole zmenšeno na velikost 43,2 x 29 cm. A nakonec bylo celé snímkové pole ještě zmenšeno na velikost 22,4 x 29 cm. Pro každou z těchto hodnot bylo provedeno vždy s odstupem minuty pět snímků.

U parametru protirozptylová mřížka bylo nejprve zhotoveno pět snímků s použitím standardní mřížky (SID 110). Poté byla mřížka odstraněna a bylo provedeno pět snímků.



Obrázek 10: Protirozptylová mřížka fokusovaná pro vzdálenost 110 cm (zdroj vlastní)

Nakonec byla použita mřížka s fokusací na vzdálenost 180 cm, avšak vzdálenost rentgenky od detektoru zůstala ponechána na 110 cm. Bylo provedeno dalších pět snímků v odstupu minuty.



Obrázek 11: Protirozptylová mřížka fokusovaná pro vzdálenost 180 cm (zdroj vlastní)

Filtrace ve standardním nastavení protokolu využita nebyla. Při měření bylo zhotoveno pět snímků s přidanou filtrací 0,2 mm Cu a pět snímků s filtrací 0,3 mm Cu.

LEBKA AP STŮL



Obrázek 13: Nastavení antropomorfního a rentgenového fantomu (zdroj vlastní)



Obrázek 12: Nastavení fantomů a oblasti zájmu (zdroj vlastní)

Druhou vybranou anatomickou oblastí byla lebka. Torzo fantomu bylo vyměněno za jeho hlavu, která byla na rentgenovém stole zabezpečena proti pohybu. Byl nastaven anatomický rozsah, odpovídající snímku lebky AP v leže na stole. Správnost nastavení byla zkontrolována snímkem. Na hlavu antropomorfního fantomu byl upevněn rentgenový fantom pro hodnocení kvality rentgenového obrazu při nízkém a vysokém kontrastu tak, aby bylo možné hodnoty odečíst. Jejich správné nastavení bylo znovu ověřeno pomocí rentgenového snímku.

Poté, co bylo vše nastaveno a přichystáno, bylo zahájeno měření. Stejně jako u předchozího měření byl nejprve použit standardní protokol. Standardním hodnotám zde odpovídalo napětí 70,3 kV, proud 159,4 mA, čas 138 ms, vzdálenost ohniska od detektoru byla 110 cm, filtrace se nevyužívala a ohnisko bylo použito velké. Rentgenové snímky byly ukládány pro další vyhodnocování a do tabulky byly zaznamenány expoziční hodnoty.

Princip měření byl stejný jako u měření torza fantomu. I tentokrát se jednalo o sledování a měnění expozičních parametrů. V parametrech proud, napětí, čas a geometrie svazku byly dle rozmezí, které rentgenový přístroj nabízel, vybrány vždy dvě menší hodnoty, než byl naměřený standard a dvě hodnoty větší. U parametru napětí se jednalo o hodnoty 50,2 kV, 60,3 kV, 80,4 kV a 90,4 kV. Pro parametr proud

byly zvoleny hodnoty 80 mA, 125 mA, 200 mA a 250 mA. Pro hodnotu expoziční čas byly nastaveny hodnoty 71 ms, 110 ms, 180 ms, 220 ms. Vzdálenost ohniska od detektoru byla nastavena na 80 cm, 95 cm, 120 cm a 142 cm. Pro každou z těchto čtyř hodnot bylo v rozestupu jedné minuty zhotoveno pět zkušebních měření.

U parametru kolimace bylo pole nejprve zmenšeno a poté naopak zvětšeno, abychom mohli sledovat, jak se hodnota DAP mění. Prvotní velikost zobrazovaného pole byla 21,2 x 26,8 cm. Poté bylo pole zmenšeno na velikost 19,8 x 18 cm. Při třetím měření bylo snímkové pole zvětšeno na maximální velikost 33,4 x 37,4 cm. Opět jsme pro každou z těchto hodnot provedli vždy s odstupem minuty pět snímků.

U měření parametrů využití protirozptylové mřížky a filtrace bylo postupováno stejně jako u měření protokolu pro snímky ledvin.

Druhé měření

Druhé měření probíhalo na **Ortopedické klinice** dne 7. března 2024. Pro měření byl zvolen stejný postup, jako při předchozím měření na Radiologické klinice. K výzkumu byl využit rentgenový přístroj Samsung Electronics GC85A (2017) - ORTO, antropomorfní fantom PBU- 60 a rentgenový fantom TOR CDR.



Obrázek 14: RTG souprava Ortopedická klinika (zdroj vlastní)

LEDVINY



Obrázek 15: Nastavení torza antropomorfního fantomu (zdroj vlastní)



Obrázek 16: Nastavení fantomů a oblasti zájmu (zdroj vlastní)

Samotné měření probíhalo totožným způsobem jako první měření. Fantomy byly nastaveny do co nejpodobnější pozice jako u měření na Radiologické klinice, aby naměřená data mohla být mezi sebou porovnána. Měření bylo taktéž zahájeno snímkem torza fantomu standardně nastaveným protokolem pro tento přístroj. Tomu zde odpovídaly hodnoty napětí 74,5 kV, proudu 298 mA, času 17 ms, vzdálenost ohniska od detektoru byla 110 cm, filtrace nebyla použita a bylo nastaveno velké ohnisko.

V parametrech proud, napětí, čas a geometrie svazku byly dle rozmezí, které rentgenový přístroj nabízel vybrány vždy dvě menší hodnoty a dvě větší hodnoty, než byl naměřený standard. U parametru napětí se jednalo o hodnoty 55 kV, 65 kV, 85 kV a 95 kV. Pro parametr proud byly zvoleny hodnoty 100 mA, 200 mA, 400 mA a 500 mA. Pro hodnotu expoziční čas byly nastaveny hodnoty 8 ms, 12 ms, 40 ms, 80 ms.

Parametry vzdálenost ohniska od detektoru, kolimace, mřížka a filtrace byly nastaveny stejně jako při měření na Radiologické klinice.

LEBKA AP STŮL



Obrázek 17: Nastavení fantomů a oblasti zájmu (zdroj vlastní)

Lebka byla nastavena do co nejpodobnější polohy, jako u prvního měření. Na lebku byl opět umístěn rentgenový fantom tak aby bylo možné provést odečet při nízkém a vysokém kontrastu.

Nejprve byl použit nastavený standardní protokol. Standardním hodnotám zde odpovídalo napětí 73,6 kV, proud 158 mA, čas 140 ms, vzdálenost ohniska od detektoru 110 cm, filtrace se nevyužívala a ohnisko bylo použito malé.

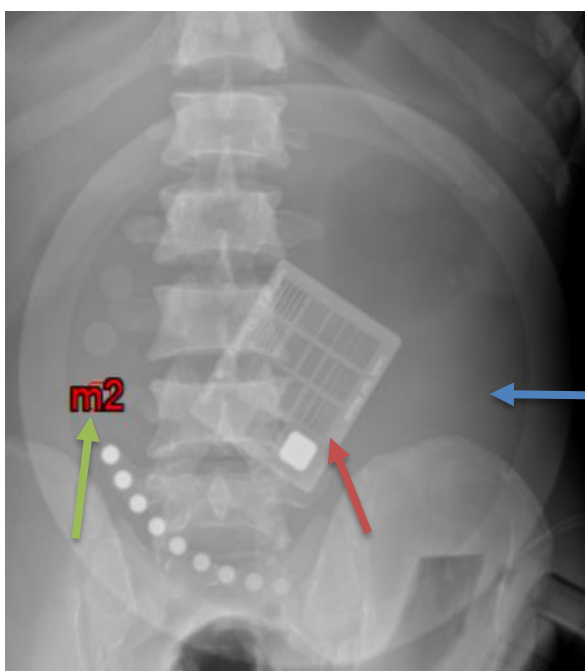
U parametru napětí byly nastaveny hodnoty 50 kV, 60 kV, 80 kV a 90 kV. Pro parametr proud byly zvoleny hodnoty 80 mA, 125 mA, 200 mA a 250 mA. Pro expoziční hodnotu čas bylo nastaveno 80 ms, 125 ms, 200 ms, 250 ms. Vzdálenost ohniska od detektoru byla stejně jako u měření na Radiologické klinice nastavena na 80 cm, 95 cm, 120 cm a 142 cm. Pro každou z těchto čtyř hodnot bylo v rozestupu jedné minuty zhotoveno pět zkušebních měření.

Parametry kolimace, protirozptylová mřížka a filtrace byly měřeny stejným způsobem jako u předchozích měření.

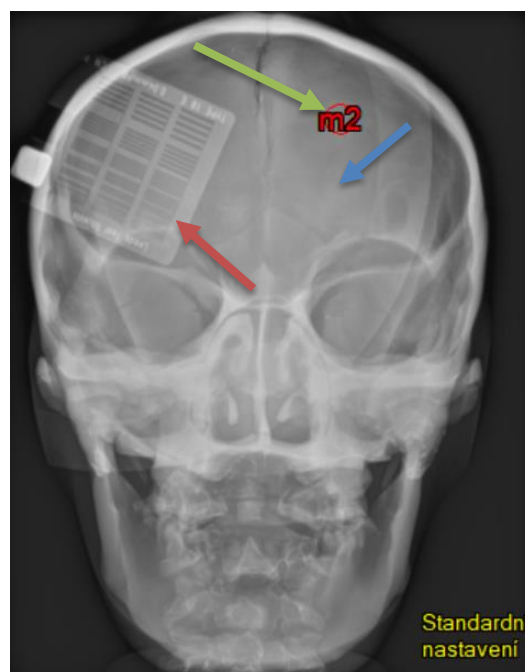
2.4 Metoda zpracování dat

Data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel 2019. K hodnocení snímků byl použit program ONIS 2.5 Free Edition, který slouží jako DICOM prohlížeč.

U snímků byly mimo jiné zaznamenány hodnoty Deviation Index a DAP. V programu Onis 2.5 byly u snímků stanoveny hodnoty **rozlišení při nízkém** a **vysokém kontrastu**. Stanovení hodnot nízkého kontrastu probíhalo pomocí rentgenového fantomu TOR CDR. U metody stanovení nízkého kontrastu jsme odečítali počty ještě viditelných oblastí CDR fantomu. Rozlišení při vysokém kontrastu probíhalo odečtem ještě rozlišitelných skupin párů čar.



Obrázek 19: Odečet naměřených hodnot
(zdroj vlastní)



Obrázek 18: Odečet naměřených hodnot (zdroj vlastní)

Dále bylo pomocí **ROI** určeno množství signálu a velikost šumu v této definované oblasti pro každý snímek. Z těchto hodnot bylo v programu Microsoft Excel stanovena hodnota SNR pro každý snímek.

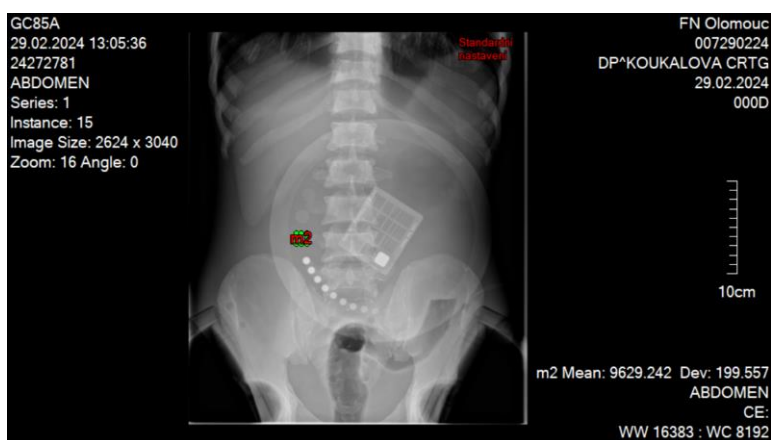
2.5 Statistické zpracování

Statistické zpracování sledovaných parametrů bylo provedeno s pomocí paní RNDr. Evy Reiterové, Ph.D. Ke statistickému ověření hypotéz bylo použito Pearsonova korelačního koeficientu.

3 VÝSLEDKY VÝZKUMU

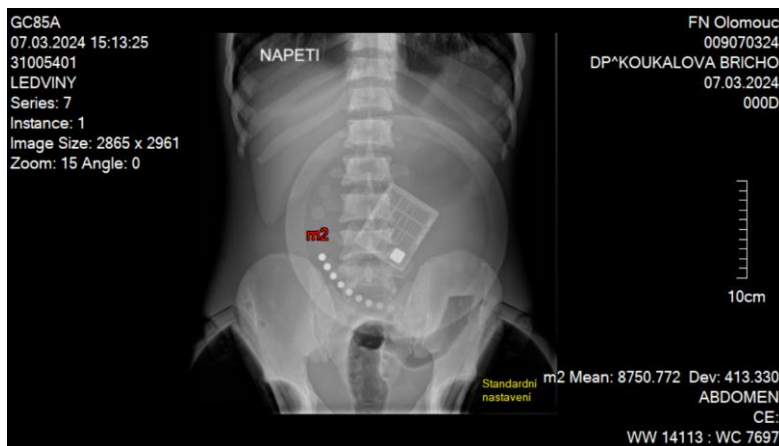
3.1 Porovnání standardních protokolů

Standardnímu nastavení pro snímek Ledvin na přístroji Samsung Electronics GC85A (2023) odpovídaly hodnoty napětí 75,3 kV, proudu 320 mA, expozičnímu času 75 ms, vzdálenosti ohniska od detektoru 110 cm, filtrace nebyla využita a bylo nastaveno velké ohnisko.

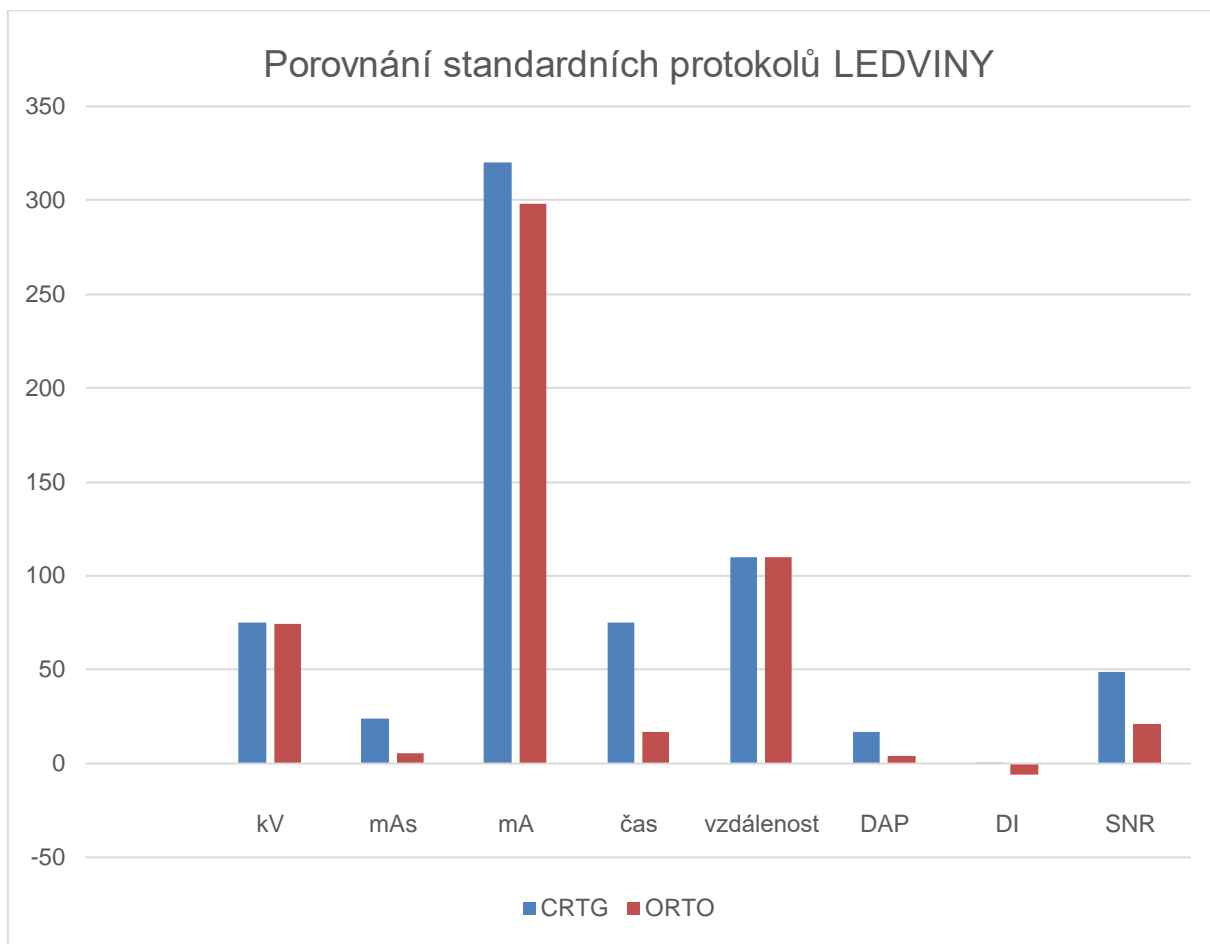


Obrázek 20: CRTG standardní nastavení Ledviny (zdroj vlastní)

Na přístroji firmy Samsung Electronics GC85A (2017) odpovídaly standardnímu nastavení hodnoty napětí 74,5 kV, proudu 298 mA, času 17 ms, vzdálenost ohniska od detektoru byla 110 cm, filtrace se nevyžívala a ohnisko bylo použito velké.



Obrázek 21: ORTO standardní nastavení Ledviny (zdroj vlastní)

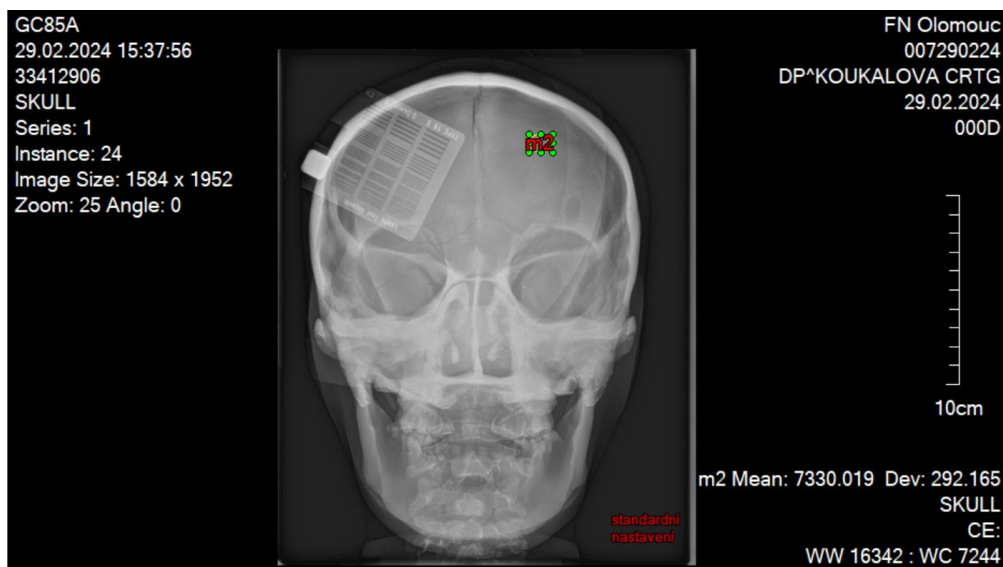


Graf 1: Porovnání standardních protokolů Ledviny (zdroj vlastní)

Nastavení kV bylo u standardních protokolů podobné. Na CRTG bylo nastaveno větší množství proudu (320 mA) oproti ORTO (298 mA). Vzhledem ke krátkému expozičnímu času (17 ms) na ORTO oproti (75 ms) na CRTG byla hodnota elektrického množství na tomto přístroji mnohonásobně nižší. Hodnota DAP byla čtyřnásobně vyšší na přístroji CRTG.

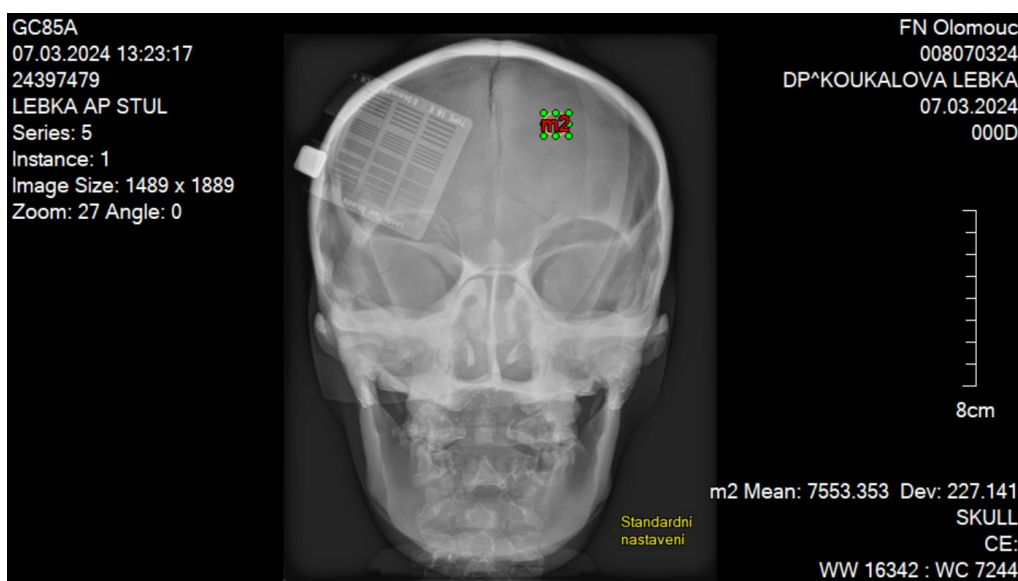
Je patrné, že standardní protokol Ledviny na přístroji Samsung Electronics GC85A (2017) - ORTO, není vhodně optimalizován. Hodnota elektrického množství je díky krátkému expozičnímu času 17 ms malá. Hodnota deviation index -6 odpovídá podexponovanému obrazu. Hodnota SNR je zde o 129,34% nižší než u standardního protokolu na druhém přístroji.

Standardnímu nastavení odpovídaly na přístroji firmy Samsung Electronics GC85A (2023) hodnoty napětí 70,3 kV, proudu 159,4 mA, expozičního času 138 ms, vzdálenosti ohniska od detektoru 110 cm, filtrace se nevyužívala a ohnisko bylo použito velké.

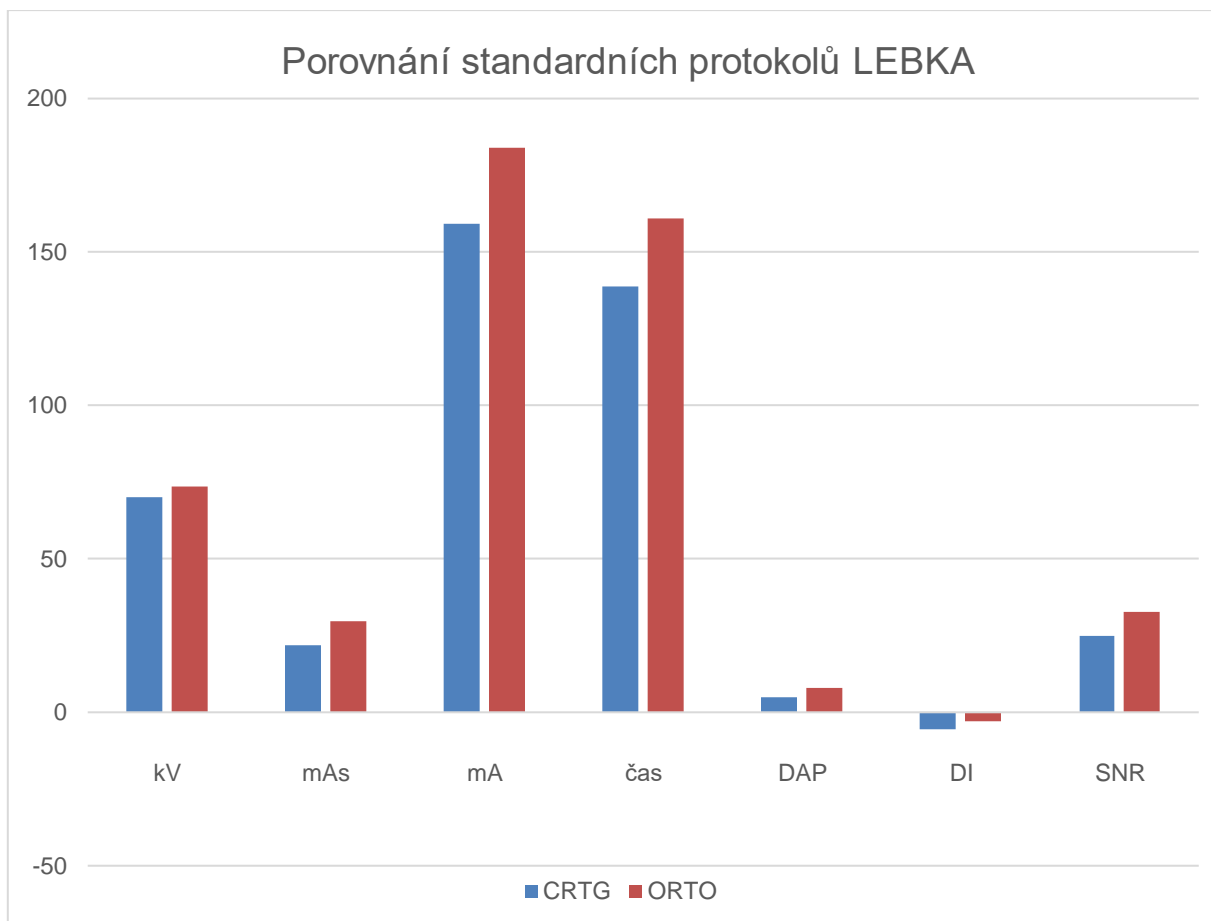


Obrázek 22: CRTG standardní nastavení Lebka (zdroj vlastní)

Standardní protokol na přístroji firmy Samsung Electronics GC85A (2017) odpovídal nastavení hodnot napětí 73,6 kV, proud 158 mA, čas 140 ms, vzdálenosti ohniska od detektoru 110 cm, filtrace se nevyužívala a ohnisko bylo nastaveno malé.



Obrázek 23: ORTO, protokol Lebka, standardní nastavení protokolu (zdroj vlastní)



Graf 2: Porovnání standardních protokolů Lebka (zdroj vlastní)

Použité napětí bylo na obou přístrojích podobné. Množství proudu a množství času bylo přístroji ORTO vyšší. Z toho plyne, že i hodnota mAs byla vyšší na přístroji ORTO (29,8 mAs) než na přístroji CRTG (22 mAs). Hodnota DAP (7) byla také vyšší u přístroje ORTO.

U přístroje firmy Samsung Electronics GC85A (2023) - CRTG se snímek hned na první pohled jevil podexponovaný. Důkazem toho byla hodnota DI -5. Další chybou v nastavení protokolu Lebka bylo použití velkého ohniska. U snímků lebky se pro lepší zobrazení detailu standardně využívá malé ohnisko.

U přístroje Samsung Electronics GC85A (2017) - ORTO byl standardní protokol také podexponovaný, důkazem byla hodnota DI -3. Naopak správně zde bylo nastaveno malé ohnisko.

3.2 Hodnocení kvality obrazu na přístroji Samsung Electronics GC85A (2023)

Hodnocení dat, která byla naměřena při prvním měření na centrálním rentgenu Radiologické kliniky (CRTG).

3.2.1 Hodnocení parametrů NAPĚTÍ

Protokol LEDVINY

Tabulka 1: CRTG, protokol ledviny, parametr napětí

| Sledovaný parametr NAPĚTÍ | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-----|---------|------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|-------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | 320 | 75 | | | | | | 16,707 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 55,2 | 25 | 312,5 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,434 | -7,28 | 0,90% | 3,15 | 9753,02 | 425,22 | 22,94 |
| 2 | 55,2 | 25 | 312,5 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,434 | -7,26 | 0,90% | 3,15 | 9737,35 | 425,69 | 22,87 |
| 3 | 55,2 | 25 | 312,5 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,434 | -7,28 | 0,90% | 3,15 | 9706,83 | 425,65 | 22,80 |
| 4 | 55,2 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,434 | -7,26 | 0,90% | 3,15 | 9744,04 | 425,13 | 22,92 |
| 5 | 55,3 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,477 | -7,28 | 0,90% | 3,15 | 9715,39 | 429,30 | 22,63 |
| PRŮMĚR | 55,22 | 25 | 314,082 | 79,6 | | | | | | 9,4426 | -7,27 | 0,009 | 3,15 | 9731,33 | 426,1982 | 22,8333 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 65,3 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 13,297 | -2,75 | 0,90% | 3,15 | 9662,62 | 263,52 | 36,67 |
| 2 | 65,3 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 13,297 | -2,74 | 0,90% | 3,15 | 9642,56 | 262,47 | 36,74 |
| 3 | 65,3 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 13,297 | -2,74 | 0,90% | 3,15 | 9652,88 | 265,42 | 36,37 |
| 4 | 65,3 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 13,297 | -2,74 | 0,90% | 3,15 | 9629,59 | 260,23 | 37,00 |
| 5 | 65,3 | 25 | 316,456 | 79 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 13,297 | -2,75 | 0,90% | 3,15 | 9634,59 | 266,10 | 36,21 |
| PRŮMĚR | 65,3 | 25 | 316,456 | 79 | | | | | | 13,297 | -2,74 | | | 9644,45 | 263,547 | 36,597 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 85,4 | 12 | 307,692 | 39 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 10,791 | 0,18 | 0,90% | 3,15 | 9614,70 | 208,81 | 46,05 |
| 2 | 85,4 | 12 | 307,692 | 39 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 10,791 | 0,19 | 0,90% | 3,15 | 9622,67 | 211,80 | 45,43 |
| 3 | 85,4 | 12 | 307,692 | 39 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 10,791 | 0,19 | 0,90% | 3,15 | 9620,36 | 213,68 | 45,02 |
| 4 | 85,4 | 12 | 307,692 | 39 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 10,704 | 0,16 | 0,90% | 3,15 | 9623,32 | 211,86 | 45,42 |
| 5 | 85,4 | 12 | 307,692 | 39 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 10,791 | 0,19 | 0,90% | 3,15 | 9605,99 | 211,91 | 45,33 |
| PRŮMĚR | 85,4 | 12 | 307,692 | 39 | | | | | | 10,774 | 0,182 | | | 9617,41 | 211,612 | 45,4508 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 95,4 | 7,1 | 322,727 | 22 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 7,471 | -0,27 | 0,90% | 3,15 | 9688,69 | 232,52 | 41,67 |
| 2 | 95,4 | 7,1 | 322,727 | 22 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 7,471 | -0,29 | 0,90% | 3,15 | 9651,82 | 236,56 | 40,80 |
| 3 | 95,4 | 7,1 | 322,727 | 22 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 7,471 | -0,27 | 0,90% | 3,15 | 9651,80 | 231,59 | 41,68 |
| 4 | 95,4 | 7,1 | 322,727 | 22 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 7,471 | -0,25 | 0,90% | 3,15 | 9597,26 | 236,25 | 40,62 |
| 5 | 95,4 | 7,1 | 322,727 | 22 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 7,471 | -0,26 | 0,90% | 3,15 | 9623,47 | 241,61 | 39,83 |
| PRŮMĚR | 95,4 | 7,1 | 322,727 | 22 | | | | | | 7,471 | -0,27 | | | 9642,61 | 235,706 | 40,9198 |

(zdroj vlastní)

Při měření u parametru napětí došlo ve dvou případech (85 a 95 kV) k chybnému nastavení expozičních hodnot. Hodnota mAs měla být u všech nastavených hodnot kV stejná (25 mAs). Bohužel z důvodu nedostupnosti antropomorfního fantomu již nebylo možné měření zopakovat.

S rostoucím kV nejprve hodnota SNR roste, ovšem u hodnot, které jsou vyšší než standardních 75,3 kV došlo k chybě v nastavení expozičních hodnot. Pokud by bylo množství mAs stejné pro všechny zvolené kV, SNR by rostlo.

Razantní změna nastala v zastoupení šumu v obraze. Pro 75 kV je méně než poloviční (198,2) oproti 55 kV (426,19). Rozlišení při nízkém kontrastu (0,90 %) ani rozlišení při vysokém kontrastu (3,15 lp/mm) se s rostoucím napětím neměnilo. Hodnota DAP rostla s rostoucím napětím, i když bylo množství mAs stejné. Z hodnoty DAP 9,44 u nastavení 55,2 kV na 16,7 při standardním nastavení (75,3 kV). Změna kV způsobí kvantitativní i kvalitativní změnu spektra. Hodnota DI rostla s rostoucím napětím a při nastavení 75,3 kV se blížila nule, tedy ideální expozici.

Protokol LEBKA

Tabulka 2: CRTG, protokol Lebka, parametr napětí

| Sledovaný parametr | NAPĚTÍ | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-----|-------|-------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|---------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22 | 159,4 | 138 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 292,16 | 25,09 |
| 2 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 297,45 | 24,26 |
| 3 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 |
| 4 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 |
| 5 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | | 138,8 | | | | 110 | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 292,6728 | 24,9737 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 50,2 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,437 | -15,13 | 2,20% | 2,8 | 8322,98 | 551,65 | 15,09 |
| 2 | 50,2 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,459 | -15,27 | 2,20% | 2,8 | 8273,96 | 560,18 | 14,77 |
| 3 | 50,2 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,448 | -15,27 | 2,20% | 2,8 | 8338,38 | 560,18 | 14,89 |
| 4 | 50,2 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,459 | -15,13 | 2,20% | 2,8 | 8301,92 | 566,74 | 14,65 |
| 5 | 50,2 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,459 | -15,13 | 2,20% | 2,8 | 8315,50 | 553,30 | 15,03 |
| PRŮMĚR | 50,2 | 22 | 157,1 | 140 | | | | 110 | | 2,4524 | -15,186 | | | 8310,55 | 558,41 | 14,8841 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 60,3 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,715 | -9,75 | 2,20% | 4 | 7478,01 | 371,50 | 20,13 |
| 2 | 60,3 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,732 | -9,71 | 2,20% | 4 | 7459,30 | 382,47 | 19,50 |
| 3 | 60,3 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,715 | -9,75 | 2,20% | 4 | 7477,29 | 378,78 | 19,74 |
| 4 | 60,3 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,732 | -9,75 | 2,20% | 4 | 7495,00 | 378,48 | 19,80 |
| 5 | 60,3 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,732 | -9,75 | 2,20% | 4 | 7483,21 | 380,92 | 19,65 |
| PRŮMĚR | 60,3 | 22 | 157,1 | 140 | | | | | | 3,7252 | -9,742 | | | 7478,56 | 378,43 | 19,7641 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 80,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,498 | -1,92 | 2,20% | 4 | 7404,79 | 267,03 | 27,73 |
| 2 | 80,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,528 | -1,9 | 2,20% | 4 | 7363,68 | 267,03 | 27,58 |
| 3 | 80,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,528 | -1,89 | 2,20% | 4 | 7376,18 | 268,30 | 27,49 |
| 4 | 80,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,528 | -1,89 | 2,20% | 4 | 7374,76 | 269,54 | 27,36 |
| 5 | 80,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,528 | -1,89 | 2,20% | 4 | 7358,42 | 269,27 | 27,33 |
| PRŮMĚR | 80,4 | 22 | 157,1 | 140 | | | | | | 6,522 | -1,898 | | | 7375,57 | 268,234 | 27,4973 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 90,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,941 | 0,76 | 2,20% | 5 | 7393,31 | 257,88 | 28,67 |
| 2 | 90,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,977 | 0,77 | 2,20% | 5 | 7386,59 | 263,72 | 28,01 |
| 3 | 90,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,977 | 0,77 | 2,20% | 5 | 7423,95 | 257,36 | 28,85 |
| 4 | 90,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,977 | 0,77 | 2,20% | 5 | 7391,02 | 258,38 | 28,61 |
| 5 | 90,4 | 22 | 157,1 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,941 | 0,76 | 2,20% | 5 | 7349,21 | 252,50 | 29,11 |
| PRŮMĚR | 90,4 | 22 | 157,1 | 140 | | | | | | 7,9626 | 0,766 | | | 7388,82 | 257,968 | 28,6473 |

(zdroj vlastní)

Můžeme pozorovat, že se zvyšujícím se napětím sice klesá podexpozice snímku (viz. zaznamenaný DI v tabulce 2), zároveň roste hodnota DAP. Hodnota signálu je oproti ostatním nastaveným hodnotám napětí výrazně vyšší u snímků s napětím 50 kV. S rostoucím napětím klesá šum, hodnota SNR roste se zvyšujícími se kV. Se změnou napětí dochází ke kvalitativní i kvantitativní změně rentgenového spektra což má za následek i ovlivnění rozlišovací schopnosti při vysokém kontrastu. Rozlišovací schopnost vysokého kontrastu byla při nastavení nejnižšího napětí (v tomto případě 55,2 kV) 2,8 lp/mm. Naopak u standardních 75,3 kV bylo rozlišení vysokého kontrastu 3,55 lp/mm. Zatímco při nastavení nejvyššího napětí (90,4 kV) se rozlišovací schopnost zvýšila na 5 lp/mm. Rozlišení při nízkém kontrastu zůstává stejné.

Statistické zhodnocení vlivu napětí na kvalitu rentgenového obrazu

Pro statistické hodnocení těchto souborů byl spočítán Pearsonův korelační koeficient. Ten se využívá pro měření závislosti mezi dvěma veličinami. Vstupními veličinami byla hodnota napětí a hodnota SNR.

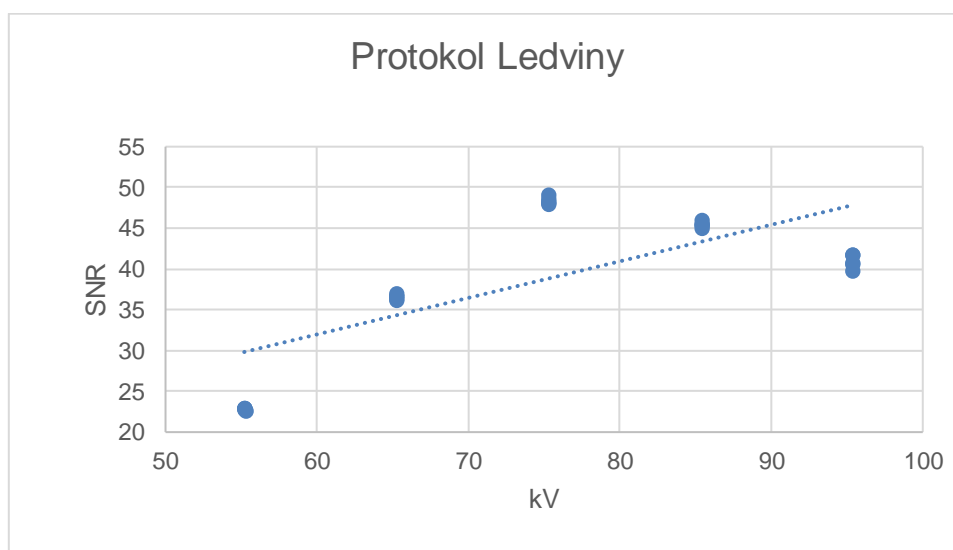
Tabulka 3: Korelace závislosti SNR na kV

| Correlations LEDVINY | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | kV ledviny | SNR ledviny |
| kV ledviny | Pearson Correlation | 1 | ,710** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR ledviny | Pearson Correlation | ,710** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že k poklesu hodnoty SNR nedochází – korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Korelační závislost hodnot SNR na napětí je znázorněna pomocí regresní přímky v grafu č.3.



Graf 3: Regresní přímka závislosti SNR na kV (zdroj vlastní)

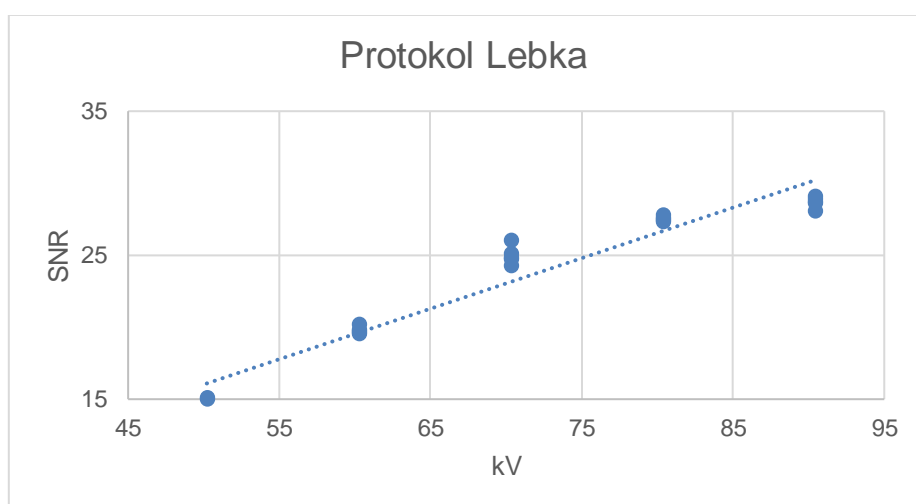
Tabulka 4: Korelace závislosti SNR na kV

| Correlations LEBKA | | | |
|--------------------|---------------------|----------|-----------|
| | | kV lebka | SNR lebka |
| kV lebka | Pearson Correlation | 1 | ,968** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR lebka | Pearson Correlation | ,968** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(Zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že k poklesu hodnoty SNR nedochází – korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Znárodnění závislosti hodnoty SNR na napětí je znázorněna grafem č.4.



Graf 4: Regresní přímka závislosti SNR na kV (zdroj vlastní)

Na základě výsledků Pearsonovy korelace ($p > 0,001$) u obou protokolů na daném přístroji, bylo možné zamítnout hypotézu **H₀₁** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se napětím dochází k poklesu hodnoty SNR*) a přijmout alternativní hypotézu **H_{0A}** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se napětím nedochází k poklesu hodnoty SNR*).

3.2.2 Hodnocený parametr PROUD

Protokol LEDVINY

Tabulka 5: CRTG, protokol Ledviny, parametr proud

| Sledovaný parametr | PROUD | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-----|-----|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 | | |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 | | |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 | | |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 | | |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 | | |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | | 75 | | | | | | 16,7074 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 | | |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,3 | 8 | 100 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,583 | -4,41 | 0,90% | 4 | 9612,98 | 328,39 | 29,27 | | |
| 2 | 75,3 | 8 | 100 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,583 | -4,41 | 0,90% | 4 | 9637,06 | 333,59 | 28,89 | | |
| 3 | 75,3 | 8 | 100 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,583 | -4,41 | 0,90% | 4 | 9631,7 | 340,21 | 28,31 | | |
| 4 | 75,3 | 8 | 100 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,583 | -4,41 | 0,90% | 4 | 9652,21 | 332,26 | 29,05 | | |
| 5 | 75,3 | 8 | 100 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,583 | -4,41 | 0,90% | 4 | 9622,26 | 334,55 | 28,76 | | |
| PRŮMĚR | 75,3 | | 100 | 80 | | | | | | 5,583 | -4,41 | | | 9631,24 | 333,8 | 28,857 | | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,4 | 16 | 200 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 11,125 | -1,42 | 0,90% | 4,5 | 9617,86 | 241,41 | 39,84 | | |
| 2 | 75,4 | 16 | 200 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 11,196 | -1,4 | 0,90% | 4,5 | 9611,73 | 237,09 | 40,54 | | |
| 3 | 75,4 | 16 | 200 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 11,196 | -1,4 | 0,90% | 4,5 | 9628,94 | 242,45 | 39,72 | | |
| 4 | 75,3 | 16 | 200 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 11,169 | -1,39 | 0,90% | 4,5 | 9617,53 | 238,02 | 40,41 | | |
| 5 | 75,4 | 16 | 200 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 11,125 | -1,41 | 0,90% | 4,5 | 9599,95 | 236,89 | 40,52 | | |
| PRŮMĚR | 75,38 | | 200 | 80 | | | | | | 11,1622 | -1,404 | | | 9615,2 | 239,172 | 40,2055 | | |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,4 | 32 | 400 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,69 | 0,90% | 3,15 | 9610,75 | 174,79 | 54,98 | | |
| 2 | 75,3 | 32 | 400 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,69 | 0,90% | 3,15 | 9624,24 | 175,75 | 54,76 | | |
| 3 | 75,3 | 32 | 400 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,69 | 0,90% | 3,15 | 9616,27 | 178,67 | 53,82 | | |
| 4 | 75,3 | 32 | 400 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,69 | 0,90% | 3,15 | 9619,32 | 161,46 | 59,58 | | |
| 5 | 75,4 | 32 | 400 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,463 | 1,7 | 0,90% | 3,15 | 9610,39 | 158,16 | 60,76 | | |
| PRŮMĚR | 75,34 | | 400 | 80 | | | | | | 22,4158 | 1,692 | | 3,15 | 9616,19 | 169,766 | 56,7816 | | |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,4 | 40 | 500 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,99 | 2,66 | 0,90% | 3,15 | 9619,32 | 161,46 | 59,58 | | |
| 2 | 75,4 | 40 | 500 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,99 | 2,64 | 0,90% | 3,15 | 9610,39 | 159,17 | 60,38 | | |
| 3 | 75,4 | 40 | 500 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,99 | 2,65 | 0,90% | 3,15 | 9615,03 | 161,22 | 59,64 | | |
| 4 | 75,4 | 40 | 500 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,99 | 2,65 | 0,90% | 3,15 | 9592,16 | 158,44 | 60,54 | | |
| 5 | 75,4 | 40 | 500 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,99 | 2,65 | 0,90% | 3,15 | 9608,13 | 162,08 | 59,28 | | |
| PRŮMĚR | 75,4 | | 500 | 80 | | | | | | 27,99 | 2,65 | | | 9609,01 | 160,474 | 59,8832 | | |

(zdroj vlastní)

Ze snímků a vyhodnocených tabulek je zřejmé, že čím více proudu, tím je hodnota DAP vyšší, protože dochází ke kvantitativní změně ve spektru rentgenového záření. Množství mA při standardním nastavení odpovídá dle DI nejlépe zvolené kombinaci s ostatními parametry. Proud má vliv i na velikost šumu a tím pádem na hodnotu SNR stejně jako napětí. Redukci šumu na cca polovinu způsobilo

navýšení mAs ze 100 na 400 mAs, což odpovídá předpokladu, že šum je úměrný

dávce dle vztahu: $\text{šum} \propto \sqrt{\frac{1}{\text{Dávka}}}$

Tento parametr významně ovlivnil rozlišení při vysokém kontrastu, které je nejlepší při nastavení proudu na 200 mA (4,5 lp/mm), poté s rostoucím proudem klesá. Naopak neovlivňuje rozlišení při nízkém kontrastu (0,90 %).

Protokol LEBKA

Tabulka 6: CRTG, protokol Lebka, parametr proud

| Sledovaný parametr | PROUD | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|------|-------|-------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|---------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22 | 159,4 | 138 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 292,16 | 25,09 |
| 2 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 297,45 | 24,26 |
| 3 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 |
| 4 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 |
| 5 | 70,3 | 22 | 158,3 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 22 | 158,5 | 138,8 | | | | | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 292,6728 | 24,9737 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 11,2 | 80 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,548 | -8,34 | 2,20% | 3,55 | 7567,74 | 359,80 | 21,03 |
| 2 | 70,3 | 11,2 | 80 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,548 | -8,37 | 2,20% | 3,55 | 7599,59 | 361,38 | 21,03 |
| 3 | 70,3 | 11,2 | 80 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,548 | -8,37 | 2,20% | 3,55 | 7561,97 | 348,30 | 21,71 |
| 4 | 70,3 | 11,2 | 80 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,548 | -8,37 | 2,20% | 3,55 | 7571,37 | 354,84 | 21,34 |
| 5 | 70,3 | 11,2 | 80 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,548 | -8,37 | 2,20% | 3,55 | 7582,06 | 346,47 | 21,88 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 11,2 | 80 | 140 | | | | | | 2,548 | -8,364 | | | 7576,55 | 354,158 | 21,399 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 17,5 | 125 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,985 | -6,44 | 2,20% | 3,55 | 7559,74 | 289,28 | 26,13 |
| 2 | 70,3 | 17,5 | 125 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,985 | -6,43 | 2,20% | 3,55 | 7568,19 | 285,72 | 26,49 |
| 3 | 70,3 | 17,5 | 125 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,985 | -6,43 | 2,20% | 3,55 | 7558,72 | 303,85 | 24,88 |
| 4 | 70,3 | 17,5 | 125 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,985 | -6,43 | 2,20% | 3,55 | 7582,29 | 285,72 | 26,54 |
| 5 | 70,3 | 17,5 | 125 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 4,008 | -6,43 | 2,20% | 3,55 | 7546,50 | 289,77 | 26,04 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 17,5 | 125 | 140 | | | | | | 3,9896 | -6,432 | | | 7563,09 | 290,868 | 26,0156 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 28 | 200 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,394 | -4,43 | 2,20% | 3,55 | 7469,80 | 269,31 | 27,74 |
| 2 | 70,3 | 28 | 200 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,394 | -4,442 | 2,20% | 3,55 | 7353,31 | 291,56 | 25,22 |
| 3 | 70,3 | 28 | 200 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,394 | -4,41 | 2,20% | 3,55 | 7471,13 | 259,35 | 28,81 |
| 4 | 70,3 | 28 | 200 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,394 | -4,4 | 2,20% | 3,55 | 7468,25 | 268,37 | 27,83 |
| 5 | 70,3 | 28 | 200 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,394 | -4,4 | 2,20% | 3,55 | 7466,52 | 273,65 | 27,28 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 28 | 200 | 140 | | | | | | 6,394 | -4,4164 | | | 7445,8 | 272,448 | 27,3755 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 35 | 250 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,993 | -3,42 | 2,20% | 3,55 | 7298,47 | 291,61 | 25,03 |
| 2 | 70,3 | 35 | 250 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,993 | -3,41 | 2,20% | 3,55 | 7298,54 | 281,50 | 25,93 |
| 3 | 70,3 | 35 | 250 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,993 | -3,43 | 2,20% | 3,55 | 7296,68 | 287,29 | 25,40 |
| 4 | 70,3 | 35 | 250 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,993 | -3,42 | 2,20% | 3,55 | 7289,81 | 284,71 | 25,60 |
| 5 | 70,3 | 35 | 250 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 7,993 | -3,42 | 2,20% | 3,55 | 7288,02 | 278,63 | 26,16 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 35 | 250 | 140 | | | | | | 7,993 | -3,42 | | | 7294,3 | 284,748 | 25,623 |

(zdroj vlastní)

Se zvyšujícím se proudem roste hodnota DAP. Hodnota signálu s rostoucím mA nepatrně klesá. Šum je ovlivňován nepravidelně. S rostoucím proudem roste SNR, avšak u nastavení proudu 250 mA, dochází k jeho poklesu. Proud v tomto případě neovlivňuje rozlišení při vysokém ani při nízkém kontrastu. Rozlišení při nízkém kontrastu je konstantě 2,20 %. Rozlišení při vysokém kontrastu je u všech naměřených hodnot 3,55 lp/mm.

Statistické zhodnocení vlivu proudu na kvalitu rentgenového obrazu

Pro statistické hodnocení těchto souborů byl spočítán Pearsonův korelační koeficient. Korelační test ukázal, že se zvyšujícím se proudem se zvyšuje hodnota SNR ($p < 0,001$).

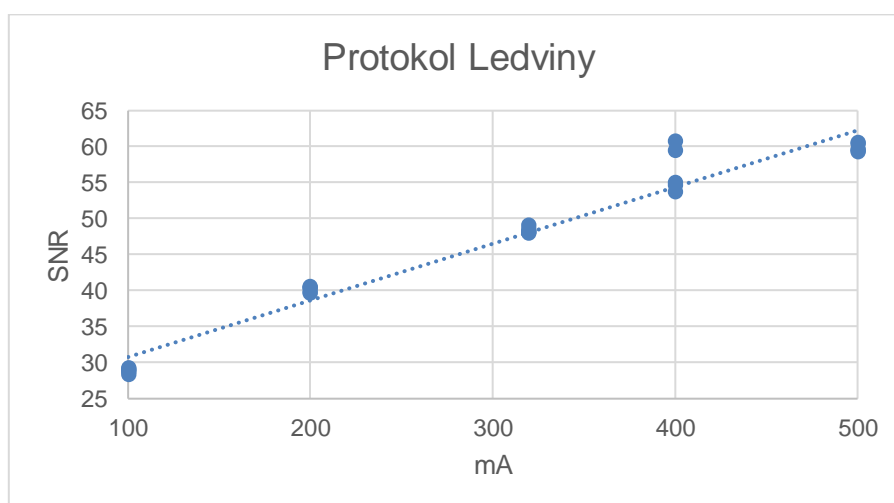
Tabulka 7: Korelace závislosti SNR a mA

| Correlations LEDVINY | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | mA ledviny | SNR ledviny |
| mA ledviny | Pearson Correlation | 1 | ,812** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR ledviny | Pearson Correlation | ,812** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Tuto skutečnost můžeme interpretovat, že se zvyšujícím se proudem dochází k nárstu hodnoty SNR. Vzhledem k výsledku korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Závislost hodnot SNR na proudu je znázorněna v grafu č.5.



Graf 5: Regresní přímka závislosti SNR na mA (zdroj vlastní)

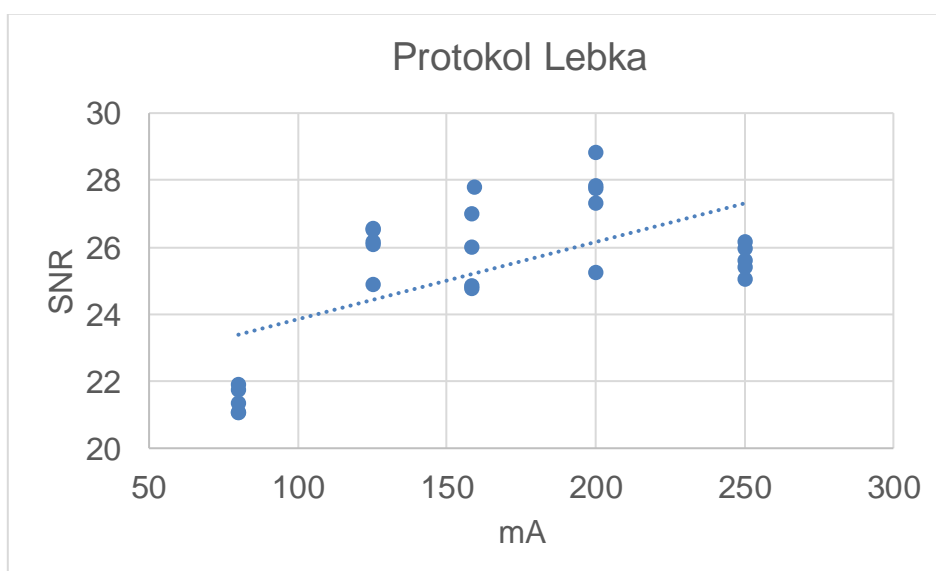
Tabulka 8: Korelace závislosti SNR a mA

| Correlations Lebka | | | |
|---------------------------|---------------------|----------|-----------|
| | | mA lebka | SNR lebka |
| mA lebka | Pearson Correlation | 1 | ,616** |
| | Sig. (2-tailed) | | ,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR lebka | Pearson Correlation | ,616** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Tuto skutečnost můžeme interpretovat, že se zvyšujícím se proudem se zvyšuje hodnota SNR. Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Grafické znázornění závislosti hodnoty SNR na proudu ukazuje graf č.6.



Graf 6: Regresní přímka závislosti SNR na mA (zdroj vlastní)

Na základě tohoto výsledku bylo možné potvrdit hypotézu **H₀₃** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se proudem se zvyšuje hodnota SNR*).

3.2.3 Hodnocený parametr EXPOZIČNÍ ČAS

Protokol LEDVINY

Tabulka 9: CRTG, protokol Ledviny, parametr expoziční čas

| Sledovaný parametr | EXPOZIČNÍ ČAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----|-----|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|--------------------------|-------|----------------|-----------------|----------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 | |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 | |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 | |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 | |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 | |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | 320 | 75 | | | | | | 16,7074 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 | |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,3 | 13 | 325 | 40 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,117 | -2,35 | 0,90% | 3,15 | 9581,45 | 277,01 | 34,59 | |
| 2 | 75,3 | 13 | 325 | 40 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,117 | -2,35 | 0,90% | 3,15 | 9590,82 | 274,47 | 34,94 | |
| 3 | 75,3 | 13 | 325 | 40 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,046 | -2,35 | 0,90% | 3,15 | 9577,35 | 280,92 | 34,09 | |
| 4 | 75,3 | 13 | 325 | 40 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,117 | -2,35 | 0,90% | 3,15 | 9597,60 | 277,12 | 34,63 | |
| 5 | 75,3 | 13 | 325 | 40 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 9,117 | -2,35 | 0,90% | 3,15 | 9611,19 | 284,81 | 33,75 | |
| PRŮMĚR | 75,3 | 13 | 325 | 40 | | | | | | 9,1028 | | 0,009 | | 9591,682 | 278,866 | 34,4008 | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,3 | 18 | 321 | 56 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 12,651 | -0,85 | 0,90% | 2,8 | 9624,93 | 224,61 | 42,85 | |
| 2 | 75,3 | 18 | 321 | 56 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 12,651 | -0,85 | 0,90% | 2,8 | 9586,88 | 225,84 | 42,45 | |
| 3 | 75,4 | 18 | 321 | 56 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 12,684 | -0,85 | 0,90% | 2,8 | 9615,66 | 224,71 | 42,79 | |
| 4 | 75,3 | 18 | 321 | 56 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 12,651 | -0,85 | 0,90% | 2,8 | 9594,84 | 223,92 | 42,85 | |
| 5 | 75,3 | 18 | 321 | 56 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 12,651 | -0,85 | 0,90% | 2,8 | 9602,60 | 225,97 | 42,50 | |
| PRŮMĚR | 75,32 | 18 | 321 | 56 | | | | | | 12,6576 | -0,85 | | | 9604,982 | 225,01 | 42,6875 | |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | P (dGy*cm ²) | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,4 | 32 | 320 | 100 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,463 | 1,7 | 0,90% | 2,8 | 9629,41 | 179,01 | 53,79 | |
| 2 | 75,3 | 32 | 320 | 100 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,7 | 0,90% | 2,8 | 9624,82 | 176,68 | 54,48 | |
| 3 | 75,3 | 32 | 320 | 100 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,7 | 0,90% | 2,8 | 9620,76 | 168,58 | 57,07 | |
| 4 | 75,3 | 32 | 320 | 100 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,7 | 0,90% | 2,8 | 9612,17 | 174,23 | 55,17 | |
| 5 | 75,3 | 32 | 320 | 100 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 22,404 | 1,7 | 0,90% | 2,8 | 9616,76 | 175,99 | 54,64 | |
| PRŮMĚR | 75,32 | 32 | 320 | 100 | | | | | | 22,4158 | 1,7 | | | 9620,784 | 174,898 | 55,0302 | |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,3 | 40 | 320 | 125 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,987 | 2,69 | 0,90% | 3,15 | 9608,17 | 155,96 | 61,61 | |
| 2 | 75,3 | 40 | 320 | 125 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,917 | 2,69 | 0,90% | 3,15 | 9599,38 | 159,59 | 60,15 | |
| 3 | 75,3 | 40 | 320 | 125 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,987 | 2,69 | 0,90% | 3,15 | 9578,73 | 160,97 | 59,51 | |
| 4 | 75,4 | 40 | 320 | 125 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 28,061 | 2,69 | 0,90% | 3,15 | 9622,09 | 157,22 | 61,20 | |
| 5 | 75,3 | 40 | 320 | 125 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 27,987 | 2,69 | 0,90% | 3,15 | 9608,15 | 159,96 | 60,07 | |
| PRŮMĚR | 75,32 | 40 | 320 | 125 | | | | | | 27,9878 | 2,69 | 0,009 | | 9603,304 | 158,74 | 60,5061 | |

(zdroj vlastní)

Čím delší expoziční čas, tím je hodnota DAP vyšší, neboť „dávka“ je přímo úměrná době expozice. Signál se nemění, ale šum klesá s rostoucím expozičním časem, díky tomu roste i SNR. Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu je u všech nastavených expozičních časů 0,90 %. Rozlišení při nízkém kontrastu se také nemění a pro všechna nastavení je 3,15 lp/mm. Teoreticky lze tedy říci, že v tomto měřeném rozsahu expozičních časů platilo, že je lepší kratší expozice, protože byla získána stejná kvalita při nižší dávce. Prakticky by záleželo i na kombinaci s ostatními parametry.

Protokol LEBKA

Tabulka 10: CRTG protokol Lebka, parametr expoziční čas

| Sledovaný parametr | ČAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|-----|-----|-------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22 | 159 | 138 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 263,81 | 27,79 |
| 2 | 70,3 | 22 | 158 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 267,45 | 26,98 |
| 3 | 70,3 | 22 | 158 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 |
| 4 | 70,3 | 22 | 158 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 |
| 5 | 70,3 | 22 | 158 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | | 138,8 | | | | 110 | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 281,0028 | 26,0571 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 11 | 160 | 71 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,595 | -8,34 | 2,20% | 3,55 | 7582,37 | 349,21 | 21,71 |
| 2 | 70,3 | 11 | 160 | 71 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,595 | -8,34 | 2,20% | 3,55 | 7569,52 | 348,19 | 21,74 |
| 3 | 70,3 | 11 | 160 | 71 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,595 | -8,37 | 2,20% | 3,55 | 7593,70 | 354,80 | 21,40 |
| 4 | 70,3 | 11 | 160 | 71 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,595 | -8,34 | 2,20% | 3,55 | 7592,35 | 354,49 | 21,42 |
| 5 | 70,3 | 11 | 160 | 71 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,595 | -8,34 | 2,20% | 3,55 | 7566,79 | 351,60 | 21,52 |
| PRŮMĚR | 70,3 | | 160 | 71 | | | | 110 | | 2,595 | -8,346 | | | 7580,95 | 351,658 | 21,5588 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 17 | 160 | 110 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 4,031 | -6,41 | 2,20% | 3,55 | 7563,21 | 292,43 | 25,86 |
| 2 | 70,3 | 17 | 160 | 110 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 4,031 | -6,43 | 2,20% | 3,55 | 7559,75 | 300,95 | 25,12 |
| 3 | 70,3 | 17 | 160 | 110 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 4,008 | -6,43 | 2,20% | 3,55 | 7563,52 | 292,43 | 25,86 |
| 4 | 70,3 | 17 | 160 | 110 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 4,008 | -6,41 | 2,20% | 3,55 | 7560,39 | 299,93 | 25,21 |
| 5 | 70,3 | 17 | 160 | 110 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 4,031 | -6,41 | 2,20% | 3,55 | 7560,67 | 285,69 | 26,46 |
| PRŮMĚR | 70,3 | | 160 | 110 | | | | 110 | | 4,0218 | -6,418 | | | 7561,51 | 294,286 | 25,7038 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 28 | 160 | 180 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,557 | -4,29 | 2,20% | 3,55 | 7559,75 | 300,95 | 25,12 |
| 2 | 70,3 | 28 | 160 | 180 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,557 | -4,3 | 2,20% | 3,55 | 7366,58 | 290,85 | 25,33 |
| 3 | 70,3 | 28 | 160 | 180 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,557 | -4,3 | 2,20% | 3,55 | 7329,00 | 298,69 | 24,54 |
| 4 | 70,3 | 28 | 160 | 180 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,557 | -4,3 | 2,20% | 3,55 | 7336,47 | 294,51 | 24,91 |
| 5 | 70,3 | 28 | 160 | 180 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 6,557 | -4,29 | 2,20% | 3,55 | 7345,80 | 296,35 | 24,79 |
| PRŮMĚR | 70,3 | | 160 | 180 | | | | 110 | | 6,557 | -4,296 | | | 7387,52 | 296,27 | 24,9366 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 35 | 160 | 220 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 8,016 | -3,41 | 2,20% | 3,55 | 7299,56 | 281,19 | 25,96 |
| 2 | 70,3 | 35 | 160 | 220 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 8,016 | -3,4 | 2,20% | 3,55 | 7284,41 | 286,10 | 25,46 |
| 3 | 70,3 | 35 | 160 | 220 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 8,016 | -3,39 | 2,20% | 3,55 | 7284,44 | 286,10 | 25,46 |
| 4 | 70,3 | 35 | 160 | 220 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 8,016 | -3,4 | 2,20% | 3,55 | 7306,38 | 285,46 | 25,60 |
| 5 | 70,3 | 35 | 160 | 220 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 8,016 | -3,42 | 2,20% | 3,55 | 7296,91 | 286,26 | 25,49 |
| PRŮMĚR | 70,3 | | 160 | 220 | | | | 110 | | 8,016 | -3,404 | | | 7294,34 | 285,022 | 25,5935 |

(zdroj vlastní)

Ze snímků a vyhodnocených tabulek je zřejmé, že s delším expozičním časem roste hodnota DAP. Hodnota DI roste s rostoucím časem. Signál, šum a SNR se mění nepravidelně, nejprve SNR roste pro 3 nejnižší časy a pak kolísá kolem hodnoty 25. Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu se nemění a je pro všechna nastavení 2,20 %. rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu zůstává nezměněna a odpovídá hodnotě 3,55 lp/mm.

Statistické zhodnocení vlivu expozičního času na kvalitu rentgenového obrazu

Pro statistické hodnocení těchto souborů byl spočítán Pearsonův korelační koeficient.

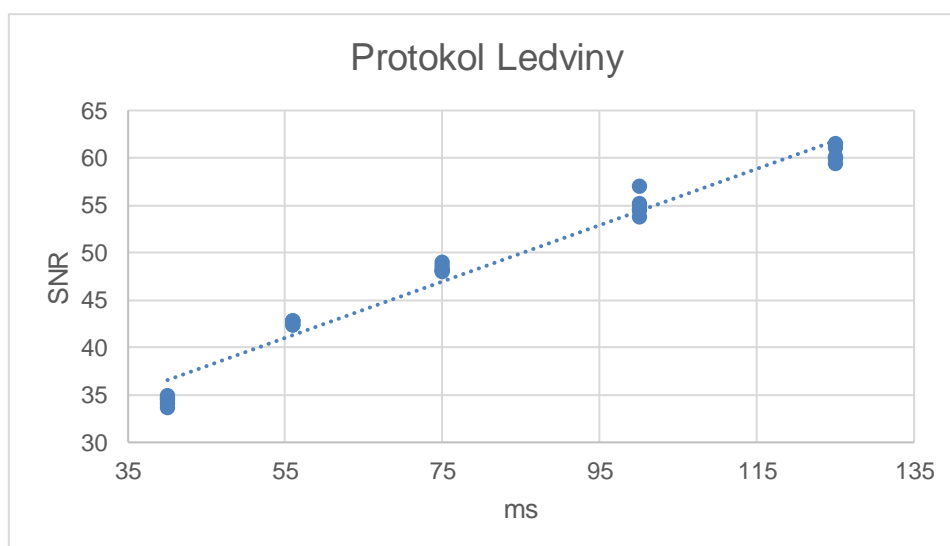
Tabulka 11: Korelace závislosti SNR a ms

| Correlations LEDVINY | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | ms ledviny | SNR ledviny |
| čas ledviny | Pearson Correlation | 1 | ,984** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR ledviny | Pearson Correlation | ,984** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Korelační test potvrdil, že s prodlužujícím se expozičním časem roste hodnota SNR. Grafické znázornění závislosti hodnoty SNR na expozičním čase ukazuje graf č.7.



Graf 7: Regresní přímka závislosti SNR na ms (zdroj vlastní)

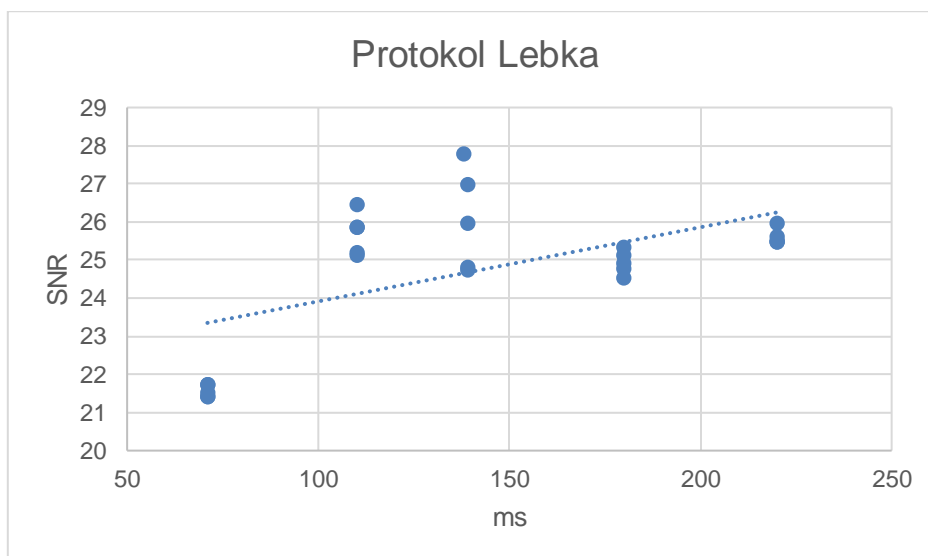
Tabulka 12: Korelace závislosti SNR a ms

| Correlations LEBKA | | | |
|--------------------|---------------------|----------|-----------|
| | | ms lebka | SNR lebka |
| čas lebka | Pearson Correlation | 1 | ,579** |
| | Sig. (2-tailed) | | ,002 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR lebka | Pearson Correlation | ,579** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,002 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Korelační test potvrdil, že s prodlužujícím se expozičním časem roste hodnota SNR. Grafické znázornění závislosti hodnoty SNR na expozičním čase znázorňuje graf č.8.



Graf 8: Regresní přímka závislosti SNR na ms (zdroj vlastní)

Na základě tohoto výsledku bylo možné potvrdit hypotézu **H₀₅** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2023 platí, že se zvyšujícím se expozičním časem se zvyšuje hodnota SNR*).

3.2.4 Hodnocený parametr PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA

Protokol LEDVINY

Tabulka 13: CRTG, protokol Ledviny, parametr protirozptylová mřížka

| Sledovaný parametr | PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|-----|-----|-----|------------------------------|-----------|----------|------------|---------|---------|-------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | 320 | 75 | | | | | | 16,7074 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,3 | 25 | 320 | 80 | ne | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 17,951 | 6,4 | 0,90% | 2,5 | 9821,98 | 119,45 | 82,23 |
| 2 | 75,3 | 25 | 320 | 80 | ne | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 17,951 | 6,41 | 0,90% | 2,5 | 9818,55 | 122,37 | 80,24 |
| 3 | 75,3 | 25 | 320 | 80 | ne | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 17,951 | 6,42 | 0,90% | 2,5 | 9822,48 | 119,12 | 82,46 |
| 4 | 75,4 | 25 | 320 | 80 | ne | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 17,999 | 6,43 | 0,90% | 2,5 | 9807,62 | 118,35 | 82,87 |
| 5 | 75,4 | 25 | 320 | 80 | ne | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 18,07 | 6,43 | 0,90% | 2,5 | 9825,63 | 119,16 | 82,46 |
| PRŮMĚR | 75,3 | 25 | 320 | 80 | | | | | | 17,9844 | 6,418 | | | 9819,25 | 119,69 | 82,0498 |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,4 | 26 | 320 | 80 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 18,07 | 0,45 | 0,90% | 2,8 | 9642,20 | 192,55 | 50,08 |
| 2 | 75,3 | 26 | 320 | 80 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 17,951 | 0,44 | 0,90% | 2,8 | 9644,16 | 191,71 | 50,31 |
| 3 | 75,3 | 26 | 320 | 80 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 17,951 | 0,45 | 0,90% | 2,8 | 9640,74 | 189,85 | 50,78 |
| 4 | 75,3 | 26 | 320 | 80 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 18,022 | 0,45 | 0,90% | 2,8 | 9636,38 | 196,33 | 49,08 |
| 5 | 75,3 | 26 | 320 | 80 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 18,022 | 0,45 | 0,90% | 2,8 | 9617,91 | 194,09 | 49,55 |
| PRŮMĚR | 75,3 | 26 | 320 | 80 | | | | | | 18,0032 | 0,448 | | | 9636,28 | 192,906 | 49,9599 |

(zdroj vlastní)

Ze snímků a vyhodnocených tabulek je patrné, že použití protirozptylové mřížky neovlivňuje hodnoty DAP. Mřížka neovlivňuje DAP proto, že DAP metr je umístěný hned na výstupním okénku rentgenky, kdežto mřížka až před receptorem obrazu. Snímky bez použití mřížky se jeví jako přeexponované, což je dáno množstvím fotonů, které nejsou zachyceny v mřížce, ale dopadnou také na detektor. Množství signálu se výrazně neměnilo, naopak množství šumu je výrazně nižší u snímků, kde nebyla protirozptylová mřížka použita. Z toho vychází, že hodnota SNR (82) je nejvyšší u snímků bez mřížky, naopak u standardní a špatně zvolené mřížky se hodnota SNR pohybuje okolo 50. Použití protirozptylových mřížek nemělo vliv na rozlišení při nízkém kontrastu, kde pro všechna nastavení byla stále stejná hodnota rozlišení 0,90 %. Naopak byla ovlivněna rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu, kdy při použití standardní mřížky byla hodnota rozlišení 3,15 lp/mm, při použití nevhodné mřížky došlo k poklesu na 2,8 lp/mm a při odstranění mřížky byla hodnota 2,5 lp/mm. Z těchto údajů můžeme říci, že správné použití protirozptylové mřížky zlepšuje kvalitu obrazu.

Protokol LEBKA

Tabulka 14: CRTG protokol Lebka, parametr protirozptylová mřížka

| Sledovaný parametr | PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|-----|--------|--------|------------------------------|-----------|------------|------------|---------|--------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22 | 159,42 | 138 | ano | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 292,16 | 25,09 |
| 2 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 297,45 | 24,26 |
| 3 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 |
| 4 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 |
| 5 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 22 | 158,5 | 138,8 | | | | | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 292,6728 | 24,9737 |
| nastavení | kV | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ne | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | 1,67 | 2,70% | 3,15 | 7557,39 | 199,09 | 37,96 |
| 2 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ne | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | 1,67 | 2,70% | 3,15 | 7657,47 | 193,45 | 39,58 |
| 3 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ne | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | 1,67 | 2,70% | 3,15 | 7659,56 | 195,44 | 39,19 |
| 4 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ne | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | 1,67 | 2,70% | 3,15 | 7656,44 | 198,23 | 38,62 |
| 5 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ne | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | 1,67 | 2,70% | 3,15 | 7656,35 | 202,11 | 37,88 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 22 | 160 | 140 | | | | 110 | | 5,12 | 1,67 | | | 7637,44 | 197,664 | 38,6482 |
| nastavení | kV | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,097 | -5,57 | 2,20% | 3,15 | 7515,15 | 290,68 | 25,85 |
| 2 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | -5,57 | 2,20% | 3,15 | 7523,18 | 286,07 | 26,30 |
| 3 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | -5,56 | 2,20% | 3,15 | 7507,61 | 283,30 | 26,50 |
| 4 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | -5,57 | 2,20% | 3,15 | 7521,24 | 283,17 | 26,56 |
| 5 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2°26,8 | žádná | 110 | velké | 5,12 | -5,57 | 2,20% | 3,15 | 7516,56 | 272,33 | 27,60 |
| PRŮMÉR | 70,3 | 22 | 160 | 140 | | | | | | 5,1154 | -5,568 | | | 7516,75 | 283,11 | 26,5629 |

(zdroj vlastní)

Při odstranění mřížky už nedochází k podexponování snímku. Kdyby standardní snímky nebyly tolik podexponované, pravděpodobně by docházelo u snímků bez mřížky k přeexponování, protože by na detektor bez použití mřížky dopadlo více fotonů. Hodnota signálu zůstává stejná, avšak při odstranění mřížky dochází k poklesu šumu (197) ve srovnání s použitím mřížek, kde se hodnoty šumu pohybují okolo 280. Z toho plyne, že s odstraněním mřížky dochází k nárůstu hodnoty SNR (38) oproti snímům s mřížkou, kde se SNR pohybuje okolo 25. Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu se bez mřížky zhoršila z 2,20 % při použití mřížky na 2,70 % bez mřížky. Rozlišení při vysokém kontrastu je nejlepší při použití vhodné mřížky (3,55 lp/mm). Správné použití protirozptylové mřížky tedy významně zlepšuje kvalitu výsledného obrazu.

3.2.5 Hodnocený parametr FILTRACE

Protokol LEDVINY

Tabulka 15: CRTG, protokol Ledviny, parametr filtrace

| Sledovaný parametr | FILTRACE | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----|-----|-----|--------|-----------|-----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | 320 | 75 | | | | | | 16,7074 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 5,644 | -0,9 | 0,90% | 2,8 | 9619,11 | 227,83 | 42,22 |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 5,644 | -0,89 | 0,90% | 2,8 | 9634,88 | 226,18 | 42,60 |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 5,644 | -0,89 | 0,90% | 2,8 | 9618,10 | 224,83 | 42,78 |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 5,644 | -0,9 | 0,90% | 2,8 | 9620,45 | 235,46 | 40,86 |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 5,644 | -0,9 | 0,90% | 2,8 | 9634,95 | 226,18 | 42,60 |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | 320 | 80 | | | | | | 5,644 | -0,896 | | | 9625,5 | 228,096 | 42,211 |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 3,739 | -1,76 | 0,90% | 2,8 | 9601,92 | 255,07 | 37,64 |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 3,739 | -1,76 | 0,90% | 2,8 | 9600,81 | 249,53 | 38,48 |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 3,755 | -1,76 | 0,90% | 2,8 | 9604,67 | 248,98 | 38,58 |
| 4 | 75,4 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 3,755 | -1,76 | 0,90% | 2,8 | 9601,80 | 244,50 | 39,27 |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 3,739 | -1,76 | 0,90% | 2,8 | 9612,80 | 248,12 | 38,74 |
| PRŮMĚR | 75,32 | 24 | 320 | 80 | | | | | | 3,7454 | -1,76 | | 2,8 | 9604,4 | 249,24 | 38,5419 |

(zdroj vlastní)

Filtrace způsobuje kvalitativní i kvantitativní změny ve spektru rentgenového záření. S větší filtrací klesá DAP i DI, jehož hodnoty odpovídají mírně podexponovanému snímku. K poklesu hodnoty dochází z důvodu eliminace fotonů o nižších energiích. Naopak lehce stoupá množství šumu, zatímco nepatrně klesá signál, tím dochází k poklesu hodnot SNR. Snímek bez použití filtrace má o 38,5% vyšší hodnotu SNR než snímek filtrovaný 0,3 mm Cu. Z toho plyne, že nefiltrovaný snímek bude pro lékaře lépe hodnotitelný. K horší rozlišovací schopnosti došlo i u rozlišení při vysokém kontrastu, kdy má snímek bez použití filtrace rozlišení 3,15 lp/mm oproti snímkům s filtrací, kde je rozlišení 2,8 lp/mm. Naopak filtrace neovlivnila rozlišení při nízkém kontrastu, které zůstává u všech snímků 0,90 %.

Protokol LEBKA

Tabulka 16: CRTG, protokol Lebka, parametr filtrace

| Sledovaný parametr | FILTRACE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----|--------|-------|--------|-----------|-----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22 | 159,42 | 138 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 292,16 | 25,09 | |
| 2 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 297,45 | 24,26 | |
| 3 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 | |
| 4 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 | |
| 5 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 | |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | 158,5 | 138,8 | | | | | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 292,6728 | 24,9737 | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,511 | -7,05 | 2,20% | 3,15 | 7626,23 | 299,26 | 25,48 | |
| 2 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,511 | -7,05 | 2,20% | 3,15 | 7618,29 | 305,82 | 24,91 | |
| 3 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,517 | -7,05 | 2,20% | 3,15 | 7618,59 | 305,82 | 24,91 | |
| 4 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,517 | -7,03 | 2,20% | 3,15 | 7606,39 | 301,70 | 25,21 | |
| 5 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,517 | -7,03 | 2,20% | 3,15 | 7638,26 | 309,63 | 24,67 | |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | 160 | 140 | | | | | | 1,5146 | -7,042 | | | 7621,55 | 304,446 | 25,0375 | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,978 | -7,92 | 2,20% | 3,15 | 7711,23 | 333,11 | 23,15 | |
| 2 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,978 | -7,95 | 2,20% | 3,15 | 7673,67 | 326,75 | 23,48 | |
| 3 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,978 | -7,95 | 2,20% | 3,15 | 7682,43 | 332,90 | 23,08 | |
| 4 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,978 | -7,95 | 2,20% | 3,15 | 7714,63 | 326,05 | 23,66 | |
| 5 | 70,3 | 22 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,978 | -7,95 | 2,20% | 3,15 | 7707,91 | 324,43 | 23,76 | |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | 160 | 140 | | | | | | 0,978 | -7,944 | | | 7697,97 | 328,648 | 23,4261 | |

(zdroj vlastní)

S větší filtrací hodnota DAP klesá a hodnota DI se ještě více klesá hlouběji do záporných hodnot. S větší filtrací roste signál i šum, a tím dochází k mírnému poklesu hodnot SNR (z původních 25, bez použití filtrace na 23, s použitím 0,3 mm Cu). Filtrace nemá vliv na rozlišení při nízkém kontrastu, kdy se hodnota 2,20 % nemění. Rozlišení při vysokém kontrastu u snímku bez použití filtrace bylo 3,55 lp/mm, po použití filtrace rozlišovací schopnost klesla na 3,15 lp/mm. Z toho plyne, že snímek bez použití filtrace bude lépe hodnotitelný, neboť budou ve snímku lépe patrné drobné struktury

3.2.6 Hodnocený parametr GEOMETRIE

Protokol LEDVINY

Tabulka 17: CRTG, protokol Ledviny, parametr geometrie

| Sledovaný parametr | GEOMETRIE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|------|-----|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 | |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 | |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 | |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 | |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 | |
| PRŮMÉR | 75,3 | 24 | 320 | 75 | | | | | | 16,7074 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 | |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 80 | velké | 28,919 | 3,3 | 0,90% | 2,8 | 9247,92 | 165,52 | 55,87 | |
| 2 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 80 | velké | 28,919 | 3,3 | 0,90% | 2,8 | 9260,68 | 167,27 | 55,36 | |
| 3 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 80 | velké | 28,842 | 3,31 | 0,90% | 2,8 | 9261,76 | 167,02 | 55,45 | |
| 4 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 80 | velké | 28,842 | 3,32 | 0,90% | 2,8 | 9241,30 | 167,50 | 55,17 | |
| 5 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 80 | velké | 28,842 | 3,3 | 0,90% | 2,8 | 9243,47 | 163,95 | 56,38 | |
| PRŮMÉR | 75,34 | 25,6 | 320 | 80 | | | | | | 28,8728 | 3,306 | | | 9251,03 | 166,252 | 55,6481 | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 95 | velké | 19,945 | 1,93 | 0,90% | 2,8 | 9514,07 | 182,72 | 52,07 | |
| 2 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 95 | velké | 19,945 | 1,94 | 0,90% | 2,8 | 9522,04 | 185,67 | 51,28 | |
| 3 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 95 | velké | 19,998 | 1,94 | 0,90% | 2,8 | 9487,71 | 183,96 | 51,57 | |
| 4 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 95 | velké | 19,998 | 1,94 | 0,90% | 2,8 | 9506,32 | 185,91 | 51,13 | |
| 5 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 95 | velké | 19,998 | 1,94 | 0,90% | 2,8 | 9519,94 | 184,42 | 51,62 | |
| PRŮMÉR | 75,36 | 25,6 | 320 | 80 | | | | | | 19,9768 | 1,938 | | | 9510,02 | 184,536 | 51,5367 | |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 120 | velké | 12,533 | -0,06 | 0,90% | 2,8 | 9572,13 | 320,41 | 29,87 | |
| 2 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 120 | velké | 12,533 | -0,05 | 0,90% | 2,8 | 9568,50 | 313,22 | 30,55 | |
| 3 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 120 | velké | 12,5 | -0,05 | 0,90% | 2,8 | 9565,73 | 320,07 | 29,89 | |
| 4 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 120 | velké | 12,5 | -0,05 | 0,90% | 2,8 | 9580,72 | 318,27 | 30,10 | |
| 5 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 120 | velké | 12,533 | -0,05 | 0,90% | 2,8 | 9571,95 | 316,67 | 30,23 | |
| PRŮMÉR | 75,36 | 25,6 | 320 | 80 | | | | | | 12,5198 | -0,052 | | | 9571,81 | 317,728 | 30,1278 | |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 143 | velké | 8,951 | -1,64 | 0,90% | 2,8 | 9680,67 | 257,35 | 37,62 | |
| 2 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 143 | velké | 8,951 | -1,63 | 0,90% | 2,8 | 9667,26 | 250,35 | 38,61 | |
| 3 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 143 | velké | 8,951 | -1,63 | 0,90% | 2,8 | 9672,94 | 249,07 | 38,84 | |
| 4 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 143 | velké | 8,951 | -1,63 | 0,90% | 2,8 | 9682,15 | 250,76 | 38,61 | |
| 5 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 143 | velké | 8,951 | -1,62 | 0,90% | 2,8 | 9671,67 | 257,40 | 37,57 | |
| PRŮMÉR | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | | | | | | 8,951 | -1,63 | | | 9674,94 | 252,986 | 38,2507 | |

(zdroj vlastní)

V záznamové tabulce můžeme pozorovat, že se zvětšující se vzdáleností rentgenky od detektoru dochází k poklesu hodnot DAP dle tzv. čtvercového zákona, čemuž odpovídají i naměřená data. Rozlišení při vysokém kontrastu je lepší ve standardní vzdálenosti (3,15 lp/mm) oproti ostatním vzdálenostem (2,8 lp/mm). Vzdálenost neovlivňuje rozlišení při nízkém kontrastu, kdy je rozlišení vždy 0,90 %. U vzdálenosti 80 cm je v porovnání patrně nižší hodnota signálu oproti ostatním vzdálenostem. Hodnota šumu se zvětšující se vzdáleností roste, při vzdálenosti 120 cm však dochází k velkému nárůstu a při vzdálenosti 143 cm zase k poklesu.

Obecně lze říci, že rostoucí vzdálenost je úměrná poklesu hodnot SNR. Pro vzdálenost 120 cm a 143 cm pravděpodobně došlo ke statistické anomálii dané zatížením přístroje. Díky tomu je při vzdálenosti 120 cm hodnota SNR nejnižší (30).

Protokol LEBKA

Tabulka 18: CRTG, protokol Lebka, parametr geometrie

| Sledovaný parametr | GEOMETRIE | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|------|--------|-------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22 | 159,42 | 138 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 292,16 | 25,09 |
| 2 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 297,45 | 24,26 |
| 3 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 |
| 4 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 |
| 5 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | 158,5 | 138,8 | | | | | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 292,6728 | 24,9737 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | velké | 9,703 | -3,12 | 2,20% | 3,55 | 6063,98 | 419,98 | 14,44 |
| 2 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | velké | 9,703 | -3,12 | 2,20% | 3,55 | 5977,56 | 427,17 | 13,99 |
| 3 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | velké | 9,747 | -3,11 | 2,20% | 3,55 | 6061,87 | 417,51 | 14,52 |
| 4 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | velké | 9,747 | -3,11 | 2,20% | 3,55 | 6020,48 | 421,80 | 14,27 |
| 5 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | velké | 9,747 | -3,11 | 2,20% | 3,55 | 6026,28 | 421,64 | 14,29 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | | | | | | 9,7294 | -3,114 | | | 6030,03 | 421,62 | 14,3034 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | velké | 6,71 | -4,38 | 2,20% | 3,55 | 6902,43 | 313,37 | 22,03 |
| 2 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | velké | 6,71 | -4,38 | 2,20% | 3,55 | 6815,96 | 316,60 | 21,53 |
| 3 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | velké | 6,71 | -4,37 | 2,20% | 3,55 | 6802,98 | 331,87 | 20,50 |
| 4 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | velké | 6,71 | -4,37 | 2,20% | 3,55 | 6873,97 | 319,93 | 21,49 |
| 5 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | velké | 6,74 | -4,37 | 2,20% | 3,55 | 6822,01 | 332,76 | 20,50 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | | | | | | 6,716 | -4,374 | | | 6843,47 | 322,906 | 21,2082 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | velké | 4,205 | -6,08 | 2,20% | 3,55 | 7488,98 | 303,27 | 24,69 |
| 2 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | velké | 4,205 | -6,08 | 2,20% | 3,55 | 7441,73 | 311,21 | 23,91 |
| 3 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | velké | 4,205 | -6,08 | 2,20% | 3,55 | 7482,68 | 302,77 | 24,71 |
| 4 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | velké | 4,205 | -6,06 | 2,20% | 3,55 | 7474,62 | 305,58 | 24,46 |
| 5 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | velké | 4,205 | -6,06 | 2,20% | 3,55 | 7454,13 | 315,40 | 23,63 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | | | | | | 4,205 | -6,072 | | | 7468,43 | 307,646 | 24,283 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | velké | 3,046 | -7,3 | 2,20% | 3,55 | 7884,19 | 363,17 | 21,71 |
| 2 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | velké | 3,046 | -7,32 | 2,20% | 3,55 | 7813,17 | 345,51 | 22,61 |
| 3 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | velké | 3,046 | -7,32 | 2,20% | 3,55 | 7786,31 | 359,85 | 21,64 |
| 4 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | velké | 3,06 | -7,32 | 2,20% | 3,55 | 7795,79 | 342,28 | 22,78 |
| 5 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | velké | 3,046 | -7,32 | 2,20% | 3,55 | 7756,36 | 342,93 | 22,62 |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | | | | | | 3,0488 | -7,316 | | | 7807,16 | 350,748 | 22,2709 |

(zdroj vlastní)

Ze snímků a vyhodnocených tabulek je zřejmé, že se zvyšující se vzdáleností rentgenky od detektoru hodnota DAP klesá a podexpozice snímku roste. Vzdálenost neměla v tomto případě vliv na rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu. Pravděpodobně byl dodržen rozsah použité mřížky. S rostoucí vzdáleností roste i signál obrazu. S rostoucí vzdáleností nejprve dochází k poklesu šumu, avšak při vzdálenosti 120 cm a 142 cm, dojde opět k růstu. SNR se mění nepravidelně.

3.2.7 Hodnocený parametr KOLIMACE

Protokol LEDVINY

Tabulka 19: CRTG, protokol Ledviny, parametr kolimace

| Sledovaný parametr | KOLIMACE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------|-----|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|----------|--------------------|---------|--|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,41 | 0,90% | 3,15 | 9590,92 | 197,20 | 48,64 | | |
| 2 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9617,71 | 196,01 | 49,07 | | |
| 3 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,75 | 0,4 | 0,90% | 3,15 | 9631,04 | 199,84 | 48,19 | | |
| 4 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9527,19 | 198,40 | 48,02 | | |
| 5 | 75,3 | 24 | 320 | 75 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 16,679 | 0,39 | 0,90% | 3,15 | 9629,24 | 199,56 | 48,25 | | |
| PRŮMĚR | 75,3 | 24 | 320 | 75 | | | | | | 16,7074 | 0,392 | | | 9599,22 | 198,202 | 48,4338 | | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 14,932 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9255,24 | 206,60 | 44,80 | | |
| 2 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 14,893 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9253,01 | 202,90 | 45,60 | | |
| 3 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 14,893 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9294,54 | 204,65 | 45,42 | | |
| 4 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 14,932 | 0,37 | 0,90% | 3,15 | 9272,48 | 206,66 | 44,87 | | |
| 5 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 14,893 | 0,38 | 0,90% | 3,15 | 9260,20 | 204,94 | 45,18 | | |
| PRŮMĚR | 75,34 | 25,6 | 320 | | | | | | | 14,9086 | 0,372 | | | 9267,094 | 205,15 | 45,1743 | | |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 7,722 | -0,05 | 0,90% | 3,15 | 9455,16 | 222,18 | 42,56 | | |
| 2 | 75,3 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 7,722 | -0,05 | 0,90% | 3,15 | 9501,18 | 221,74 | 42,85 | | |
| 3 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 7,743 | -0,05 | 0,90% | 3,15 | 9481,36 | 216,14 | 43,87 | | |
| 4 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 7,743 | -0,03 | 0,90% | 3,15 | 9478,53 | 221,79 | 42,74 | | |
| 5 | 75,4 | 25,6 | 320 | 80 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 7,743 | -0,04 | 0,90% | 3,15 | 9502,32 | 223,75 | 42,47 | | |
| PRŮMĚR | 75,36 | 25,6 | 320 | 80 | | | | | | 7,7346 | -0,044 | | 3,15 | 9483,71 | 221,12 | 42,8953 | | |

(zdroj vlastní)

Hodnota DAP je přímo úměrná velikosti ozařovaného pole. Kolimace nemá vliv na rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu. Dále je patrné, že čím větší pole, tím méně šumu a větší hodnota SNR. Správně by tomu ale mělo být přesně obráceně, čím větší pole, tím více rozptýleného záření, tedy i horší kvalita výsledného obrazu. S největší pravděpodobností byla kvalita snímku ovlivněna následným postprocessingem.

Protokol LEBKA

Tabulka 20: CRTG, protokol Lebka, parametr kolimace

| Sledovaný parametr | KOLIMACE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------|--------|-------|--------|-------------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22 | 159,42 | 138 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,027 | -5,37 | 2,20% | 3,55 | 7330,02 | 292,16 | 25,09 | |
| 2 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7214,70 | 297,45 | 24,26 | |
| 3 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7336,94 | 295,63 | 24,82 | |
| 4 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,051 | -5,34 | 2,20% | 3,55 | 7326,89 | 282,09 | 25,97 | |
| 5 | 70,3 | 22 | 158,27 | 139 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 5,074 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 7321,79 | 296,03 | 24,73 | |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22 | 158,5 | 138,8 | | | | | | 5,0554 | -5,338 | | | 7306,07 | 292,6728 | 24,9737 | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 19,8 . 18 | žádná | 110 | velké | 3,154 | -7,1 | 2,20% | 3,55 | 6035,69 | 405,77 | 14,87 | |
| 2 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 19,8 . 18 | žádná | 110 | velké | 3,139 | -7,1 | 2,20% | 3,55 | 6043,80 | 410,21 | 14,73 | |
| 3 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 19,8 . 18 | žádná | 110 | velké | 3,139 | -7,12 | 2,20% | 3,55 | 5992,40 | 412,51 | 14,53 | |
| 4 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 19,8 . 18 | žádná | 110 | velké | 3,154 | -7,1 | 2,20% | 3,55 | 6050,75 | 405,26 | 14,93 | |
| 5 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 19,8 . 18 | žádná | 110 | velké | 3,139 | -7,1 | 2,20% | 3,55 | 6060,20 | 405,98 | 14,93 | |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | | | | | | 3,145 | -7,104 | | | 6036,57 | 407,946 | 14,7985 | |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | velké | 11,003 | -3,29 | 2,20% | 3,55 | 7478,62 | 346,99 | 21,55 | |
| 2 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | velké | 11,003 | -3,29 | 2,20% | 3,55 | 7464,13 | 335,87 | 22,22 | |
| 3 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | velké | 11,003 | -3,29 | 2,20% | 3,55 | 7478,01 | 335,52 | 22,29 | |
| 4 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | velké | 11,053 | -3,29 | 2,20% | 3,55 | 7488,38 | 337,55 | 22,18 | |
| 5 | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | velké | 11,003 | -3,29 | 2,20% | 3,55 | 7484,92 | 328,43 | 22,79 | |
| PRŮMĚR | 70,3 | 22,4 | 160 | 140 | | | | | | 11,013 | -3,29 | | | 7478,81 | 336,872 | 22,2077 | |

(zdroj vlastní)

Kolimace nemá vliv na rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu. Dále z vyhodnocovací tabulky vidíme, že čím větší pole, tím méně šumu a větší hodnota SNR. Běžně tomu ale bývá naopak, čím větší pole, tím více rozptýleného záření, tedy i horší kvalita výsledného obrazu. S největší pravděpodobností byla kvalita snímku ovlivněna následným postprocessingem.

3.3 Hodnocení kvality obrazu na přístroji Samsung Electronics GC85A (2017)

Vyhodnocení dat získaných při druhém měření na detašovaném pracovišti na Ortopedické klinice (ORTO).

3.3.1 Hodnocení parametrů NAPĚTÍ

Protokol LEDVINY

Tabulka 21: ORTO, protokol ledviny, parametr napětí

| Sledovaný parametr | NAPĚTÍ | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|------|-------|----------|--------|------------|----------|------------|---------|--------|-------|----------------|-----------------|----------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas (ms) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,5 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 | |
| 2 | 74,6 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 | |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 | |
| 4 | 74,5 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 | |
| 5 | 74,5 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 | |
| PRŮMĚR | 74,52 | 5,18 | 297,6 | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,17 | 0,009 | 2,24 | 8749,476 | 414,332 | 21,1172 | |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 54,7 | 4,7 | 296 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,048 | -14,8 | 0,90% | 1,6 | 9286,02 | 1396,62 | 6,65 | |
| 2 | 54,8 | 4,8 | 299 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,08 | -14,7 | 0,90% | 1,6 | 9288,34 | 1340,12 | 6,93 | |
| 3 | 54,7 | 4,7 | 293 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,027 | -14,8 | 0,90% | 1,6 | 9145,08 | 1382,74 | 6,61 | |
| 4 | 54,8 | 4,7 | 292 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,028 | -15 | 0,90% | 1,6 | 9096,07 | 1313,8 | 6,92 | |
| 5 | 54,7 | 4,8 | 298 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,061 | -14,7 | 0,90% | 1,6 | 9707,01 | 1368,9 | 7,09 | |
| PRŮMĚR | 54,74 | 4,74 | 295,6 | 16 | | | | | | 2,0488 | -14,8 | 0,009 | 1,6 | 9304,504 | 1360,436 | 6,84164 | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 64,7 | 4,8 | 297 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,969 | -10 | 0,90% | 2,24 | 8827,82 | 716,58 | 12,32 | |
| 2 | 64,7 | 4,8 | 299 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,994 | -10 | 0,90% | 2,24 | 8823,98 | 702,45 | 12,56 | |
| 3 | 64,7 | 4,8 | 302 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 3,026 | -9,98 | 0,90% | 2,24 | 8848,07 | 697,52 | 12,69 | |
| 4 | 64,7 | 4,7 | 296 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,963 | -10,1 | 0,90% | 2,24 | 8853,88 | 710,69 | 12,46 | |
| 5 | 64,7 | 4,8 | 302 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 3,019 | -9,98 | 0,90% | 2,24 | 8836,32 | 687,23 | 12,86 | |
| PRŮMĚR | 64,7 | 4,78 | 299,2 | 16 | | | | | | 2,9942 | -10 | 0,009 | 2,24 | 8838,014 | 702,894 | 12,5764 | |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 84,5 | 4,6 | 388 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,995 | -3,94 | 0,90% | 2,24 | 8683,34 | 333,33 | 26,05 | |
| 2 | 84,4 | 4,8 | 297 | 16 | ano | 43,2*35,7 | žádná | 110 | velké | 5,157 | -3,8 | 0,90% | 2,24 | 8770,87 | 328,14 | 26,73 | |
| 3 | 84,4 | 4,8 | 299 | 16 | ano | 43,2*35,8 | žádná | 110 | velké | 5,189 | -3,79 | 0,90% | 2,24 | 8599,59 | 352,99 | 24,36 | |
| 4 | 84,4 | 4,8 | 298 | 16 | ano | 43,2*35,9 | žádná | 110 | velké | 5,157 | -3,79 | 0,90% | 2,24 | 8705,15 | 332,01 | 26,22 | |
| 5 | 84,5 | 4,7 | 296 | 16 | ano | 43,2*35,10 | žádná | 110 | velké | 5,136 | -3,79 | 0,90% | 2,24 | 8656,20 | 323,63 | 26,75 | |
| PRŮMĚR | 84,44 | 4,74 | 315,6 | 16 | | | | | | 5,1268 | -3,82 | 0,009 | 2,24 | 8683,03 | 334,02 | 26,0216 | |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 94,4 | 4,7 | 292 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 6,238 | -1,73 | 0,90% | 2,5 | 8634,90 | 267,12 | 32,33 | |
| 2 | 94,3 | 4,8 | 297 | 16 | ano | 43,2*35,7 | žádná | 110 | velké | 6,332 | -1,65 | 0,90% | 2,5 | 8626,01 | 275,14 | 31,35 | |
| 3 | 94,3 | 4,7 | 295 | 16 | ano | 43,2*35,8 | žádná | 110 | velké | 6,292 | -1,68 | 0,90% | 2,5 | 8632,01 | 264,94 | 32,58 | |
| 4 | 94,3 | 4,6 | 288 | 16 | ano | 43,2*35,9 | žádná | 110 | velké | 6,132 | -1,77 | 0,90% | 2,5 | 8631,38 | 268,15 | 32,19 | |
| 5 | 94,4 | 4,7 | 296 | 16 | ano | 43,2*35,10 | žádná | 110 | velké | 6,318 | -1,67 | 0,90% | 2,5 | 8840,64 | 269,50 | 32,80 | |
| PRŮMĚR | 94,34 | 4,7 | 293,6 | 16 | | | | | | 6,2624 | -1,7 | 0,009 | 2,5 | 8672,988 | 268,97 | 32,2502 | |

(zdroj vlastní)

Hodnota napětí má vliv na kvantitativní i kvalitativní změny spektra záření. Platí, že čím větší napětí, tím větší DAP. Hodnota signálu se mění nepatrně, ale šum klesá s rostoucím napětím. Díky tomu hodnota SNR s rostoucím napětím roste. Při napětí 54,7 kV byla hodnota SNR průměrně 6,8 a s napětím 94,3 kV je hodnota SNR 32,5. Vyšší napětí má také pozitivní vliv na rozlišení při vysokém kontrastu, které bylo při nejnižším napětí 1,6 lp/mm a při nejvyšším nastaveném napětí 2,5 lp/mm. Naopak z tabulky je patrné, že rozlišení při nízkém kontrastu nebylo ovlivněno.

Protokol LEBKA

Tabulka 22: ORTO, protokol Lebka, parametr napětí

| Sledovaný parametr | NAPĚTÍ | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|------|-------|-----|--------|------------|----------|------------|---------|---------|---------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7553,59 | 228,96 | 32,99 |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7553,35 | 227,14 | 33,25 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 183,8 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | 3,55 | 7550,14 | 229,492 | 32,9023 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 49,8 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,369 | -14,95 | 2,20% | 2,5 | 7612,67 | 503,24 | 15,13 |
| 2 | 49,8 | 31 | 153 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,358 | -14,95 | 2,20% | 2,5 | 7577,24 | 497,23 | 15,24 |
| 3 | 49,8 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,369 | -14,95 | 2,20% | 2,5 | 7632,34 | 500,45 | 15,25 |
| 4 | 49,8 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,369 | -14,83 | 2,20% | 2,5 | 7644,48 | 498,10 | 15,35 |
| 5 | 49,8 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,369 | -14,95 | 2,20% | 2,5 | 7630,31 | 499,87 | 15,26 |
| PRŮMĚR | 49,8 | 31 | 153,8 | 161 | | | | | | 3,3668 | -14,926 | | | 7619,41 | 499,778 | 15,2458 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 59,7 | 30 | 152 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,325 | -9,03 | 2,20% | 3,55 | 7187,52 | 405,28 | 17,73 |
| 2 | 59,7 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,395 | -9 | 2,20% | 3,55 | 7183,88 | 409,38 | 17,55 |
| 3 | 59,7 | 31 | 155 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,447 | -8,96 | 2,20% | 3,55 | 7182,29 | 403,41 | 17,80 |
| 4 | 59,7 | 31 | 156 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,447 | -8,96 | 2,20% | 3,55 | 7176,65 | 398,35 | 18,02 |
| 5 | 59,7 | 31 | 156 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,447 | -8,93 | 2,20% | 3,55 | 7188,59 | 405,05 | 17,75 |
| PRŮMĚR | 59,7 | 30,8 | 154,6 | 161 | | | | | | 5,4122 | -8,976 | | | 7183,79 | 404,2936 | 17,7701 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 79,5 | 30 | 150 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 9,359 | -0,86 | 2,20% | 3,55 | 7415,35 | 257,02 | 28,85 |
| 2 | 79,5 | 30 | 150 | 161 | ano | 21,2*26,9 | žádná | 110 | malé | 9,39 | -0,85 | 2,20% | 3,55 | 7412,47 | 250,09 | 29,64 |
| 3 | 79,6 | 30 | 152 | 161 | ano | 21,2*26,10 | žádná | 110 | malé | 9,508 | -0,78 | 2,20% | 3,55 | 7415,06 | 254,38 | 29,15 |
| 4 | 79,5 | 30 | 151 | 161 | ano | 21,2*26,11 | žádná | 110 | malé | 9,421 | -0,81 | 2,20% | 3,55 | 7424,09 | 248,92 | 29,83 |
| 5 | 79,6 | 30 | 152 | 161 | ano | 21,2*26,12 | žádná | 110 | malé | 9,508 | -0,8 | 2,20% | 3,55 | 7510,02 | 228,20 | 32,91 |
| PRŮMĚR | 79,54 | 30 | 151 | 161 | | | | | | 9,4372 | -0,82 | | | 7435,4 | 247,722 | 30,075 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 89,5 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 12,088 | 1,97 | 2,20% | 3,55 | 7501,87 | 213,27 | 35,18 |
| 2 | 89,5 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,9 | žádná | 110 | malé | 12,128 | 1,99 | 2,20% | 3,55 | 7497,23 | 214,49 | 34,95 |
| 3 | 89,5 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,10 | žádná | 110 | malé | 12,128 | 2 | 2,20% | 3,55 | 7500,12 | 209,99 | 35,72 |
| 4 | 89,5 | 31 | 154 | 161 | ano | 21,2*26,11 | žádná | 110 | malé | 12,088 | 1,99 | 2,20% | 3,55 | 7501,48 | 215,08 | 34,88 |
| 5 | 89,5 | 30 | 150 | 161 | ano | 21,2*26,12 | žádná | 110 | malé | 11,852 | 1,91 | 2,20% | 3,55 | 7504,98 | 210,44 | 35,66 |
| PRŮMĚR | 89,5 | 30,8 | 153,2 | 161 | | | | | | 12,0568 | 1,972 | | | 7501,14 | 212,654 | 35,2773 |

(zdroj vlastní)

Se zvyšujícím se napětím klesá podexpoze snímku. Naopak s rostoucím napětím roste i hodnota DAP. Hodnota signálu se mění jen nepatrně. S rostoucím napětím klesá šum, a roste hodnota SNR. Při nastavení napětí na 49,8 kV byla hodnota SNR 15,24. Po nastavení nejvyššího napětí 89,5 kV došlo k nárůstu hodnoty SNR na více než dvojnásobek (35,2). S rostoucím napětím je i pozitivně ovlivněna rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu. Při nastavení nejnižších kV bylo rozlišení 2,5 lp/mm a při nejvyšších kV 3,55 lp/mm. Naopak rozlišení při nízkém kontrastu zůstává stejné pro všechny hodnoty kV (2,20 %).

Statistické zhodnocení vlivu napětí na kvalitu rentgenového obrazu

Pro statistické hodnocení těchto souborů byl spočítán Pearsonův korelační koeficient.

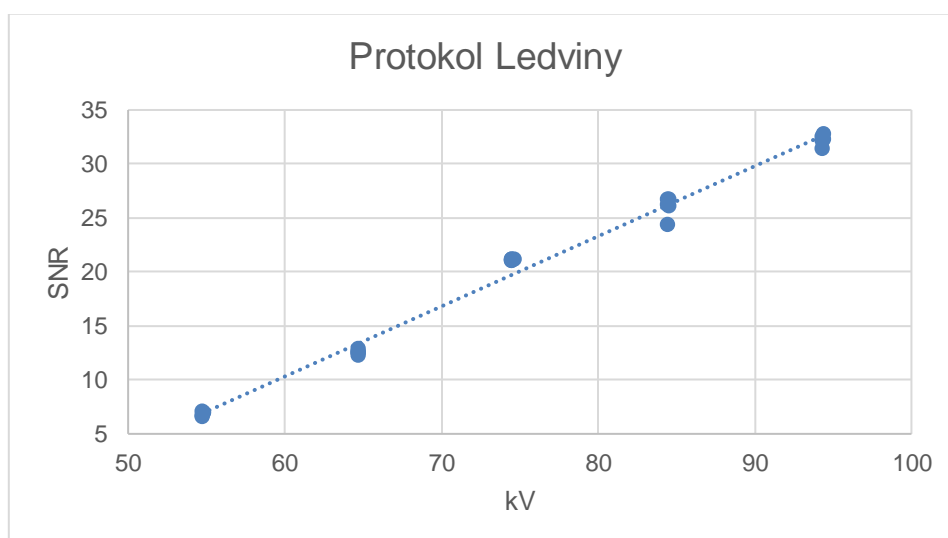
Tabulka 23: Korelace závislosti SNR na kV

| Correlations LEDVINY | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | kV ledviny | SNR ledviny |
| kV ledviny | Pearson Correlation | 1 | ,996** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR ledviny | Pearson Correlation | ,996** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že k poklesu hodnoty nedochází – korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Z grafu závislosti je patrné, že s rostoucími kV roste SNR. Závislost hodnot SNR na napětí vyjadřuje graf č.9.



Graf 9: Regresní přímka závislosti SNR na kV (zdroj vlastní)

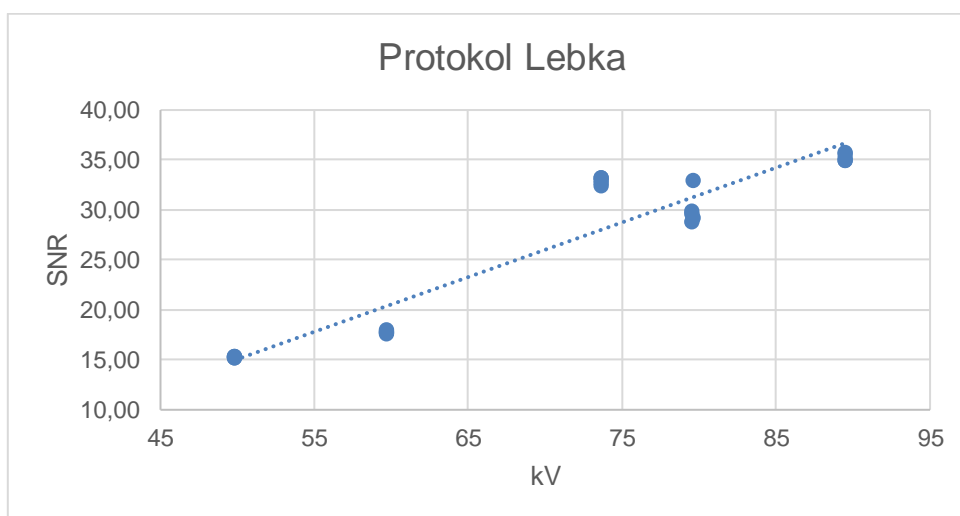
Tabulka 24: Korelace, Napětí, Lebka

| Correlations LEBKA | | | |
|---------------------------|---------------------|----------|-----------|
| | | kV lebka | SNR lebka |
| kV lebka | Pearson Correlation | 1 | ,944** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR lebka | Pearson Correlation | ,944** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že k poklesu hodnoty nedochází – korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Z grafu závislosti je patrné, že SNR naopak roste s rostoucími kV. Závislost SNR na napětí je graficky znázorněna v grafu č.10.



Graf 10: Regresní přímka závislosti SNR na kV (zdroj vlastní)

Na základě výsledků bylo možné zamítnout hypotézu **H₀₂** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se napětím dochází k poklesu hodnoty SNR*) a přijmout alternativní hypotézu **H_{0A}** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se napětím nedochází k poklesu hodnoty SNR*).

3.3.2 Hodnocení parametru PROUD

Protokol LEDVINY

Tabulka 25: ORTO, protokol Ledviny, parametr proud

| Sledovaný parametr PROUD | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|------|------|---------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|---------|----------------|-----------------|----------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas (m) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,5 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 |
| 2 | 74,6 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 |
| 4 | 74,5 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 |
| 5 | 74,5 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 |
| PRŮMĚR | 74,52 | 5,18 | | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,174 | | | 8749,476 | 414,332 | 21,1172 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,5 | 2 | 96 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 1,294 | -11,36 | 0,90% | 2,5 | 8860,91 | 847,28 | 10,46 |
| 2 | 74,5 | 2 | 94 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 1,269 | -11,47 | 0,90% | 2,5 | 8716,93 | 888,02 | 9,82 |
| 3 | 74,5 | 2 | 95 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 1,269 | -11,42 | 0,90% | 2,5 | 8918,18 | 865,65 | 10,30 |
| 4 | 74,5 | 2 | 97 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 1,302 | -11,36 | 0,90% | 2,5 | 8827,01 | 861,55 | 10,25 |
| 5 | 74,5 | 2 | 97 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 1,302 | -11,31 | 0,90% | 2,5 | 8870,78 | 809,28 | 10,96 |
| PRŮMĚR | 74,5 | 2 | 95,8 | 16 | | | | | | 1,2872 | -11,384 | | | 8838,762 | 854,356 | 10,3567 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,5 | 3 | 193 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,596 | -8,35 | 0,90% | 2,5 | 8745,11 | 593,52 | 14,73 |
| 2 | 74,5 | 3 | 192 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,579 | -8,35 | 0,90% | 2,5 | 8796,89 | 551,55 | 15,95 |
| 3 | 74,5 | 3 | 193 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,588 | -8,38 | 0,90% | 2,5 | 8784,06 | 549,65 | 15,98 |
| 4 | 74,5 | 3 | 191 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,571 | -8,44 | 0,90% | 2,5 | 8796,43 | 566,19 | 15,54 |
| 5 | 74,5 | 3 | 194 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 2,613 | -8,35 | 0,90% | 2,5 | 8787,57 | 556,90 | 15,78 |
| PRŮMĚR | 74,5 | 3 | 193 | 16 | | | | | | 2,5894 | -8,374 | | | 8782,012 | 563,562 | 15,5961 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,6 | 6 | 366 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,929 | -5,164 | 0,90% | 2,5 | 8761,34 | 393,00 | 22,29 |
| 2 | 74,6 | 6 | 371 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,996 | -5,58 | 0,90% | 2,5 | 8764,27 | 386,11 | 22,70 |
| 3 | 74,6 | 6 | 372 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,021 | -5,57 | 0,90% | 2,5 | 8767,4 | 358,35 | 24,46 |
| 4 | 74,6 | 6 | 371 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 5,004 | -5,58 | 0,90% | 2,5 | 8772,92 | 392,05 | 22,38 |
| 5 | 74,6 | 6 | 363 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,895 | -5,67 | 0,90% | 2,5 | 8718,32 | 426,85 | 20,42 |
| PRŮMĚR | 74,6 | 6 | 369 | 16 | | | | | | 4,969 | -5,5128 | | 2,5 | 8756,85 | 391,272 | 22,4503 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,6 | 7 | 459 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 6,192 | -4,75 | 0,90% | 2,5 | 8741,54 | 354,58 | 24,65 |
| 2 | 74,6 | 7 | 468 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 6,302 | -4,7 | 0,90% | 2,5 | 8748,20 | 348,54 | 25,10 |
| 3 | 74,6 | 7 | 467 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 6,311 | -4,69 | 0,90% | 2,5 | 8753,90 | 355,97 | 24,59 |
| 4 | 74,6 | 7 | 463 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 6,243 | -4,72 | 0,90% | 2,5 | 8765,21 | 350,16 | 25,03 |
| 5 | 74,7 | 7 | 465 | 16 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 6,294 | -4,7 | 0,90% | 2,5 | 8734,78 | 381,16 | 22,92 |
| PRŮMĚR | 74,62 | 7 | 464 | 16 | | | | | | 6,2684 | -4,712 | | | 8748,726 | 358,082 | 24,4586 |

(zdroj vlastní)

Čím je větší kvantita fotonů, tím je hodnota DAP vyšší. Hodnota signálu se mění nepatrně, ale šum klesá s rostoucím proudem. Díky tomu hodnota SNR s rostoucím proudem roste. Při nastavení 96 mA byla hodnota SNR 10,4. Tato hodnota rostla se zvyšujícím se proudem (460 mA) až na 24,45. Rozlišení při nízkém kontrastu se neměnilo a bylo při všech nastavených hodnotách proudu 0,90 %. U standardního nastavení bylo rozlišení při vysokém kontrastu 2,24 lp/mm a u ostatních nastavení 2,5 lp/mm.

Protokol LEBKA

Tabulka 26: ORTO, protokol Lebka, parametr proud

| Sledovaný parametr | PROUD | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|------|-------|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7553,59 | 228,96 | 32,99 |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7553,35 | 227,14 | 33,25 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 183,8 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | | 7550,14 | 229,492 | 32,9023 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 12 | 78 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,307 | -6,74 | 2,20% | 3,55 | 7605,83 | 287,21 | 26,48 |
| 2 | 73,5 | 12 | 77 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,298 | -6,74 | 2,20% | 3,55 | 7620,42 | 285,33 | 26,71 |
| 3 | 73,6 | 12 | 77 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,307 | -6,74 | 2,20% | 3,55 | 7668,50 | 276,60 | 27,72 |
| 4 | 73,6 | 12 | 77 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,307 | -6,74 | 2,20% | 3,55 | 7620,42 | 285,33 | 26,71 |
| 5 | 73,6 | 12 | 77 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,28 | -6,8 | 2,20% | 3,55 | 7611,26 | 282,67 | 26,93 |
| PRŮMĚR | 73,58 | 12 | 77,2 | 160 | | | | | | 3,2998 | -6,752 | | | 7625,29 | 283,428 | 26,9094 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 19 | 121 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,147 | -4,81 | 2,20% | 3,55 | 7559,73 | 268,73 | 28,13 |
| 2 | 73,6 | 19 | 119 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,067 | -4,9 | 2,20% | 3,55 | 7559,25 | 268,95 | 28,11 |
| 3 | 73,6 | 19 | 121 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,147 | -4,86 | 2,20% | 3,55 | 7574,10 | 266,63 | 28,41 |
| 4 | 73,6 | 19 | 121 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,147 | -4,81 | 2,20% | 3,55 | 7584,47 | 263,07 | 28,83 |
| 5 | 73,6 | 19 | 120 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,121 | -4,84 | 2,20% | 3,55 | 7586,10 | 267,74 | 28,33 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 19 | 120,4 | 160 | | | | | | 5,1258 | -4,844 | | | 7572,73 | 267,024 | 28,3618 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 31 | 192 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,161 | -2,79 | 2,20% | 3,55 | 7510,07 | 264,50 | 28,39 |
| 2 | 73,6 | 30 | 188 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,001 | -2,86 | 2,20% | 3,55 | 7509,23 | 251,40 | 29,87 |
| 3 | 73,6 | 31 | 192 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,188 | -2,76 | 2,20% | 3,55 | 7515,07 | 250,47 | 30,00 |
| 4 | 73,6 | 31 | 194 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,268 | -2,77 | 2,20% | 3,55 | 7509,38 | 255,71 | 29,37 |
| 5 | 73,6 | 31 | 193 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,241 | -2,74 | 2,20% | 3,55 | 7498,55 | 255,67 | 29,33 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 30,8 | 191,8 | 160 | | | | | | 8,1718 | -2,784 | | | 7508,46 | 255,55 | 29,3926 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,7 | 39 | 242 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,377 | -1,81 | 2,20% | 3,55 | 7465,66 | 228,34 | 32,70 |
| 2 | 73,6 | 38 | 239 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,214 | -1,86 | 2,20% | 3,55 | 7472,14 | 236,14 | 31,64 |
| 3 | 73,6 | 38 | 235 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,028 | -1,89 | 2,20% | 3,55 | 7476,35 | 233,14 | 32,07 |
| 4 | 73,7 | 39 | 242 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,35 | -1,8 | 2,20% | 3,55 | 7465,32 | 230,22 | 32,43 |
| 5 | 73,6 | 39 | 243 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,374 | -1,77 | 2,20% | 3,55 | 7469,98 | 240,65 | 31,04 |
| PRŮMĚR | 73,64 | 38,6 | 240,2 | 160 | | | | | | 10,2686 | -1,826 | | | 7469,89 | 233,698 | 31,9748 |

(zdroj vlastní)

Se zvyšujícím se proudem roste hodnota DAP a podexpoze snímku klesá. Hodnota signálu a šumu s rostoucím proudem nepatrně klesá. Nejvyšší hodnoty SNR dosahuje standardní expozice. Proud neovlivňuje rozlišení při vysokém ani při nízkém kontrastu. Rozlišení při nízkém kontrastu zůstává u všech hodnot proudu 2,20 %. Rozlišení při vysokém kontrastu je 3,55 lp/mm.

Statistické zhodnocení vlivu proudu na kvalitu rentgenového obrazu

Pro statistické hodnocení těchto souborů byl spočítán Pearsonův korelační koeficient.

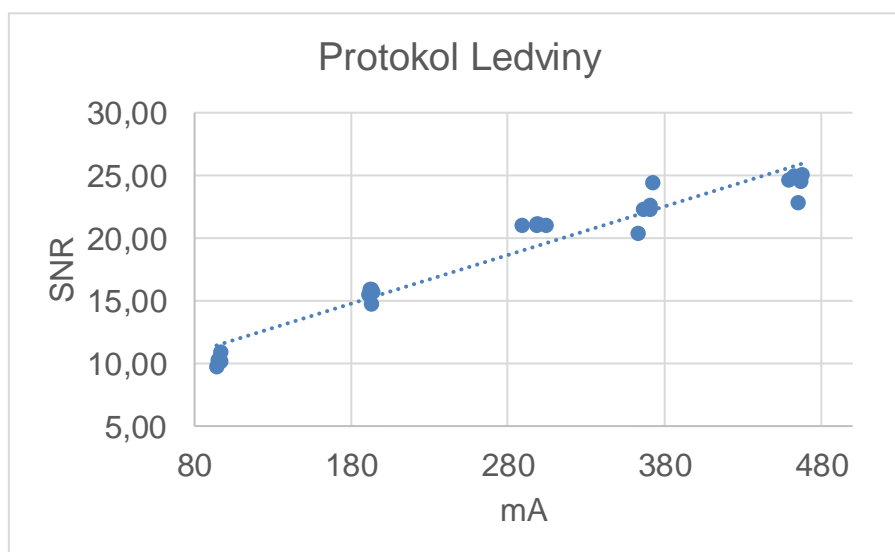
Tabulka 27: Korelace závislosti SNR na mA

| Correlations LEDVINY | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | mA ledviny | SNR ledviny |
| mA ledviny | Pearson Correlation | 1 | ,966** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR ledviny | Pearson Correlation | ,966** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$), což znamená, že s rostoucím proudem dochází k nárůstu hodnot SNR. Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Závislost SNR na proudu je graficky znázorněna grafem č.11.



Graf 11: Regresní přímka závislosti SNR na mA (zdroj vlastní)

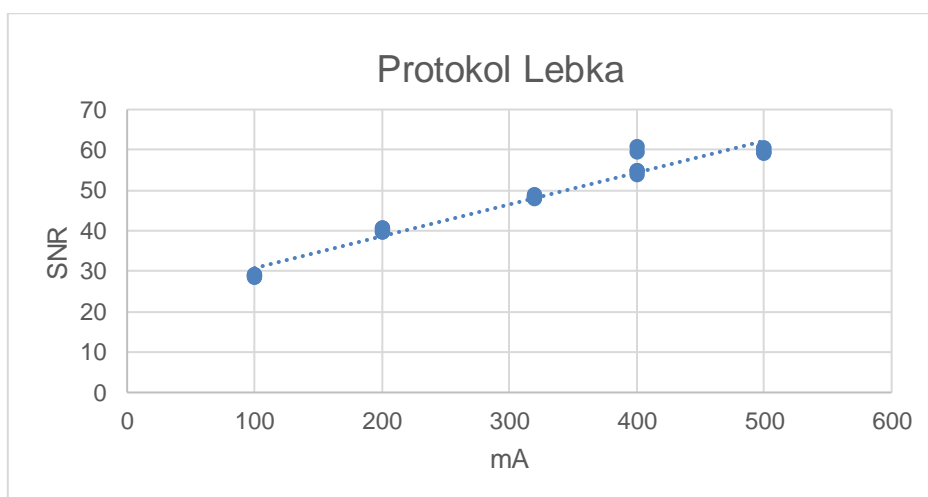
Tabulka 28: Korelace závislosti SNR na mA

| Correlations LEBKA | | | |
|---------------------------|---------------------|----------|-----------|
| | | mA lebka | SNR lebka |
| mA lebka | Pearson Correlation | 1 | ,980** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR lebka | Pearson Correlation | ,980** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$) tedy, že s rostoucím proudem dochází k nárůstu hodnot SNR. Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Závislost SNR na mA vyjadřuje graf č.12.



Graf 12: Regresní přímka závislosti SNR na mA (zdroj vlastní)

Na základě tohoto výsledku bylo možné potvrdit hypotézu **H₀₄** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se proudem se zvyšuje hodnota SNR*).

3.3.3 Hodnocený parametr EXPOZIČNÍ ČAS

Protokol LEDVINY

Tabulka 29: ORTO, protokol Ledviny, parametr expoziční čas

| Sledovaný parametr | OZIČNÍ ČAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------|------------|-----------|------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|------------------------|-------------|---------------------------|------------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas (ms) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,5 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 |
| 2 | 74,6 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 |
| 4 | 74,5 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 |
| 5 | 74,5 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 |
| PRŮMĚR | 74,52 | 5,18 | 298 | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,174 | | | 8749,476 | 414,332 | 21,1172 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,4 | 2,4 | 300 | 8 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,019 | -9,51 | 0,90% | 2,24 | 8723,56 | 680,81 | 12,81 |
| 2 | 74,4 | 2,4 | 300 | 8 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,011 | -9,51 | 0,90% | 2,24 | 8720,73 | 673,32 | 12,95 |
| 3 | 74,4 | 2,4 | 300 | 8 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 1,977 | -9,51 | 0,90% | 2,24 | 8719,79 | 698,35 | 12,49 |
| 4 | 74,4 | 2,4 | 300 | 8 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 1,994 | -9,51 | 0,90% | 2,24 | 8740,40 | 675,42 | 12,94 |
| 5 | 74,4 | 2,4 | 300 | 8 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,011 | -9,51 | 0,90% | 2,24 | 8730,53 | 675,36 | 12,93 |
| PRŮMĚR | 74,4 | 2,4 | 300 | 8 | | | | | | 2,0024 | -9,51 | | | 8727,002 | 680,652 | 12,8239 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,5 | 3,6 | 300 | 12 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,008 | -7,81 | 0,90% | 2,24 | 8690,65 | 541,43 | 16,05 |
| 2 | 74,4 | 3,6 | 300 | 12 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,025 | -7,81 | 0,90% | 2,24 | 8707,25 | 572,12 | 15,22 |
| 3 | 74,5 | 3,6 | 300 | 12 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,008 | -7,81 | 0,90% | 2,24 | 8709,30 | 546,73 | 15,93 |
| 4 | 74,5 | 3,5 | 292 | 12 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 2,907 | -7,81 | 0,90% | 2,24 | 8690,01 | 535,24 | 16,24 |
| 5 | 74,5 | 3,6 | 300 | 12 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 3,008 | -7,81 | 0,90% | 2,24 | 8697,01 | 539,74 | 16,11 |
| PRŮMĚR | 74,48 | 3,58 | 298 | 12 | | | | | | 2,9912 | -7,81 | | | 8698,844 | 547,052 | 15,9099 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | P (dGy*cm²) | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,7 | 12 | 300 | 40 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 10,053 | -2,5 | 0,90% | 2,8 | 8725,05 | 276,76 | 31,53 |
| 2 | 74,7 | 12 | 300 | 40 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 10,053 | -2,5 | 0,90% | 2,8 | 8729,27 | 273,73 | 31,89 |
| 3 | 74,7 | 12 | 300 | 40 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 10,053 | -2,5 | 0,90% | 2,8 | 8728,18 | 278,15 | 31,38 |
| 4 | 74,7 | 12 | 300 | 40 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 10,138 | -2,5 | 0,90% | 2,8 | 8714,02 | 272,59 | 31,97 |
| 5 | 74,7 | 12 | 300 | 40 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 10,138 | -2,5 | 0,90% | 2,8 | 8727,25 | 274,69 | 31,77 |
| PRŮMĚR | 74,7 | 12 | 300 | 40 | | | | | | 10,087 | -2,5 | | 2,8 | 8724,754 | 275,184 | 31,7068 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,7 | 24 | 300 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 19,937 | 0,5 | 0,90% | 2,8 | 8708,61 | 207,99 | 41,87 |
| 2 | 74,7 | 24 | 300 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 20,275 | 0,5 | 0,90% | 2,8 | 8703,71 | 205,64 | 42,32 |
| 3 | 74,7 | 24 | 300 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 20,191 | 0,5 | 0,90% | 2,8 | 8713,49 | 207,26 | 42,04 |
| 4 | 74,7 | 24 | 300 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 20,106 | 0,5 | 0,90% | 2,8 | 8706,19 | 203,41 | 42,80 |
| 5 | 74,7 | 24 | 300 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | velké | 20,106 | 0,5 | 0,90% | 2,8 | 8718,65 | 208,42 | 41,83 |
| PRŮMĚR | 74,7 | 24 | 300 | 80 | | | | | | 20,123 | 0,5 | | | 8710,13 | 206,544 | 42,174 |

(zdroj vlastní)

Můžeme pozorovat nárůst hodnoty DAP s delším expozičním časem. Signál se nemění, ale šum klesá s rostoucím expozičním časem, díky tomu roste i SNR. Nastavení nejmenšího expozičního času (8ms) způsobilo pokles hodnoty SNR na 12,82. Došlo k poklesu na 60 % z původní hodnoty SNR 21,12 při standardním nastavením (17ms). Naopak ke dvojnásobnému nárůstu hodnoty SNR došlo při prodloužení expozice ze 17 ms na 80 ms (42,17 místo 21,12). Vyšší expoziční čas pozitivně ovlivnil rozlišení při vysokém kontrastu, kdy při standardním nastavení

byla rozlišovací schopnost 2,24 lp/mm a při prodloužení expozičního času (40 ms a více) již byla rozlišovací schopnost 2,8 lp/mm. Navýšení rozlišení o 2 skupiny lp/mm je však na úkor více než dvojnásobné dávce. Naopak rozlišení při nízkém kontrastu ovlivněno nebylo a u všech nastavených hodnot bylo 0,90 %.

Protokol LEBKA

Tabulka 30: ORTO, protokol Lebka, parametr expoziční čas

| Sledovaný parametr | EXPOZIČNÍ ČAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|------|-----|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7553,59 | 228,96 | 32,99 |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7553,35 | 227,14 | 33,25 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 184 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | | 7550,14 | 229,492 | 32,9023 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 12 | 153 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,28 | -6,78 | 2,20% | 3,55 | 7604,27 | 277,27 | 27,43 |
| 2 | 73,6 | 12 | 150 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,2 | -6,87 | 2,20% | 3,55 | 7633,46 | 275,97 | 27,66 |
| 3 | 73,6 | 12 | 151 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,227 | -6,85 | 2,20% | 3,55 | 7646,43 | 278,53 | 27,45 |
| 4 | 73,6 | 12 | 153 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,28 | -6,78 | 2,20% | 3,55 | 7551,86 | 286,42 | 26,37 |
| 5 | 73,6 | 12 | 153 | 80 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 3,254 | -6,8 | 2,20% | 3,55 | 7602,28 | 285,16 | 26,66 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 12 | 152 | 80 | | | | | | 3,2482 | -6,816 | | | 7607,66 | 280,669 | 27,1131 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 19 | 153 | 125 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,121 | -4,84 | 2,20% | 3,55 | 7345,77 | 339,51 | 21,64 |
| 2 | 73,6 | 19 | 151 | 125 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,014 | -4,9 | 2,20% | 3,55 | 7347,51 | 342,64 | 21,44 |
| 3 | 73,6 | 19 | 150 | 125 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,014 | -4,95 | 2,20% | 3,55 | 7350,18 | 333,87 | 22,02 |
| 4 | 73,6 | 19 | 153 | 125 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,094 | -4,86 | 2,20% | 3,55 | 7343,91 | 343,48 | 21,38 |
| 5 | 73,6 | 19 | 154 | 125 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 5,121 | -4,83 | 2,20% | 3,55 | 7346,84 | 339,875 | 21,619 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 19 | 152 | 125 | | | | | | 5,0728 | -4,876 | | | 7346,84 | 339,875 | 21,619 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 31 | 152 | 200 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,134 | -2,86 | 2,20% | 3,55 | 7505,55 | 254,55 | 29,49 |
| 2 | 73,6 | 30 | 152 | 200 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,108 | -2,82 | 2,20% | 3,55 | 7424,22 | 260,08 | 28,55 |
| 3 | 73,6 | 30 | 150 | 200 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,001 | -2,89 | 2,20% | 3,55 | 7504,26 | 258,14 | 29,07 |
| 4 | 73,6 | 31 | 153 | 200 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,188 | -2,82 | 2,20% | 3,55 | 7478,01 | 257,59 | 29,034 |
| 5 | 73,6 | 31 | 153 | 200 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 8,161 | -2,84 | 2,20% | 3,55 | 7510,06 | 251,62 | 29,85 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 30,6 | 152 | 200 | | | | | | 8,1184 | -2,846 | | | 7484,42 | 256,396 | 29,1966 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 38 | 153 | 250 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,188 | -1,86 | 2,20% | 3,55 | 7472,24 | 238,61 | 31,32 |
| 2 | 73,6 | 38 | 154 | 250 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,241 | -1,86 | 2,20% | 3,55 | 7471,07 | 238,37 | 31,34 |
| 3 | 73,6 | 38 | 153 | 250 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,214 | -1,88 | 2,20% | 3,55 | 7471,66 | 238,49 | 31,329 |
| 4 | 73,6 | 38 | 153 | 250 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,214 | -1,89 | 2,20% | 3,55 | 7474,84 | 238,61 | 31,33 |
| 5 | 73,6 | 38 | 153 | 250 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 10,214 | -1,88 | 2,20% | 3,55 | 7470,71 | 232,64 | 32,11 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 38 | 153 | 250 | | | | | | 10,2142 | -1,874 | | | 7472,1 | 237,344 | 31,4853 |

(zdroj vlastní)

Je patrné, že s delším expozičním časem roste hodnota DAP. Při nastavení času 80 ms byla hodnota DI -6,8. Podexpoze snímku klesala s rostoucím časem na hodnotu DI -1,8 při nastavení expozičního času 250 ms. Signál, šum a SNR se mění nepravidelně. Fluktuační SNR do 20 % jsou v radiodiagnostice naprosto běžné. Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu zůstává u všech nastavených hodnot 2,20 %. Nemění se ani rozlišení při vysokém kontrastu 3,55 lp/mm.

Statistické zhodnocení vlivu expozičního času na kvalitu rentgenového obrazu

Pro statistické hodnocení těchto souborů byl spočítán Pearsonův korelační koeficient.

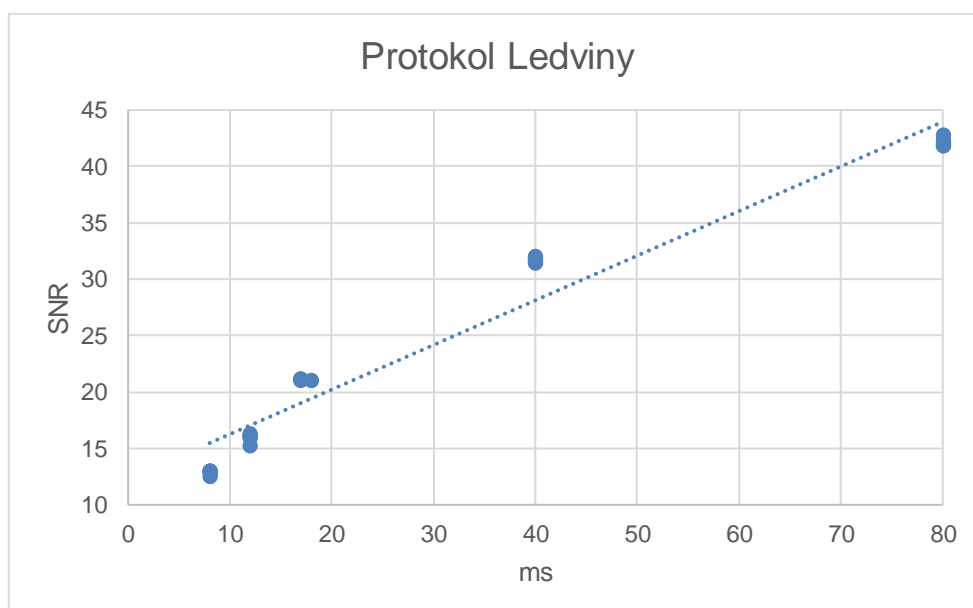
Tabulka 31: Korelace závislosti SNR na ms

| Correlations LEDVINY | | | |
|----------------------|---------------------|------------|-------------|
| | | ms ledviny | SNR ledviny |
| čas (ms) ledviny | Pearson Correlation | 1 | ,975** |
| | Sig. (2-tailed) | | <,001 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR ledviny | Pearson Correlation | ,975** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | <,001 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Korelační test potvrdil, že s prodlužujícím se expozičním časem roste hodnota SNR. Znázornění závislosti SNR na expozičním čase udává graf č.13.



Graf 13: Regresní přímka závislosti SNR na ms (zdroj vlastní)

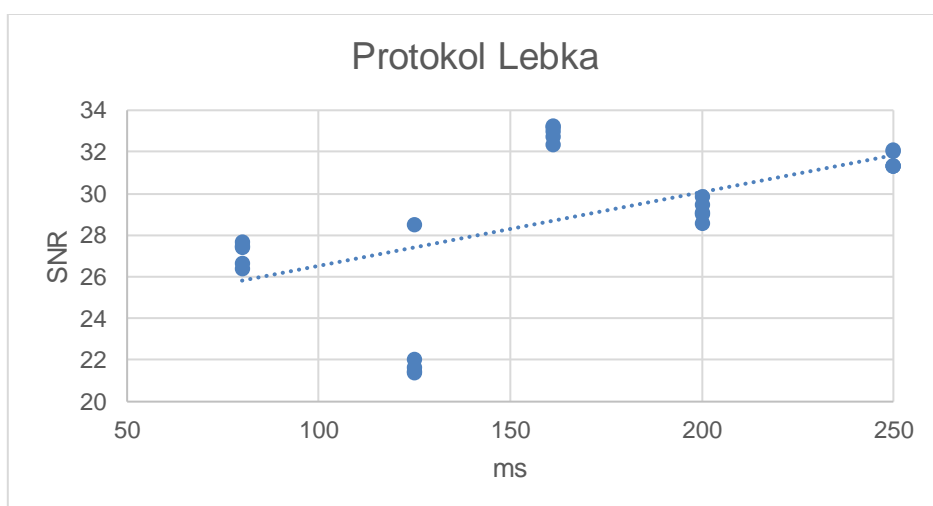
Tabulka 32: Korelace závislosti SNR na ms

| Correlations LEBKA | | | |
|---------------------------|---------------------|----------|-----------|
| | | ms lebka | SNR lebka |
| čas lebka | Pearson Correlation | 1 | ,558** |
| | Sig. (2-tailed) | | ,004 |
| | N | 25 | 25 |
| SNR lebka | Pearson Correlation | ,558** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,004 | |
| | N | 25 | 25 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(zdroj vlastní)

Korelační test ukázal, že korelace jsou kladné ($p < 0,001$). Vzhledem k hodnotě korelace můžeme sílu korelačního koeficientu interpretovat jako velmi slabou. Korelační test potvrdil, že s prodlužujícím se expozičním časem roste hodnota SNR. Znázornění závislosti hodnoty SNR na expozičním čase je patrné v grafu č. 14.



Graf 14: Regresní přímka závislosti SNR na ms (zdroj vlastní)

Na základě tohoto výsledku bylo možné potvrdit hypotézu **H₀₆** (*U přístroje Samsung Electronics GC85A, rok výroby 2017 platí, že se zvyšujícím se expozičním časem se zvyšuje hodnota SNR*).

3.3.4 Hodnocený parametr PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA

Protokol LEDVINY

Tabulka 33: ORTO, protokol Ledviny, parametr protirozptylová mřížka

| Sledovaný parametr | PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|------|-----|----------|------------------------------|-----------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas (ms) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,5 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 | |
| 2 | 74,6 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 | |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 | |
| 4 | 74,5 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 | |
| 5 | 74,5 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 | |
| PRŮMĚR | 74,5 | 5,18 | 298 | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,174 | | | 8749,48 | 414,332 | 21,1172 | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,5 | 5 | 296 | 16 | ne | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 3,974 | -1,04 | 0,90% | 2 | 8442,67 | 239,44 | 35,26 | |
| 2 | 74,5 | 5 | 295 | 16 | ne | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 3,966 | -1,06 | 0,90% | 2 | 8449,82 | 238,65 | 35,41 | |
| 3 | 74,5 | 5 | 287 | 16 | ne | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 3,848 | -1,17 | 0,90% | 2 | 8438,66 | 243,50 | 34,66 | |
| 4 | 74,5 | 5 | 299 | 16 | ne | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,036 | -0,99 | 0,90% | 2 | 8446,48 | 231,03 | 36,56 | |
| 5 | 74,6 | 5 | 294 | 16 | ne | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 3,968 | -1,04 | 0,90% | 2 | 8435,82 | 235,15 | 35,87 | |
| PRŮMĚR | 74,5 | 5,18 | 294 | 16 | | | | | | 3,9584 | -1,06 | | | 8442,69 | 237,554 | 35,5514 | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nízký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,6 | 5 | 297 | 16 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,002 | -6,59 | 0,90% | 1,8 | 8794,46 | 420,82 | 20,90 | |
| 2 | 74,5 | 5 | 289 | 16 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 3,882 | -6,7 | 0,90% | 1,8 | 8784,54 | 427,51 | 20,55 | |
| 3 | 74,5 | 5 | 299 | 16 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,024 | -6,56 | 0,90% | 1,8 | 8771,87 | 418,05 | 20,98 | |
| 4 | 74,6 | 5 | 299 | 16 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,036 | -6,56 | 0,90% | 1,8 | 8768,17 | 417,30 | 21,01 | |
| 5 | 74,6 | 5 | 301 | 16 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 43,2°35,6 | žádná | 110 | velké | 4,052 | -6,54 | 0,90% | 1,8 | 8811,87 | 410,13 | 21,49 | |
| PRŮMĚR | 74,6 | 5 | 297 | 16 | | | | | | 3,9992 | -6,59 | | | 8786,18 | 418,762 | 20,9853 | |

(zdroj vlastní)

Použití mřížky nemá vliv na hodnotu DAP. U snímků bez použití mřížky klesla podexpozice na -1,06 oproti standardnímu nastavení, kdy hodnota DI činila -6,17. Ke změnám došlo i v oblasti signálu a šumu. U standardních snímků byla hodnota signálu větší než u snímku bez mřížky, totéž platilo i o šumu. Z toho plyne, že při standardním nastavení byla hodnota SNR nižší (21,11) než u snímků bez mřížky (35,55). K horší rozlišovací schopnosti došlo u rozlišení při vysokém kontrastu v případě nepoužití mřížky o 1 skupinu lp/mm a v případě použití nevhodné mřížky dokonce o 2 skupiny lp/mm. Rozlišení při nízkém kontrastu zůstalo konstantní (0,90 %).

Protokol LEBKA

Tabulka 34: ORTO, protokol Lebka, parametr protirozptylová mřížka

| Sledovaný parametr | PROTIROZPTYLOVÁ MŘÍŽKA | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|------|-------|-----|------------------------------|-----------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,92 | 230,45 | 32,7555 |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7553,35 | 227,14 | 33,25 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 183,8 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | | 7549,01 | 229,79 | 32,8553 |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 153 | 160 | ne | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,534 | 1,96 | 2,20% | 3,55 | 7810,41 | 168,69 | 46,30 |
| 2 | 73,6 | 30 | 153 | 160 | ne | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,534 | 1,95 | 2,20% | 3,55 | 7808,56 | 168,45 | 46,36 |
| 3 | 73,6 | 30 | 150 | 160 | ne | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,374 | 1,86 | 2,20% | 3,55 | 7810,10 | 166,82 | 46,82 |
| 4 | 73,6 | 30 | 153 | 160 | ne | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,534 | 1,95 | 2,20% | 3,55 | 7809,69 | 167,99 | 46,4911 |
| 5 | 73,6 | 30 | 153 | 160 | ne | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,534 | 1,96 | 2,20% | 3,55 | 7809,63 | 167,71 | 46,57 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 30 | 152,4 | 160 | | | | | | 6,502 | 1,936 | | | 7809,68 | 167,93 | 46,5061 |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 153 | 160 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,507 | -3,75 | 2,20% | 3,55 | 7546,65 | 229,89 | 32,83 |
| 2 | 73,6 | 30 | 154 | 160 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,561 | -3,73 | 2,20% | 3,55 | 7532,29 | 235,22 | 32,02 |
| 3 | 73,6 | 30 | 152 | 160 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,481 | -3,76 | 2,20% | 3,55 | 7533,66 | 233,56 | 32,26 |
| 4 | 73,6 | 30 | 152 | 160 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,481 | -3,75 | 2,20% | 3,55 | 7536,70 | 230,60 | 32,68 |
| 5 | 73,6 | 30 | 154 | 160 | mřížka pro vzdálenost 180 cm | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 6,561 | -3,74 | 2,20% | 3,55 | 7532,16 | 234,24 | 32,16 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 30 | 153 | 160 | | | | | | 6,5182 | -3,746 | | | 7536,29 | 232,702 | 32,3888 |

(zdroj vlastní)

Snímky s použitím vhodné a nevhodné mřížky jsou ve srovnání se snímky bez použití mřížky mírně podexponované. Hodnota signálu zůstává stejná, avšak při odstranění mřížky dochází k poklesu šumu a tím k nárůstu hodnoty SNR. U snímků bez mřížky se hodnota SNR pohybuje kolem hodnoty 48,59. U snímků s použitím standardní mřížky se hodnota SNR pohybuje okolo 32,90. Rozlišovací schopnost při nízkém a vysokém kontrastu se nemění. Rozlišení nízkého kontrastu zůstává 2,20 % a 3,55 lp/mm u vysokého kontrastu.

3.3.5 Hodnocený parametr FILTRACE

Protokol LEDVINY

Tabulka 35: ORTO, protokol Ledviny, parametr filtrace

| Sledovaný parametr | FILTRACE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------|-------|----------|--------|-----------|-----------|------------|---------|--------|---------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas (ms) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,5 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 | |
| 2 | 74,6 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 | |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 | |
| 4 | 74,5 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 | |
| 5 | 74,5 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 | |
| PRŮMĚR | 74,52 | 5,18 | 297,6 | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,174 | | | 8749,48 | 414,332 | 21,1172 | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,5 | 5,2 | 289 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,067 | -8,58 | 0,90% | 1,8 | 8713,76 | 559,40 | 15,58 | |
| 2 | 74,6 | 5,2 | 297 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,1 | -8,644 | 0,90% | 1,8 | 8517,02 | 588,22 | 14,48 | |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 288 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,06 | -8,58 | 0,90% | 1,8 | 8534,07 | 576,89 | 14,79 | |
| 4 | 74,6 | 5,2 | 299 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,106 | -8,38 | 0,90% | 1,8 | 8545,89 | 591,29 | 14,45 | |
| 5 | 74,6 | 5,2 | 298 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,2mm Cu | 110 | velké | 1,102 | -8,41 | 0,90% | 1,8 | 8507,54 | 565,00 | 15,06 | |
| PRŮMĚR | 74,56 | 5,2 | 294,2 | 16 | | | | | | 1,087 | -8,5188 | | | 8563,66 | 576,16 | 14,872 | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,6 | 5,2 | 299 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,818 | -9,09 | 0,90% | 1,6 | 8560,30 | 624,88 | 13,70 | |
| 2 | 74,5 | 5,2 | 301 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,821 | -9,01 | 0,90% | 1,6 | 8498,32 | 618,37 | 13,74 | |
| 3 | 74,5 | 5,2 | 290 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,792 | -9,19 | 0,90% | 1,6 | 8538,20 | 644,15 | 13,25 | |
| 4 | 74,6 | 5,2 | 299 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,818 | -9,09 | 0,90% | 1,6 | 8515,01 | 628,02 | 13,56 | |
| 5 | 74,6 | 5,2 | 295 | 16 | ano | 43,2*35,6 | 0,3 mm Cu | 110 | velké | 0,809 | -9,12 | 0,90% | 1,6 | 8512,05 | 638,88 | 13,32 | |
| PRŮMĚR | 74,56 | 5,2 | 296,8 | 16 | | | | | | 0,8116 | -9,1 | | | 8524,78 | 630,86 | 13,5158 | |

(zdroj vlastní)

Použití filtrace způsobuje kvalitativní i kvantitativní změnu spektra. S větší filtrací tedy klesá hodnota DAP. Naopak lehce stoupá množství šumu, zatímco nepatrně klesá signál. Tím pádem dochází k poklesu hodnot SNR. U nefiltrovaných snímků se SNR pohybuje okolo 21,11 zatímco u snímků s filtrací 0,3 mm Cu dochází k poklesu na 13,51. K horší rozlišovací schopnosti došlo u rozlišení při vysokém kontrastu, kdy nefiltrované snímky měli rozlišovací schopnost 2,24 lp/mm a se zvětšující se filtrací došlo ke zhoršení na 1,6 lp/mm. Standardní nastavení bez filtrace tedy umožňuje nejlepší prostorové rozlišení. Naopak filtrace neovlivnila rozlišení při nízkém kontrastu, které bylo vždy 0,90 %.

Protokol LEBKA

Tabulka 36: ORTO, protokol Lebka, parametr filtrace

| Sledovaný parametr | FILTRACE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------|-------|-----|--------|-----------|-----------|------------|---------|--------|---------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|--|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 | | |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 | | |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 | | |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,92 | 230,45 | 32,7555 | | |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7553,35 | 227,14 | 33,25 | | |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 183,8 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | | 7549,01 | 229,79 | 32,8553 | | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 73,6 | 24 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | malé | 1,997 | -5,041 | 2,20% | 3,55 | 7426,87 | 334,87 | 22,18 | | |
| 2 | 73,6 | 24 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | malé | 2,005 | -5,4 | 2,20% | 3,55 | 7428,15 | 341,53 | 21,75 | | |
| 3 | 73,6 | 24 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | malé | 2,005 | -5,44 | 2,20% | 3,55 | 7428,15 | 341,53 | 21,75 | | |
| 4 | 73,6 | 24 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | malé | 2,013 | -5,4 | 2,20% | 3,55 | 7427,72 | 339,31 | 21,8925 | | |
| 5 | 73,6 | 24 | 151 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,2mm Cu | 110 | malé | 1,973 | -5,45 | 2,20% | 3,55 | 7483,36 | 341,09 | 21,94 | | |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24 | 152,8 | 160 | | | | | | 1,9986 | -5,3462 | | | 7438,85 | 339,67 | 21,9019 | | |
| nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | | |
| 1 | 73,6 | 24 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | malé | 1,488 | -6,05 | 2,20% | 3,55 | 7459,53 | 336,08 | 22,20 | | |
| 2 | 73,6 | 24 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | malé | 1,482 | -6,05 | 2,20% | 3,55 | 7454,31 | 337,32 | 22,10 | | |
| 3 | 73,6 | 24 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | malé | 1,476 | -6,05 | 2,20% | 3,55 | 7457,58 | 351,82 | 21,20 | | |
| 4 | 73,6 | 24 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | malé | 1,47 | -6,06 | 2,20% | 3,55 | 7457,52 | 346,55 | 21,52 | | |
| 5 | 73,6 | 24 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | 0,3 mm Cu | 110 | malé | 1,482 | -6,05 | 2,20% | 3,55 | 7463,96 | 341,51 | 21,86 | | |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24 | 153,6 | 160 | | | | | | 1,4796 | -6,052 | | | 7458,58 | 342,66 | 21,7733 | | |

(zdroj vlastní)

Protože použití filtrace má za následek kvalitativní i kvantitativní změny spektra, tak s větší filtrací klesá DAP a podexpoze ještě roste k záporným hodnotám. S filtrací 0,3 mm Cu je hodnota DI -6,05 oproti nefiltrovanému svazku, kde je hodnota DI -2,96. Při použití filtrace roste šum, tím pádem klesá hodnota SNR. U nefiltrovaného snímku se hodnota SNR pohybuje kolem 32,9 zatímco při použití filtrace dochází k poklesu na 21,8. Filtrace neovlivňuje pro tento protokol rozlišení při nízkém (2,20 %) ani vysokém kontrastu (3,55 lp/mm).

3.3.6 Hodnocený parametr GEOMETRIE

Protokol LEDVINY

Tabulka 37: ORTO, protokol Ledviny, parametr geometrie

| Sledovaný parametr | GEOMETRIE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|-------|----------|--------|-------------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|--|
| Standardní nastavení | Kv | mAs | mA | čas (ms) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 75,4 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 | |
| 2 | 75,4 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 | |
| 3 | 75,4 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 | |
| 4 | 75,4 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 | |
| 5 | 75,4 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 | |
| PRŮMĚR | 75,4 | 5,18 | 297,6 | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,174 | | | 8749,48 | 414,332 | 21,1172 | |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,6 | 4,784 | 299 | 16 | ano | 36,2 . 35 | žádná | 80 | velké | 5,632 | -4,34 | 0,90% | 2,24 | 8372,16 | 360,74 | 23,21 | |
| 2 | 74,5 | 4,752 | 297 | 16 | ano | 36,2 . 35 | žádná | 80 | velké | 5,581 | -4,35 | 0,90% | 2,24 | 8364,71 | 361,53 | 23,14 | |
| 3 | 74,5 | 4,784 | 299 | 16 | ano | 36,2 . 35 | žádná | 80 | velké | 5,605 | -4,32 | 0,90% | 2,24 | 8369,48 | 353,78 | 23,66 | |
| 4 | 74,5 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 36,2 . 35 | žádná | 80 | velké | 5,617 | -4,31 | 0,90% | 2,24 | 8373,13 | 364,24 | 22,99 | |
| 5 | 74,6 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 36,2 . 35 | žádná | 80 | velké | 5,644 | -4,32 | 0,90% | 2,24 | 8379,30 | 359,36 | 23,32 | |
| PRŮMĚR | 74,54 | 4,784 | 299 | 16 | | | | | | 5,6158 | -4,328 | | | 8371,76 | 359,93 | 23,2616 | |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,6 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 42,8 . 35,6 | žádná | 95 | velké | 4,732 | -5,45 | 0,90% | 2,24 | 8470,22 | 395,14 | 21,44 | |
| 2 | 74,5 | 4,672 | 292 | 16 | ano | 42,8 . 35,6 | žádná | 95 | velké | 4,591 | -5,58 | 0,90% | 2,24 | 8474,11 | 399,01 | 21,24 | |
| 3 | 74,6 | 4,704 | 294 | 16 | ano | 42,8 . 35,6 | žádná | 95 | velké | 4,633 | -5,57 | 0,90% | 2,24 | 8472,52 | 392,65 | 21,58 | |
| 4 | 74,6 | 4,704 | 294 | 16 | ano | 42,8 . 35,6 | žádná | 95 | velké | 4,633 | -5,57 | 0,90% | 2,24 | 8462,23 | 395,36 | 21,40 | |
| 5 | 74,6 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 42,8 . 35,6 | žádná | 95 | velké | 4,722 | -5,48 | 0,90% | 2,24 | 8465,61 | 389,60 | 21,73 | |
| PRŮMĚR | 74,58 | 4,736 | 296 | 16 | | | | | | 4,6622 | -5,53 | | | 8468,94 | 394,352 | 21,4769 | |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,6 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 43 . 35,6 | žádná | 120 | velké | 3,044 | -7,36 | 0,90% | 2,24 | 8594,89 | 490,04 | 17,54 | |
| 2 | 74,6 | 4,816 | 301 | 16 | ano | 43 . 35,6 | žádná | 120 | velké | 3,05 | -7,34 | 0,90% | 2,24 | 8582,95 | 486,72 | 17,63 | |
| 3 | 74,6 | 4,72 | 295 | 16 | ano | 43 . 35,6 | žádná | 120 | velké | 3 | -7,43 | 0,90% | 2,24 | 8572,01 | 491,35 | 17,45 | |
| 4 | 74,5 | 4,784 | 299 | 16 | ano | 43 . 35,6 | žádná | 120 | velké | 3,029 | -7,34 | 0,90% | 2,24 | 8584,39 | 428,25 | 20,05 | |
| 5 | 74,5 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 43 . 35,6 | žádná | 120 | velké | 3,036 | -7,34 | 0,90% | 2,24 | 8593,90 | 485,63 | 17,70 | |
| PRŮMĚR | 74,56 | 4,784 | 299 | 16 | | | | | | 3,0318 | -7,362 | | | 8585,63 | 476,398 | 18,0722 | |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR | |
| 1 | 74,5 | 4,736 | 296 | 16 | ano | 43,2 . 29 | žádná | 143 | velké | 2,072 | -8,96 | 0,90% | 2 | 8530,80 | 645,36 | 13,22 | |
| 2 | 74,5 | 4,768 | 298 | 16 | ano | 43,2 . 29 | žádná | 143 | velké | 2,089 | -8,93 | 0,90% | 2 | 8530,16 | 643,83 | 13,25 | |
| 3 | 74,5 | 6,384 | 399 | 16 | ano | 43,2 . 29 | žádná | 143 | velké | 2,11 | -8,9 | 0,90% | 2 | 8657,24 | 581,44 | 14,89 | |
| 4 | 74,6 | 4,64 | 290 | 16 | ano | 43,2 . 29 | žádná | 143 | velké | 2,054 | -9,03 | 0,90% | 2 | 8632,67 | 601,16 | 14,36 | |
| 5 | 74,6 | 4,8 | 300 | 16 | ano | 43,2 . 29 | žádná | 143 | velké | 2,115 | -8,9 | 0,90% | 2 | 8646,00 | 583,58 | 14,82 | |
| PRŮMĚR | 74,54 | 5,066 | 316,6 | 16 | | | | | | 2,088 | -8,944 | | | 8599,37 | 611,074 | 14,1065 | |

(zdroj vlastní)

S větší vzdáleností rentgenky od detektoru dochází k poklesu hodnot DAP. Geometrie neovlivňuje rozlišení při nízkém kontrastu, které je pro všechna nastavení 0,90 %. Ke zhoršení rozlišení při vysokém kontrastu dochází až s největší vzdáleností (142 cm), kde je rozlišovací schopnost zhoršena o 1 skupinu lp/mm oproti standardnímu nastavení. Hodnota signálu se s větší vzdáleností nemění, šum roste. Díky tomu klesá SNR. U nastavení nejmenší vzdálenosti (80 cm) byly hodnoty SNR 23,26. Oproti tomu u největší vzdálenosti (143 cm) došlo k poklesu SNR na 13,22.

Protokol LEBKA

Tabulka 38: ORTO, protokol Ledviny, parametr geometrie

| Sledovaný parametr | GEOMETRIE | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|-------|-----|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|---------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7553,59 | 228,96 | 32,99 |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7553,35 | 227,14 | 33,25 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 183,8 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | | 7550,14 | 229,492 | 32,9023 |
| nastavení -- | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | malé | 12,303 | -1,41 | 2,20% | 3,55 | 6687,27 | 307,17 | 21,77 |
| 2 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | malé | 12,404 | -1,37 | 2,20% | 3,55 | 6679,53 | 304,81 | 21,91 |
| 3 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | malé | 12,454 | -1,36 | 2,20% | 3,55 | 6673,55 | 304,81 | 21,89 |
| 4 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | malé | 12,353 | -1,39 | 2,20% | 3,55 | 6680,44 | 307,51 | 21,72 |
| 5 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 80 | malé | 12,404 | -1,38 | 2,20% | 3,55 | 6681,03 | 305,82 | 21,85 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24,58 | 153,6 | 160 | | | | | | 12,384 | -1,382 | | | 6680,36 | 306,024 | 21,8298 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | malé | 8,948 | -2,54 | 2,20% | 3,55 | 7191,72 | 244,24 | 29,45 |
| 2 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | malé | 8,948 | -2,56 | 2,20% | 3,55 | 7195,09 | 244,70 | 29,40 |
| 3 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | malé | 8,984 | -2,956 | 2,20% | 3,55 | 7194,54 | 246,59 | 29,18 |
| 4 | 73,6 | 24 | 150 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | malé | 8,765 | -2,64 | 2,20% | 3,55 | 7202,38 | 243,31 | 29,60 |
| 5 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 95 | malé | 8,984 | -2,56 | 2,20% | 3,55 | 7187,50 | 243,41 | 29,53 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24,45 | 152,8 | 160 | | | | | | 8,9258 | -2,6512 | | | 7194,25 | 244,45 | 29,431 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 23,84 | 149 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | malé | 5,334 | -4,58 | 2,20% | 3,55 | 7464,72 | 262,91 | 28,39 |
| 2 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | malé | 5,4 | -4,46 | 2,20% | 3,55 | 7636,14 | 257,39 | 29,67 |
| 3 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | malé | 5,535 | -4,44 | 2,20% | 3,55 | 7663,60 | 264,25 | 29,00 |
| 4 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | malé | 5,468 | -4,47 | 2,20% | 3,55 | 7697,66 | 264,25 | 29,13 |
| 5 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 120 | malé | 5,49 | -4,47 | 2,20% | 3,55 | 7652,49 | 262,15 | 29,19 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24,38 | 152,4 | 160 | | | | | | 5,4454 | -4,484 | | | 7622,92 | 262,19 | 29,0766 |
| nastavení ++ | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | malé | 3,921 | -5,85 | 2,20% | 3,55 | 7896,51 | 310,32 | 25,45 |
| 2 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | malé | 3,921 | -5,85 | 2,20% | 3,55 | 7881,39 | 309,86 | 25,44 |
| 3 | 73,6 | 24,32 | 152 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | malé | 3,889 | -5,89 | 2,20% | 3,55 | 7898,48 | 302,50 | 26,11 |
| 4 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | malé | 3,905 | -5,86 | 2,20% | 3,55 | 7880,03 | 304,22 | 25,90 |
| 5 | 73,6 | 24,16 | 151 | 160 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 142 | malé | 3,857 | -5,91 | 2,20% | 3,55 | 7900,78 | 310,67 | 25,43 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24,38 | 152,4 | 160 | | | | | | 3,8986 | -5,872 | | | 7891,44 | 307,514 | 25,6652 |

(zdroj vlastní)

Se zvyšující se vzdáleností rentgenky od detektoru hodnota DAP klesá a podexpozice snímku roste (z DI -1,38 při standardním nastavení na DI -5,87 při nastavení vzdálenosti 142 cm). Vzdálenost nemá vliv na rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu. Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu zůstala u všech vzdáleností 2,20 %. Rozlišení vysokého kontrastu je 3,55 lp/mm. S větší vzdáleností roste signál obrazu. S rostoucí vzdáleností nejprve dochází k poklesu šumu, avšak při vzdálenosti 120 cm a 142 cm, dojde opět k růstu. SNR se mění nepravidelně.

Uvedená velikost kolimace, neodpovídá reálnému poli na detektoru, neboť ta se na tomto přístroji měnila společně se vzdáleností. Naměřená data mohla být také zkreslena aplikačním rozsahem mřížky, který byl 110 cm, zatímco snímky byly prováděny i z jiných vzdáleností.

3.3.7 Hodnocený parametr KOLIMACE

Protokol LEDVINY

Tabulka 39: ORTO, protokol Ledviny, parametr kolimace

| Sledovaný parametr | KOLIMACE | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-------|-------|----------|--------|-----------|----------|------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------|----------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | Kv | mAs | mA | čas (ms) | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,4 | 5,2 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,327 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8750,77 | 413,33 | 21,17 |
| 2 | 75,4 | 5,1 | 298 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,322 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8754,73 | 415,00 | 21,10 |
| 3 | 75,4 | 5,2 | 304 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,335 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8757,61 | 415,70 | 21,07 |
| 4 | 75,4 | 5,2 | 299 | 17 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,369 | -6,15 | 0,90% | 2,24 | 8739,59 | 412,73 | 21,18 |
| 5 | 75,4 | 5,2 | 289 | 18 | ano | 43,2*35,6 | žádná | 110 | velké | 4,344 | -6,18 | 0,90% | 2,24 | 8744,68 | 414,90 | 21,08 |
| PRŮMĚR | 75,4 | 5,18 | 297,6 | 17,2 | | | | | | 4,3394 | -6,174 | | | 8749,476 | 414,332 | 21,1172 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 75,4 | 4,816 | 301 | 16 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 2,9 | -6,99 | 0,90% | 2,24 | 8262,22 | 484,32 | 17,06 |
| 2 | 75,6 | 4,816 | 301 | 16 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 2,9 | -6,99 | 0,90% | 2,24 | 8263,58 | 482,15 | 17,14 |
| 3 | 74,6 | 4,768 | 298 | 16 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 2,876 | -7,03 | 0,90% | 2,24 | 8263,21 | 478,17 | 17,28 |
| 4 | 74,6 | 4,688 | 293 | 16 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 2,835 | -7,11 | 0,90% | 2,24 | 8269,29 | 481,33 | 17,18 |
| 5 | 74,6 | 4,768 | 298 | 16 | ano | 43,2*29 | žádná | 110 | velké | 2,878 | -7,03 | 0,90% | 2,24 | 8256,03 | 470,21 | 17,56 |
| PRŮMĚR | 74,96 | 4,771 | 298,2 | 16 | | | | | | 2,8778 | -7,03 | | 2,24 | 8262,866 | 479,236 | 17,2435 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 74,5 | 4,784 | 299 | 16 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 1,497 | -7,49 | 0,90% | 2,24 | 8413,67 | 511,34 | 16,45 |
| 2 | 74,5 | 4,784 | 299 | 16 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 1,497 | -7,52 | 0,90% | 2,24 | 8438,55 | 519,15 | 16,25 |
| 3 | 74,5 | 4,656 | 291 | 16 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 1,454 | -7,63 | 0,90% | 2,24 | 8419,13 | 531,83 | 15,83 |
| 4 | 74,5 | 4,72 | 295 | 16 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 1,476 | -7,56 | 0,90% | 2,24 | 8456,32 | 522,97 | 16,17 |
| 5 | 74,6 | 4,784 | 299 | 16 | ano | 22,4*29 | žádná | 110 | velké | 1,498 | -7,49 | 0,90% | 2,24 | 8405,06 | 520,98 | 16,13 |
| PRŮMĚR | 74,52 | 4,746 | 296,6 | 16 | | | | | | 1,4844 | -7,538 | | 2,24 | 8426,546 | 521,254 | 16,1684 |

(zdroj vlastní)

DAP klesá s menším ozařovaným polem. U snímků s největší velikostí pole byla hodnota DAP 4,33. U snímků s největší kolimací došlo k poklesu hodnoty DAP na 1,48. Kolimace neměla vliv na rozlišení při nízkém (0,90 %) ani vysokém kontrastu (2,24 lp/mm). Kontrast nebyl pravděpodobně ovlivněn vzhledem k tomu, že se hodnocené oblasti nacházely v centrální části snímku, a proto nedošlo k zásadnímu ovlivnění množství rozptýleného záření v těchto místech ani s užitím významně menší kolimace. Dále platilo, že čím větší pole, tím méně šumu a větší hodnota SNR. U nejmenšího pole byla hodnota SNR 16,16 a u největšího 21,11. Správně by tomu ale mělo být naopak, s větším polem, více rozptýleného záření, tedy i horší kvalita snímku. S největší pravděpodobností byla kvalita snímku ovlivněna následným postprocessingem.

Protokol LEBKA

Tabulka 40: ORTO, protokol Lebka, parametr kolimace

| Sledovaný parametr | KOLIMACE | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-------|-------|-----|--------|-------------|----------|------------|---------|---------|--------|----------------|-----------------|---------|--------------------|---------|
| Standardní nastavení | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 30 | 184 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,868 | -2,99 | 2,20% | 3,55 | 7552,49 | 227,72 | 33,17 |
| 2 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,95 | 2,20% | 3,55 | 7544,17 | 233,02 | 32,38 |
| 3 | 73,6 | 30 | 186 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7547,10 | 230,62 | 32,73 |
| 4 | 73,6 | 29 | 180 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,841 | -2,97 | 2,20% | 3,55 | 7553,59 | 228,96 | 32,99 |
| 5 | 73,6 | 30 | 183 | 161 | ano | 21,2*26,8 | žádná | 110 | malé | 7,894 | -2,96 | 2,20% | 3,55 | 7549,34 | 230,08 | 32,8144 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 29,8 | 183,8 | 161 | | | | | | 7,8782 | -2,968 | | | 7549,34 | 230,08 | 32,8144 |
| nastavení - | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 18 . 19,8 | žádná | 110 | malé | 4,174 | -5,24 | 2,20% | 3,55 | 5719,16 | 571,83 | 10,00 |
| 2 | 73,6 | 24,16 | 151 | 160 | ano | 18 . 19,8 | žádná | 110 | malé | 4,123 | -5,29 | 2,20% | 3,55 | 5759,42 | 596,41 | 9,66 |
| 3 | 73,6 | 24,16 | 151 | 160 | ano | 18 . 19,8 | žádná | 110 | malé | 4,123 | -5,29 | 2,20% | 3,55 | 5798,64 | 596,13 | 9,73 |
| 4 | 73,6 | 24 | 150 | 160 | ano | 18 . 19,8 | žádná | 110 | malé | 4,089 | -5,32 | 2,20% | 3,55 | 5759,22 | 592,21 | 9,72 |
| 5 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 18 . 19,8 | žádná | 110 | malé | 4,191 | -5,22 | 2,20% | 3,55 | 5759,11 | 589,145 | 9,7776 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24,29 | 151,8 | 160 | | | | | | 4,14 | -5,272 | | | 5759,11 | 589,145 | 9,7776 |
| nastavení + | kV | mAs | mA | čas | mřížka | kolimace | filtrace | vzdálenost | ohnisko | DAP | DI | Nizký kontrast | Vysoký kontrast | Mean | Standard deviation | SNR |
| 1 | 73,6 | 24,16 | 151 | 160 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | malé | 14,451 | -1,9 | 2,20% | 3,15 | 7817,45 | 248,19 | 31,50 |
| 2 | 73,6 | 24,32 | 152 | 160 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | malé | 14,571 | -1,85 | 2,20% | 3,15 | 7817,26 | 240,99 | 32,44 |
| 3 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | malé | 14,631 | -1,83 | 2,20% | 3,15 | 7815,29 | 249,01 | 31,39 |
| 4 | 73,6 | 24,48 | 153 | 160 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | malé | 14,631 | -1,83 | 2,20% | 3,15 | 7815,56 | 245,38 | 31,85 |
| 5 | 73,6 | 24,64 | 154 | 160 | ano | 33,4 . 37,4 | žádná | 110 | malé | 14,69 | -1,83 | 2,20% | 3,15 | 7817,62 | 245,77 | 31,81 |
| PRŮMĚR | 73,6 | 24,42 | 152,6 | 160 | | | | | | 14,5948 | -1,848 | | | 7816,64 | 245,868 | 31,7962 |

(zdroj vlastní)

Ze snímků a vyhodnocených tabulek je zřejmé, že čím větší ozářené pole, tím větší hodnota DAP. Pro nejmenší snímkané pole byla hodnota DAP 4,14. Při nastavení maximální velikosti snímkaného pole se hodnota DAP více než dvakrát zvětšila na 14,59. Kolimace neměla vliv na rozlišení při nízkém kontrastu 2,20 %. U rozlišení vysokého kontrastu došlo s rostoucím polem ke zhoršení rozlišovací schopnosti o jeden pár čar. Hodnota signálu roste s rostoucím polem. Dále platí, že čím menší pole, tím více šumu a nižší hodnota SNR. Při nejmenším snímkaném poli byla hodnota SNR 9,8. U největšího pole vzrostla hodnota SNR na 31,79. S největší pravděpodobností byla kvalita snímku ovlivněna následným postprocessingem.

4 DISKUZE

Mimo statistického zpracování naměřených dat bylo pomocí rentgenového fantomu provedeno hodnocení kvality obrazu z pohledu rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu.

Parametr napětí

U snímků ledvin bylo patrné, že rozlišení při vysokém kontrastu bylo o něco horší na *přístroji Samsung Electronics GC85A (2017)*. Rozlišení bylo 2,24 lp/mm a dále byl pozorován pozitivní vztah mezi rostoucím napětím a lepším rozlišením. Toto zjištění si vysvětlujeme celkově špatným nastavením standardního protokolu. K odhalení špatné optimalizace pravděpodobně nedošlo proto, že tento přístroj se nachází na Ortopedické klinice a není primárně využíván pro snímky ledvin. Hodnota SNR roste s rostoucím proudem. Na *přístroji Samsung Electronics GC85A (2023)* došlo při měření u parametru napětí k chybnému nastavení expozičních hodnot. Hodnota mAs měla být u všech nastavených hodnot kV stejná. S rostoucím kV nejprve hodnota SNR roste, ovšem u hodnot, které jsou vyšší než standardních 75,3 kV došlo k chybě v nastavení expozičních hodnot. Pokud by byly množství mAs stejné pro všechny zvolené kV SNR by rostlo. Dále také nebyla pozorována žádná změna v rozlišení při vysokém (3,15 lp/mm) ani nízkém kontrastu (0,90 %).

U protokolu Lebka nebyly u standardního nastavení rozdíly ani v rozlišení vysokého kontrastu (3,55 lp/mm) ani v rozlišení nízkého kontrastu (2,20 %). Rozlišení při nízkém kontrastu nebylo proudem ovlivněno. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* byl pozorován pozitivní vztah mezi rostoucím napětím a lepším rozlišením při vysokém kontrastu (při napětí 90,4 kV bylo rozlišení kontrastu 5 lp/mm). SNR roste s rostoucím napětím. Naopak u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* hodnota SNR nejprve roste a u napětí 89,5 kV dochází k jejímu poklesu.

Parametr proud

U snímků ledvin na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2017)* bylo patrné, že rozlišení při vysokém kontrastu bylo o něco horší než u druhého přístroje (zde bylo rozlišení 2,24 lp/mm, zatímco na druhém přístroji bylo rozlišení 3,15 lp/mm). Dále

na tomto přístroji došlo se zvyšujícím se proudem ke zlepšení v rozlišení při vysokém kontrastu o 1 skupinu lp/mm. K horšímu rozlišení na tomto přístroji pravděpodobně dochází v souvislosti s krátkým expozičním časem, a proto je tedy pro pořízení lepšího snímku potřeba více proudu. Hodnota SNR rostla s rostoucím napětím u obou přístrojů. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* byla hodnota SNR u standardního protokolu 48,43, což je o 128 % více než SNR u standardního protokolu druhého přístroje (21,11).

U snímků lebky nebyly mezi přístroji pozorovány rozdíly v rozlišení při nízkém (2,20 %) a vysokém kontrastu (3,55 lp/mm). Parametr proud rozlišení neměnil. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* byla hodnota SNR nejvyšší u nastavení proudu 200 mA (27,37). Na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2017)* bylo SRN nejvyšší (32,90) u standardního nastavení proudu 180 mA.

Parametr expoziční čas

U snímků ledvin došlo na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2017)* s delším expozičním časem ke zlepšení rozlišení vysokého kontrastu o jednu skupinu čar (z 2,24 lp/mm při standardním expozičním času 17 ms na 2,8 lp/mm při nastavení 40 ms a 80 ms). Tuto skutečnost si vysvětlujeme tím, že teprve navýšením expozičního času na 80 ms, bylo dosaženo přijatelného snímku (optimální počet mAs a hodnota DI). U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* se vlivem proudu rozlišení nízkého (0,90 %) ani vysokého kontrastu nemění (3,55 lp/mm).

U snímků lebky nebyl zaznamenán rozdíl v rozlišení při nízkém (2,20 %) ani vysokém kontrastu (3,55 lp/mm) v rámci dvou přístrojů. Rozlišení se s různým expozičním časem neměnilo. Hodnota SNR je u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* stejná, zatímco u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* se mění nepravidelně.

Parametr protirozptylová mřížka

Použití vhodné protirozptylové mřížky má znatelný vliv na rozlišení vysokého kontrastu u obou přístrojů. U protokolu Ledviny na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2023)* je rozlišení při použití správné mřížky 3,15 lp/mm, zatímco u snímků bez mřížky je to 2,5 lp/mm. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* je rozlišení při použití standardní mřížky 2,24 lp/mm, zatímco u snímků bez mřížky jsou to 2 lp/mm.

Při použití standardní mřížky je hodnota SNR (48,43) u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* o 129,4% vyšší než SNR 21,11 u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)*. U snímků bez použití mřížky je SNR u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* o 54,2% nižší než u druhého přístroje.

U protokolu *Lebka* na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2023)* je rozlišení při použití správné mřížky 3,55 lp/mm, zatímco u snímků bez mřížky je to o 1 skupinu lp/mm horší. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* je rozlišení 3,55 lp/mm neměnné. SNR u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* je u snímků s použitím standardní mřížky o 24% nižší. U snímků bez použití mřížky je SNR o 21% nižší než SNR u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)*.

Parametr filtrace

Filtrace má značný vliv na kvalitě obrazu, u protokolu *Ledviny* u obou přístrojů platí, že nefiltrované snímky mají nejlepší rozlišení při vysokém kontrastu a zároveň nejvyšší hodnotu SNR. Rozlišení při vysokém kontrastu bylo u nefiltrovaných snímků na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2023)* 3,15 lp/mm, což je o jeden pár čar více, jak u snímků s použitím filtrace. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* bylo rozlišení u nefiltrovaných snímků 2,24 lp/mm, což je o jeden pár čar více než u snímků s filtrací 0,2 mm Cu, a dokonce o dva páry čar více než snímky filtrované 0,3 mm Cu.

U protokolu *lebka* na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2023)* bylo nejlepší rozlišení (3,55 lp/mm) u nefiltrovaných snímků oproti snímkům s filtrací (3,15 lp/mm). Hodnota SNR se měnila jen nepatrně. Na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2017)* bylo rozlišení 3,55 lp/mm u všech snímků stejné, hodnota SNR byla nejvyšší u snímků nefiltrovaných.

Parametr geometrie

U protokolu *Ledviny* u přístroje *Samsung Electronics GC85A (2023)* je rozlišení při vysokém kontrastu lepší ve standardní vzdálenosti (3,15 lp/mm) oproti ostatním vzdálenostem (2,8 lp/mm). Obecně lze říci, že rostoucí vzdálenost je úměrná poklesu hodnot SNR. Pro vzdálenost 120 cm a 143 cm pravděpodobně došlo ke statistické anomálii dané zatížením přístroje. Díky tomu je při vzdálenosti 120 cm hodnota SNR nejnižší (30). U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* dochází ke zhoršení

rozlišení při vysokém kontrast až s největší vzdáleností (142 cm), kde je rozlišovací schopnost zhoršena o 1 pár lp/mm oproti standardnímu nastavení. U nastavení nejmenší vzdálenosti (80 cm) byly hodnoty SNR 23,26. Oproti tomu u největší vzdálenosti (143 cm) došlo k poklesu SNR na 13,22.

U protokolu Lebka na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2023)* vzdálenost nemá vliv na rozlišení při nízkém (2,20 %) ani vysokém kontrastu (3,55lp/mm). SNR se mění nepravidelně. U přístroje *Samsung Electronics GC85A (2017)* zůstala rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu u všech vzdáleností 2,20 %. Rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu byla 3,55 lp/mm. S rostoucí vzdáleností roste signál obrazu. S rostoucí vzdáleností nejprve dochází k poklesu šumu, avšak při vzdálenosti 120 cm a 142 cm, dojde opět k růstu. SNR se mění nepravidelně. Na tomto přístroji byl odhalen problém, kdy se velikost pole měnila společně se vzdáleností. Naměřená data mohla být také zkrácena aplikačním rozsahem mřížky, který byl 110 cm, zatímco snímky byly prováděny i z jiných vzdáleností.

Parametr kolimace

U obou protokolů na obou přístrojích se ukázalo, že čím větší bylo snímkané pole, tím méně šumu a větší hodnotu SNR snímky měly. Správně by tomu ale mělo být přesně obráceně, čím větší pole, tím více rozptýleného záření, tedy i horší kvalita výsledného obrazu. S největší pravděpodobností byla kvalita snímků ovlivněna následným postprocessingem.

Limity práce

Výzkum měl několik limitací, které by mohly mít vliv na konečné výsledky. Jako jednu z prvních bych uvedla rozdíl v nastavení přístrojů. Ačkoliv se jedná o typově stejné přístroje jednoho výrobce, nebylo vždy možné na nich nastavit totožné expoziční hodnoty, jak při srovnávání protokolů na obou zařízeních, tak při snaze mechanicky nastavit expoziční parametry odpovídající standardní expozici pro snímek lebky a ledvin získané pomocí AEC.

Správná expozice je vždy kombinace vhodných parametrů ovlivňujících svazek, tento výzkum hodnotil vždy změnu jen jednoho parametru nikoliv jejich vzájemnou kombinaci. Významný vliv na kontrastu obrazu může mít i postprocessing. Jedná se o softwarový nástroj, upravující snímek (například vyhlazením, ostřením a zvýrazněním linií a hran). Ke snížení kontrastu obrazu mohl mnohdy přispět i vyšetřovací stůl, utlumením fotonů s nízkými energiemi.

Dalším limitem bylo nastavení a umístění fantomů. S fantomy bylo manipulováno mezi dvěma klinikami. A i přes snahu o co nejpodobnější nastavení, mohlo dojít k drobnému nesouladu, tedy že byla hodnocena kvalita obrazu v nepatrně odlišné oblasti fantomu.

Hodnocení rozlišení při nízkém a vysokém kontrastu je značně subjektivní záležitost. Na hodnocení má vliv, kdo hodnocení provádí, jak jsou jeho oči unavené, počtem hodnocených snímků, návykem mozku na hodnocení stále stejného obrazu, kdy dochází k tomu, že mozek ví, že v dané oblasti má vidět určitý objekt. Dále záleží, za jakých světelných podmínek (stejně nebo jiné) nebo na jakém monitoru odečet probíhal.

Určitým limitem mohl být i počet měření jednotlivých expozičních parametrů. Více snímků by mohlo podat relevantnější informaci o vlivu jednotlivých faktorů, myslím si ale, že v tomto případě se nejedná o fakt, který by měl mít zásadní vliv na výsledky práce. Při dalším výzkumném šetření by mohl být počet expozic, pro upřesnění výsledků navýšen.

Přínos pro praxi

Po prozkoumání výsledků našeho měření, lze prohlásit, že je rozdíl v kvalitě rentgenového obrazu u dvou zdánlivě stejných přístrojů. Přednastavené expozice se u těchto dvou přístrojů od sebe značně liší. Díky této diplomové práci bylo zjištěno nevhodné nastavení expozičních parametrů u protokolu pro snímky lebky AP na stole na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2023)* - CRTG a nevhodné nastavení expozičních parametrů pro snímky Ledvin na přístroji *Samsung Electronics GC85A (2017)* - ORTO. Aktuální nastavení standardních protokolů vede k podexponování zobrazované oblasti a v důsledku toho také ke snížené kvalitě výsledného rentgenového obrazu. V rámci procesu optimalizace budou oba odhalené protokoly pozměněny a bude nastavena „target DI“ odchylka, od níž bude signalizovat odchylku od požadované kvality obrazu.

ZÁVĚR

V teoretické části jsou popsány jednotlivé faktory, které ovlivňují výsledný rentgenový obraz. Cílem praktické části bylo zjistit, jakým způsobem jednotlivé faktory ovlivňují kvalitu výsledného obrazu a porovnat, zda je rozdíl v kvalitě výsledného obrazu u dvou typově stejných přístrojů jednoho výrobce. Pro splnění cíle byl proveden kvantitativní výzkum v podobě naměření dat a jejich následné vyhodnocení. Po prostudování literatury a zpracování odborné rešerše byly stanoveny nulové a alternativní hypotézy.

Hypotézy H_{01} a H_{02} zněly, že se zvyšujícím se napětím dochází k poklesu SNR

Již v záznamové tabulce se dalo pozorovat, že s nárustem napětí hodnoty SNR neklesají. Tato domněnka byla potvrzena statistickým zpracováním Pearsonova korelačního koeficientu. Díky jeho výsledku byly hypotézy H_{01} a H_{02} zamítnuty a místo nich byly přijaty alternativní hypotézy.

Hypotézy H_{03} a H_{04} uváděly, že se zvyšujícím se proudem se zvyšuje hodnota SNR

Dalo se pozorovat, že s nárustem proudu dochází k nárustu SNR. To bylo i potvrzeno statistickým zpracováním Pearsonova korelačního koeficientu, kdy díky jeho výsledku bylo možné hypotézy H_{03} a H_{04} přijmout.

Hypotézy H_{05} a H_{06} říkaly, že se zvyšujícím se expozičním časem roste hodnota SNR

Bylo pozorováno, že s prodlužujícím se expozičním časem dochází k nárustu SNR. Což bylo potvrzeno statistickým zpracováním, kdy díky jeho výsledku bylo možné hypotézy H_{05} a H_{06} přijmout.

Po vyhodnocení výsledků měření, lze prohlásit, že je rozdíl v kvalitě rentgenového obrazu u dvou zdánlivě stejných přístrojů. Je tomu tak zejména proto, že přednastavené expozice se u těchto přístrojů od sebe značně liší. Díky této diplomové práci bylo zjištěno nevhodné nastavení expozičních parametrů u dvou zkoumaných protokolů. Můžeme tedy říci, že cíl diplomové práce byl splněn.

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|----------------|--|
| A | Ampér |
| AEC | Expoziční automatika (automatic exposure control) |
| ALARA | Dávka by měla být tak nízká, jak jen lze rozumně dosáhnout (as low as reasonably achievable) |
| CNR | Poměr kontrastu a šumu (contrast to noise ratio) |
| CR | Výpočetní radiologie (computerized radiology) |
| CRTG | Centrální rentgen na Radiologické klinice |
| CT | Výpočetní tomografie |
| Cu | Měď |
| D | Absorbovaná dávka |
| DAP | Součin dávky a plochy |
| DI | Index odchylky (deviation index) |
| DR | Digitální radiologie (digital radiology) |
| E | Efektivní dávka |
| EI | Expoziční index |
| eV | Elektronvolt |
| Gy | Gray (jednotka) |
| H | Dávkový ekvivalent |
| H _T | Ekvivalentní dávka |
| HU | Hounsfieldovy jednotky |
| K | Kerma |

| | |
|---------|--|
| Ke | Vstupní povrchová kerma |
| keV | Kiloelektronvolt |
| kV | Kilovolt |
| kW | Kilowatt |
| mA | Miliampér |
| mAs | Miliampérsekuna |
| mm | Milimetr |
| ms | Milisekunda |
| ORTO | Ortopedická klinika |
| RTG | Rentgen/rentgenový |
| SNR | Poměr signálu a šumu (signal to noise ratio) |
| Sv | Sievert (jednotka) |
| SZ – 50 | Polyuretanový tmel |
| V | Volt |

REFERENČNÍ SEZNAM

BORREGO, David; LOWE, Erin; KITAHARA, Cari a LEE, Choonsik. Assessment of PCXMC for patients with different body size in chest and abdominal x ray examinations: a Monte Carlo simulation study. Online. *Physics in Medicine & Biology*. 2018, č. 63. ISSN 1361-6560. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1361-6560/aab13e>. [cit. 2023-10-30].

BRANDT, Łukasz; BORKOWSKA, Eliza a HERMAN-SUCHARSKA, Izabela. Artefakty w radiografii. *Inżynier Medyczny Fizyk*. 2020. ISSN 2300-1410.

GRAM, E.H.; JENSEN, J.M.; PRECHT, H.; KUSK, M.W. a NIELSEN, J. Anode heel effect: Does it impact image quality in digital radiography? *Radiography*. 2021. ISSN 2249–1929. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.02.014>.

HUDA, Walter. Kerma-Area Product in Diagnostic Radiology. *American Journal of Roentgenology*. 2014, roč. 203, č. 6. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.12513>.

HUDA, Walter; SEIBERT, J. Anthony; OGDEN, Kent; GINGOLD, Eric a SCHAETZINGA, Ralpa. UPSTATE Medical University: *Scatter Removal Grids*. Syracuse, NY [cit. 2023-06-15]. Dostupné z: <https://www.upstate.edu/>.

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

KADIRI, Sehad; HODOLLI Gezim; NAFEZI Gazmend a DOLLANI Konstandin. Assessment of Beam Quality in Some Radio Diagnostic Centers. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2016, ISSN 2249–1929.

KETELHUT, S; BUERMANN, L; HILGERS, G. Catalog of x-ray spectra of Mo-, Rh-, and W-anode-based x-ray tubes from 10 to 50 kV. *PhysMedBiol*. Published 2021 May 24. Dostupné z: doi:10.1088/1361-6560/abfbb2.

KUNITOMO, H; ICHIKAWA, K. Signal-to-noise ratio improvements using anti-scatter grids with different object thicknesses and tube voltages. *PhysMed*. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ejmp.2020.04.014.

MALÍKOVÁ, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod 1*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.

Medical professionals, Exposure Index, Deviation Index, and Optimal Radiographic Imaging. 2022. Dostupné z: <https://www.medical-professionals.com/en/exposure-index-optimal-imaging>.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření*. 2. doplněné vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.

Příručka základních skiagrafických projekcí, RAIV, 2006.

SEIDL, Zdeněk; BURGETOVÁ Andrea; HOFFMANOVÁ Eva; MAŠEK Martin; VANĚČKOVÁ, Mahulena a VITÁK, Tomáš. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada publishibg, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

SHETTY, A; KNIPE, H; BELL, D a kol. Rentgenové artefakty. *Radiopaedia.org*. 2021. Dostupné z: doi: <https://doi.org/10.53347/rID-27307>.

SHETTY, CM; BARTHUR, A; KAMBADAKONE, A; NARAZANAN, N; Kv R. Computed radiography image artifacts revisited. *AJR Am J Roentgenol*. 2011 Dostupné z: doi: 10.2214/AJR.10.5563. PMID: 21178029.

SPRAWLS, Perry. *The Physical Principles of Medical Imaging, 2nd Ed. The Physical Principles of Medical Imaging, 2nd Ed: Image Characteristics and Quality*. Atlanta [cit. 2023-06-16]. Dostupné z: <http://www.sprawls.org/resources/>.

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Lucie Súpová*. Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat... [online] 2013a. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/expozicni-index-1/>. [cit. 2023-10-27].

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Lucie Súpová*. Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat...[online]. 2013b. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/expozicni-index-2/>. [cit. 2023-10-27].

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Lucie Súpová*. Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat... [online]. 2013c. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/rentgenka-a-produkce-rentgenoveho-zareni/>. [cit. 2023-09-07].

SÚKUPOVÁ, Lucie. *Lucie Sukupová. Něco málo o zobrazování a dávkách v radiodiagnostice, ale i mimo ni, aneb co by Vás mohlo zajímat...* Přejít k obsahu webu [online]. 2018a [cit. 2023-09-07]. Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/kvalita-obrazu-kontrast/>.

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

SÚKUPOVA, Lucie; VEDLICH, Daniel; HLAVÁČEK, Ondřej; RYDLO, Jan; KRAJINA, Antonín; NEDVĚD, Karel; VÁVRA, Tomáš a CHALOUPKA, Jan. Porovnání kvality obrazu angiografických systémů čtyř velkých výrobců. *Česká radiologie*. 2017, **71**(2). ISSN 1210-7883.

TAFTI, D; MAANI, CV. X-ray Production. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; August 1, 2022.

TOMPE, A; SARGAR, K. X-Ray Image Quality Assurance. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; October 17, 2022.

ULLMANN, Vojtěch. *AstroNuklFyzika* [online]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz>. [cit. 2023-06-07].

VAJHUDEEN, Z; CATCHPOOLE, S; MURPHY, A. a kol. Produkt pro oblast dávky. *Radiopaedia.org*. 2023 Dostupné z: <https://doi.org/10.53347/rID-80058>. [cit. 2024-03-05].

VAJHUDEEN, Z; MURPHY, A; HOWDEN, W. a kol. Automatická kontrola expozice. *Radiopaedia.org* [online]. 2023 Dostupné z: doi <https://doi.org/10.53347/rID-79836>. [cit. 2023-06-20].

VOMÁČKA, Jaroslav; KOZÁK, Jiří a NEKULA, Josef. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 3. vydání. Univerzita Palackého Olomouc, 2022. ISBN 978-80-244-6204-2.

Obrázek Antropomorfní fantom (dostupné z: <https://www.helago-cz.cz/eshop-ph-2b-phantom-celeho-tela-pbu-60-147054.html>)

Obrázek RTG souprava Samsung (dostupné z <https://samsunghealthcare.com>)

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Antropomorfní fantom..... | 35 |
| Obrázek 2: Rentgenový fantom TOR CDR | 36 |
| Obrázek 3: CRTG standardní nastavení protokolu LEDVINY | 37 |
| Obrázek 4: CRTG standardní nastavení protokolu LEBKA AP STŮL..... | 38 |
| Obrázek 5: ORTO standardní nastavení protokolu LEDVINY | 39 |
| Obrázek 6: ORTO standardní nastavení protokolu LEBKA AP STŮL..... | 40 |
| Obrázek 7: RTG souprava Samsung Electronics GC85A | 41 |
| Obrázek 8: Nastavení torza antropomorfního fantomu | 42 |
| Obrázek 9: Nastavení fantomů a oblasti zájmu | 42 |
| Obrázek 10: Protirozptylová mřížka fokusovaná pro vzdálenost 110 cm | 43 |
| Obrázek 11: Protirozptylová mřížka fokusovaná pro vzdálenost 180 cm | 44 |
| Obrázek 12: Nastavení fantomů a oblasti zájmu | 45 |
| Obrázek 13: Nastavení antropomorfního a rentgenového fantomu | 45 |
| Obrázek 14: RTG souprava Ortopedická klinika..... | 46 |
| Obrázek 16: Nastavení torza antropomorfního fantomu | 47 |
| Obrázek 15: Nastavení fantomů a oblasti zájmu | 47 |
| Obrázek 17: Nastavení fantomů a oblasti zájmu | 48 |
| Obrázek 18: Odečet naměřených hodnot..... | 49 |
| Obrázek 19: Odečet naměřených hodnot..... | 49 |
| Obrázek 20: CRTG standardní nastavení Ledviny | 51 |
| Obrázek 21: ORTO standardní nastavení Ledviny | 51 |
| Obrázek 22: CRTG standardní nastavení Lebka..... | 53 |
| Obrázek 23: ORTO, protokol Lebka, standardní nastavení protokolu..... | 53 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1: CRTG, protokol ledviny, parametr napětí | 55 |
| Tabulka 2: CRTG, protokol Lebka, parametr napětí | 57 |
| Tabulka 3: Korelace závislosti SNR na kV | 58 |
| Tabulka 4: Korelace závislosti SNR na kV | 59 |
| Tabulka 5: CRTG, protokol Ledviny, parametr proud | 60 |
| Tabulka 6: CRTG, protokol Lebka, parametr proud | 62 |
| Tabulka 7: Korelace závislosti SNR a mA | 63 |
| Tabulka 8: Korelace závislosti SNR a mA | 64 |
| Tabulka 9: CRTG, protokol Ledviny, parametr expoziční čas | 65 |
| Tabulka 10: CRTG protokol Lebka, parametr expoziční čas | 66 |
| Tabulka 11: Korelace závislosti SNR a ms..... | 67 |
| Tabulka 12: Korelace závislosti SNR a ms..... | 68 |
| Tabulka 13: CRTG, protokol Ledviny, parametr protirozptylová mřížka..... | 69 |
| Tabulka 14: CRTG protokol Lebka, parametr protirozptylová mřížka | 70 |
| Tabulka 15: CRTG, protokol Ledviny, parametr filtrace | 71 |
| Tabulka 16: CRTG, protokol Lebka, parametr filtrace..... | 72 |
| Tabulka 17: CRTG, protokol Ledviny, parametr geometrie | 73 |
| Tabulka 18: CRTG, protokol Lebka, parametr geometrie..... | 75 |
| Tabulka 19: CRTG, protokol Ledviny, parametr kolimace..... | 76 |
| Tabulka 20: CRTG, protokol Lebka, parametr kolimace | 77 |
| Tabulka 21: ORTO, protokol ledviny, parametr napětí..... | 78 |
| Tabulka 22: ORTO, protokol Lebka, parametr napětí | 80 |
| Tabulka 23: Korelace závislosti SNR na kV | 81 |
| Tabulka 24: Korelace, Napětí, Lebka..... | 82 |
| Tabulka 25: ORTO, protokol Ledviny, parametr proud | 83 |
| Tabulka 26: ORTO, protokol Lebka, parametr proud..... | 84 |
| Tabulka 27: Korelace závislosti SNR na mA | 85 |
| Tabulka 28: Korelace závislosti SNR na mA | 86 |
| Tabulka 29: ORTO, protokol Ledviny, parametr expoziční čas | 87 |
| Tabulka 30: ORTO, protokol Lebka, parametr expoziční čas..... | 89 |
| Tabulka 31: Korelace závislosti SNR na ms..... | 90 |

| | |
|---|-----|
| Tabulka 32: Korelace závislosti SNR na ms..... | 91 |
| Tabulka 33: ORTO, protokol Ledviny, parametr protirozptylová mřížka..... | 92 |
| Tabulka 34: ORTO, protokol Lebka, parametr protirozptylová mřížka | 93 |
| Tabulka 35: ORTO, protokol Ledviny, parametr filtrace | 94 |
| Tabulka 36: ORTO, protokol Lebka, parametr filtrace | 95 |
| Tabulka 37: ORTO, protokol Ledviny, parametr geometrie | 96 |
| Tabulka 38: ORTO, protokol Ledviny, parametr geometrie | 97 |
| Tabulka 39: ORTO, protokol Ledviny, parametr kolimace..... | 99 |
| Tabulka 40: ORTO, protokol Lebka, parametr kolimace | 100 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 1: Porovnání standardních protokolů Ledviny | 52 |
| Graf 2: Porovnání standardních protokolů Lebka..... | 54 |
| Graf 3: Regresní přímka závislosti SNR na kV | 58 |
| Graf 4: Regresní přímka závislosti SNR na kV | 59 |
| Graf 5: Regresní přímka závislosti SNR na mA | 63 |
| Graf 6: Regresní přímka závislosti SNR na mA | 64 |
| Graf 7: Regresní přímka závislosti SNR na ms..... | 67 |
| Graf 8: Regresní přímka závislosti SNR na ms..... | 68 |
| Graf 9: Regresní přímka závislosti SNR na kV | 81 |
| Graf 10: Regresní přímka závislosti SNR na kV | 82 |
| Graf 11: Regresní přímka závislosti SNR na mA | 85 |
| Graf 12: Regresní přímka závislosti SNR na mA | 86 |
| Graf 13: Regresní přímka závislosti SNR na ms..... | 90 |
| Graf 14: Regresní přímka závislosti SNR na ms..... | 91 |

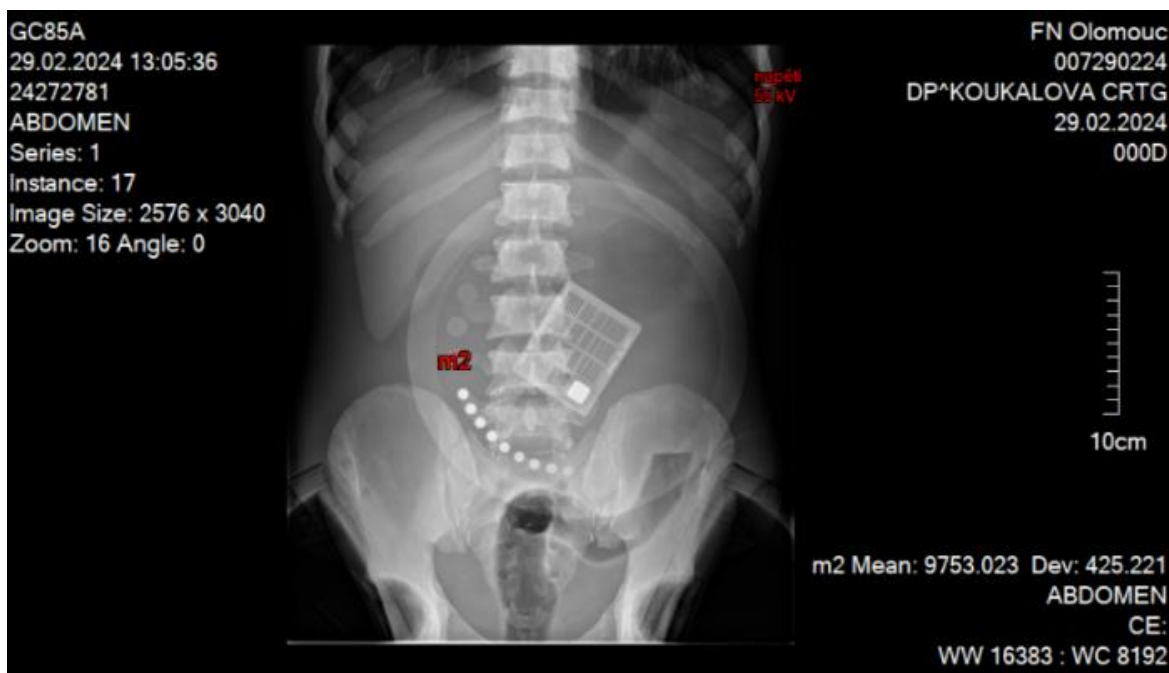
SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|--|---------|
| Příloha 1: Vyšetřovací protokol ledviny při zkoumání parametru napětí | I |
| Příloha 2: Snímky lebky s různým nastavením napětí | III |
| Příloha 3: Snímky ledvin snímkové s různými hodnotami proudu | V |
| Příloha 4: Vyšetřovací protokol lebka s nastavením různých hodnot proudu | VII |
| Příloha 5: Hodnocení parametru expoziční čas u snímků ledvin | IX |
| Příloha 6: Snímky lebky s nastavením různého expozičního času | XI |
| Příloha 7: Protokol ledviny při zkoumání parametru protirozptylová mřížka | XIII |
| Příloha 8: Snímky lebky získané při zkoumání parametru mřížka | XIV |
| Příloha 9: Snímky vyšetřovací protokol lebka s použitím filtrace | XVI |
| Příloha 10: Snímky ledvin prováděné z různé vzdálenosti | XVII |
| Příloha 11: Snímky lebky snímkové z různých vzdáleností | XIX |
| Příloha 12: Snímky ledvin s různou kolimací | XXI |
| Příloha 13: Protokol lebka s různou velikostí pole | XXII |
| Příloha 14: Snímky ledvin s různým nastavením napětí | XXIII |
| Příloha 15: Snímky lebky s nastavením různých hodnot napětí | XXV |
| Příloha 16: Vyšetřovací protokol ledviny během měření parametru proud | XXVII |
| Příloha 17: Snímky lebky s různým nastavením proudu | XXIX |
| Příloha 18: Snímky ledvin snímkové s různým expozičním časem | XXXI |
| Příloha 19: Snímky lebky při měření parametru expoziční čas | XXXIII |
| Příloha 20: Parametr protirozptylová mřížka u snímků ledvin | XXXV |
| Příloha 21: Parametr protirozptylová mřížka u vyšetřovacího protokolu lebka .. | XXXVI |
| Příloha 22: Snímky ledvin s použitím filtrace | XXXVII |
| Příloha 23: Snímky lebky s použitím filtrace | XXXVIII |
| Příloha 24: Snímky ledvin snímkové z různé vzdálenosti | XXXIX |
| Příloha 25: Snímky lebky zhotovené z různých vzdáleností | XLI |
| Příloha 26: Snímky ledvin s různou kolimací | XLIII |
| Příloha 27: Snímky lebky s různě velkým polem | XLIV |

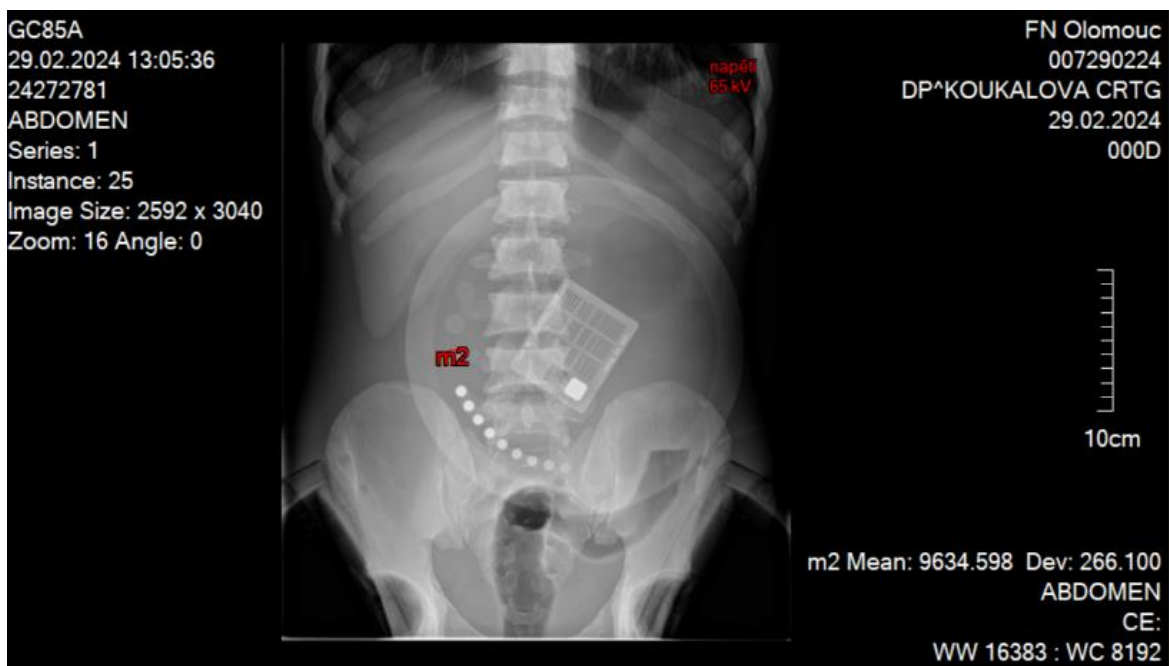
PŘÍLOHY

Samsung Electronics GC85A (2023) – CRTG

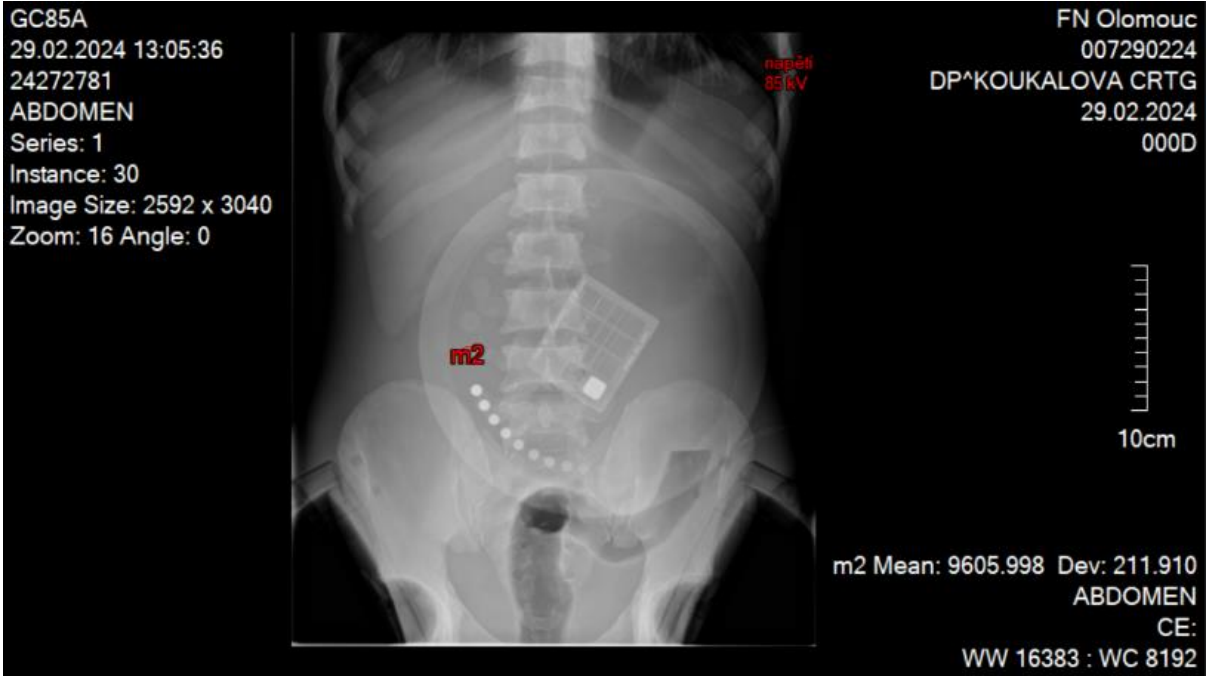
Příloha 1: Vyšetřovací protokol ledviny při zkoumání parametru napětí



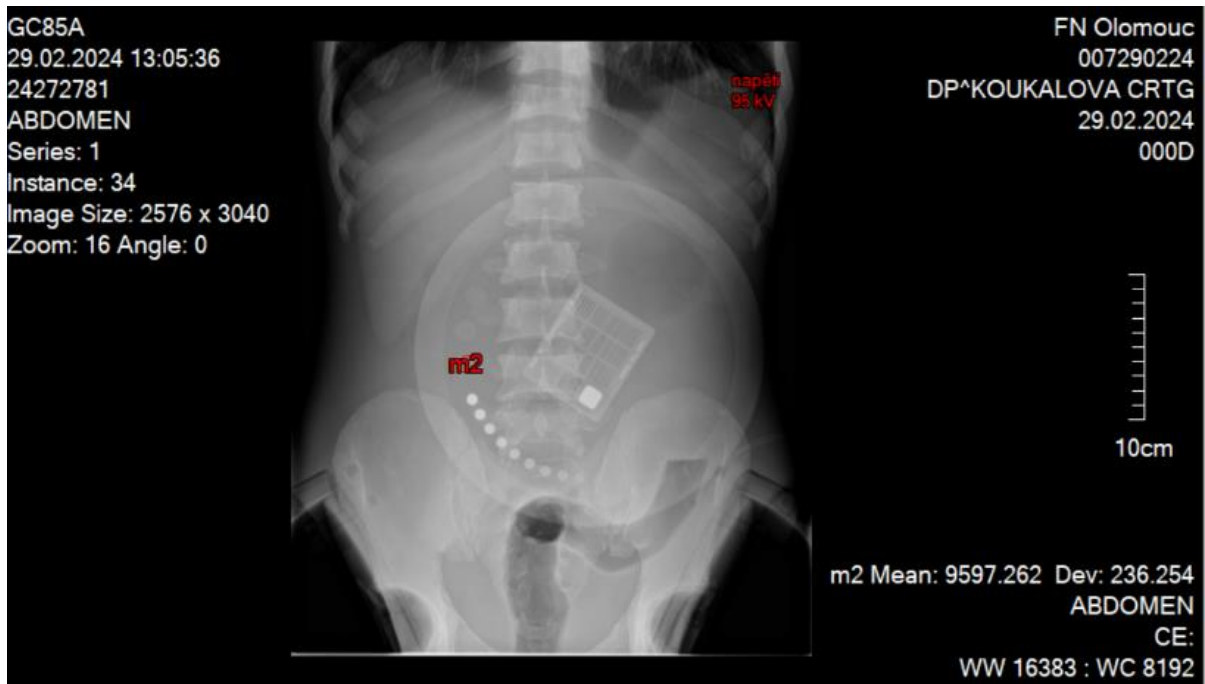
Napětí 55kV (zdroj vlastní)



Napětí 65 kV (zdroj vlastní)

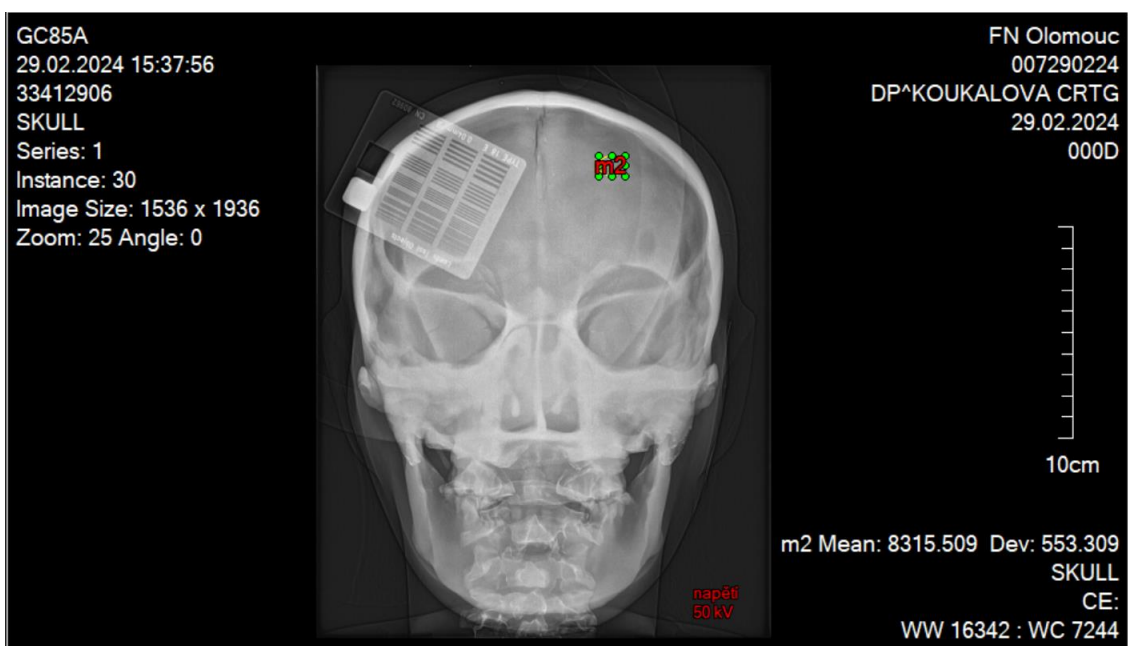


Napětí 85 kV (zdroj vlastní)

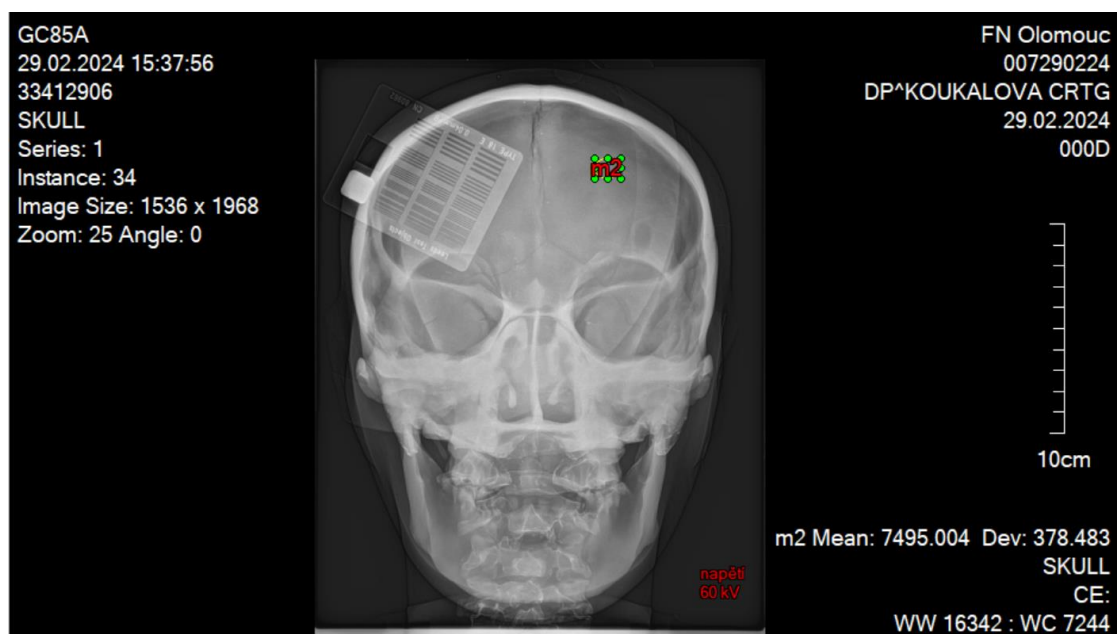


Napětí 95 kV (zdroj vlastní)

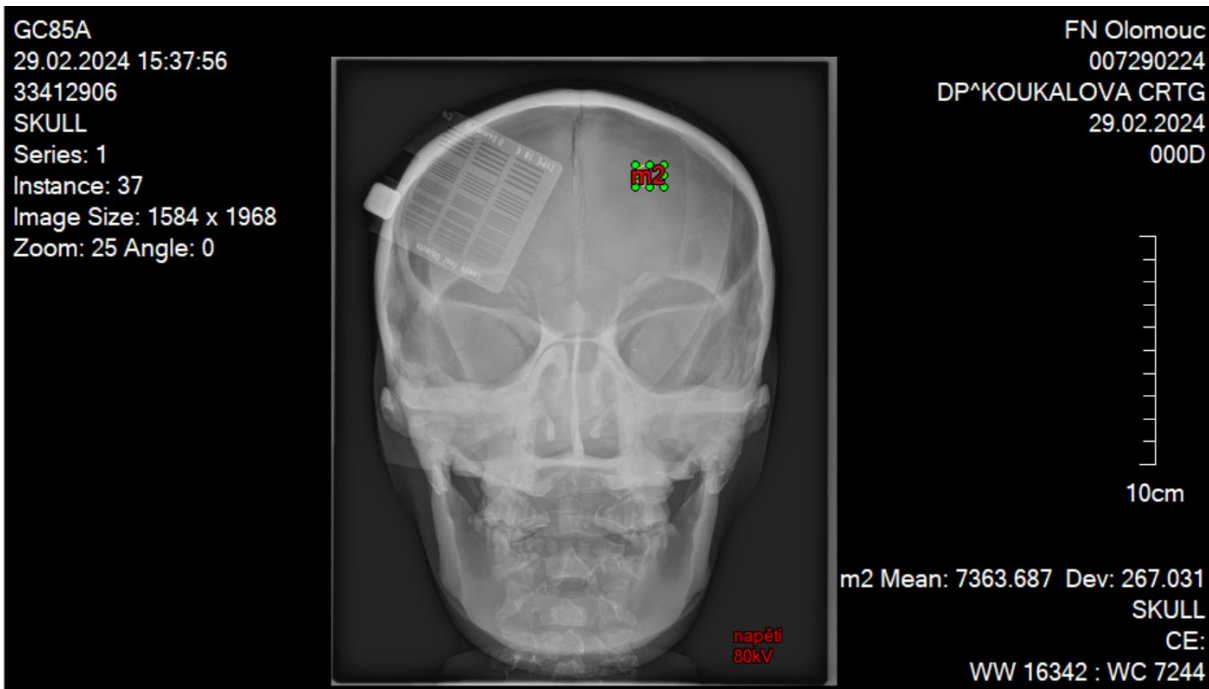
Příloha 2: Snímky lebky s různým nastavením napětí



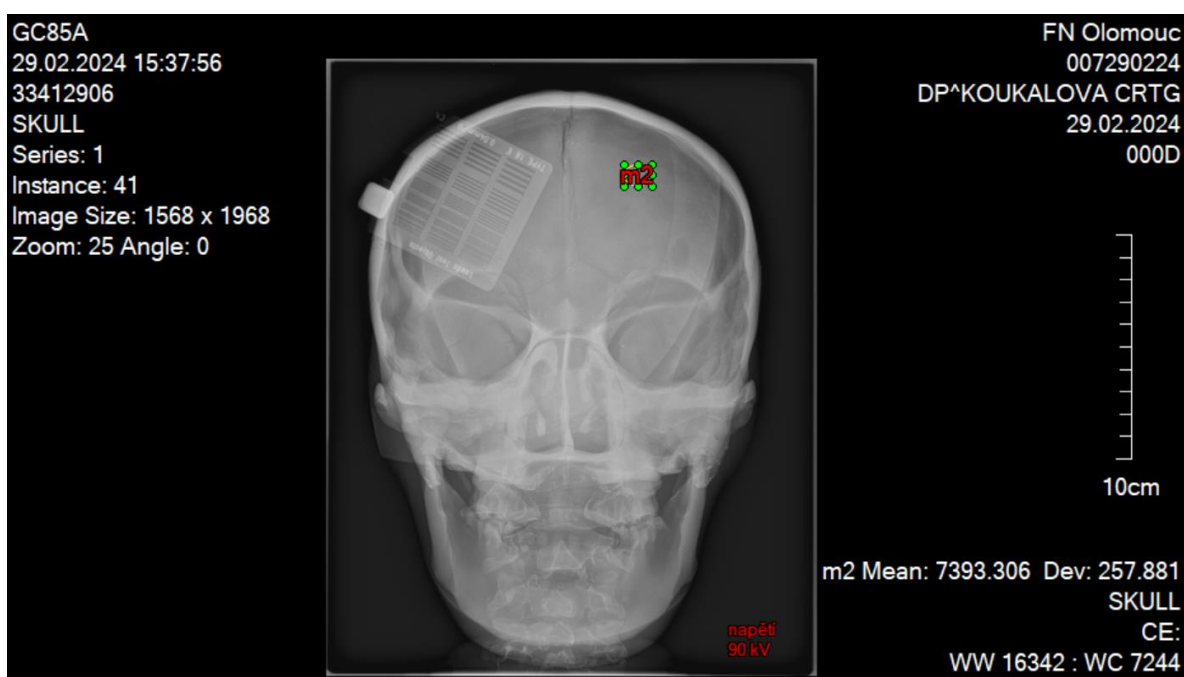
Napětí 50 kV (zdroj vlastní)



Napětí 60 kV (zdroj vlastní)

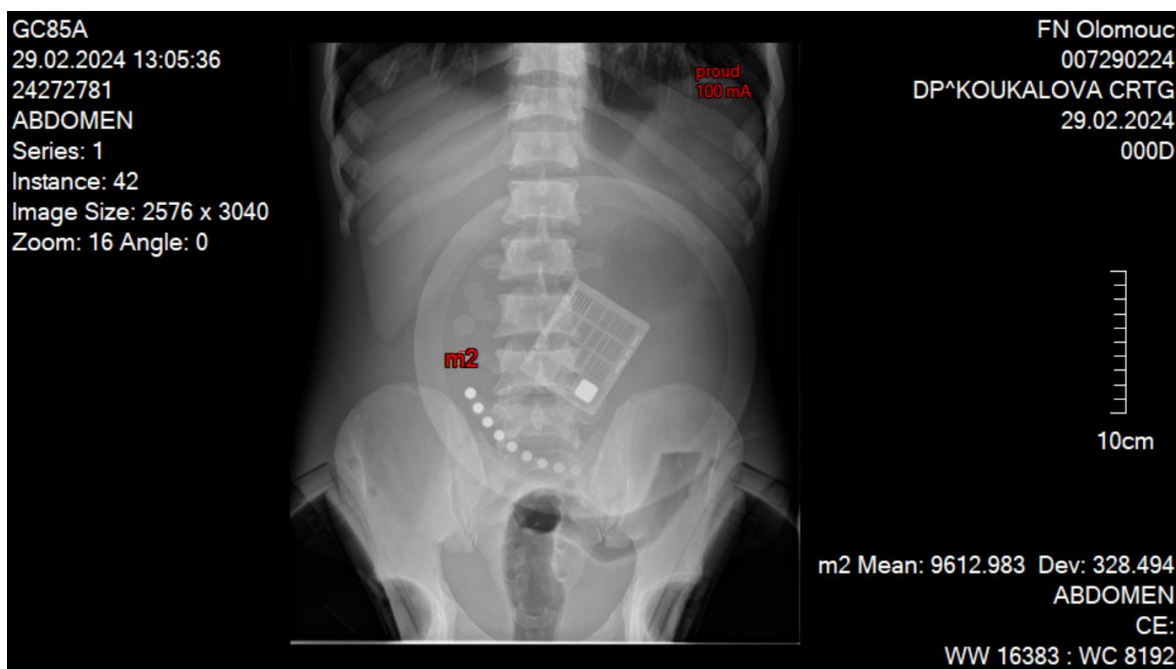


Napětí 80 kV (zdroj vlastní)

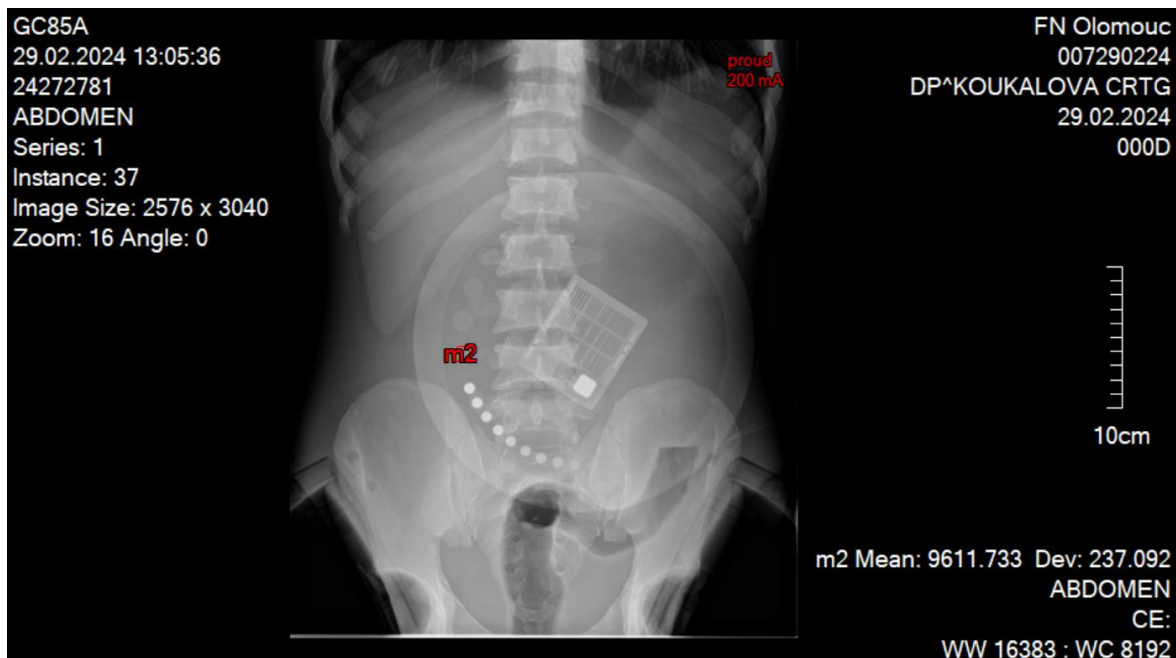


Napětí 95 kV (zdroj vlastní)

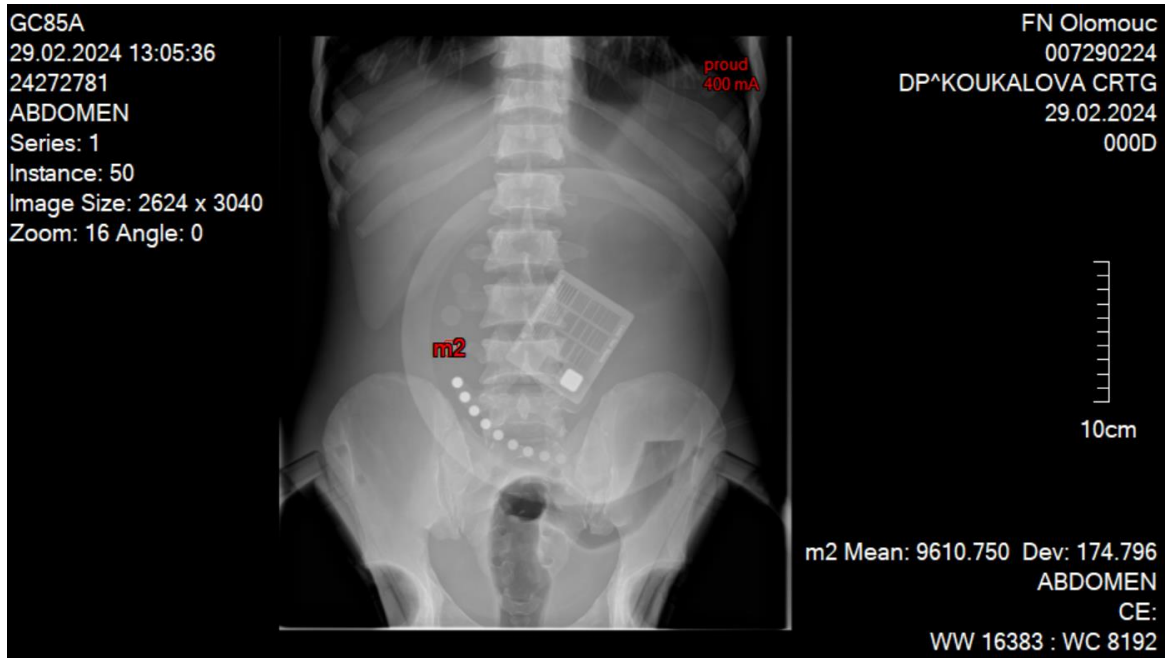
Příloha 3: Snímky ledvin snímkané s různými hodnotami proudu



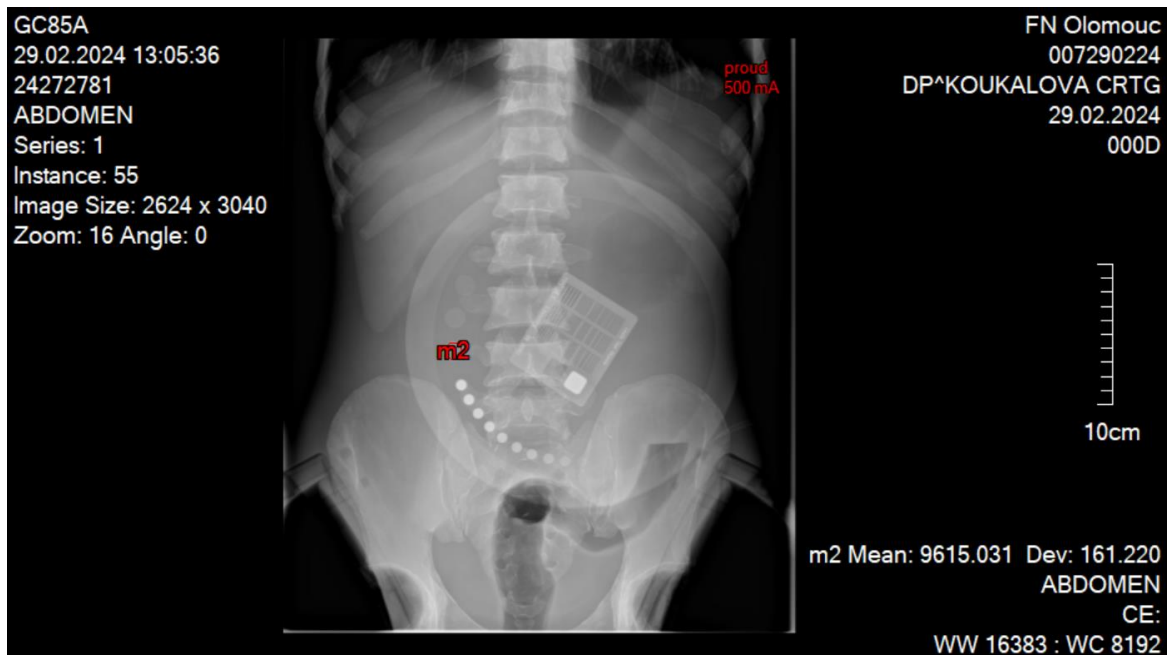
Proud 100 mA (zdroj vlastní)



Proud 200 mA (zdroj vlastní)

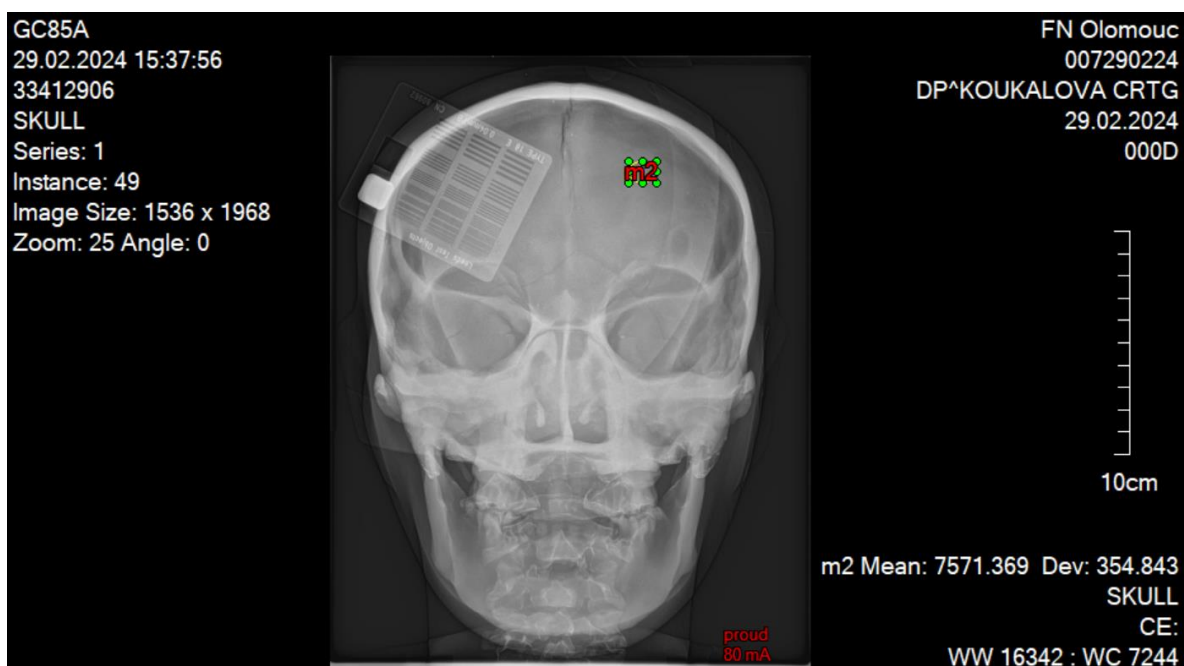


Proud 400 mA (zdroj vlastní)

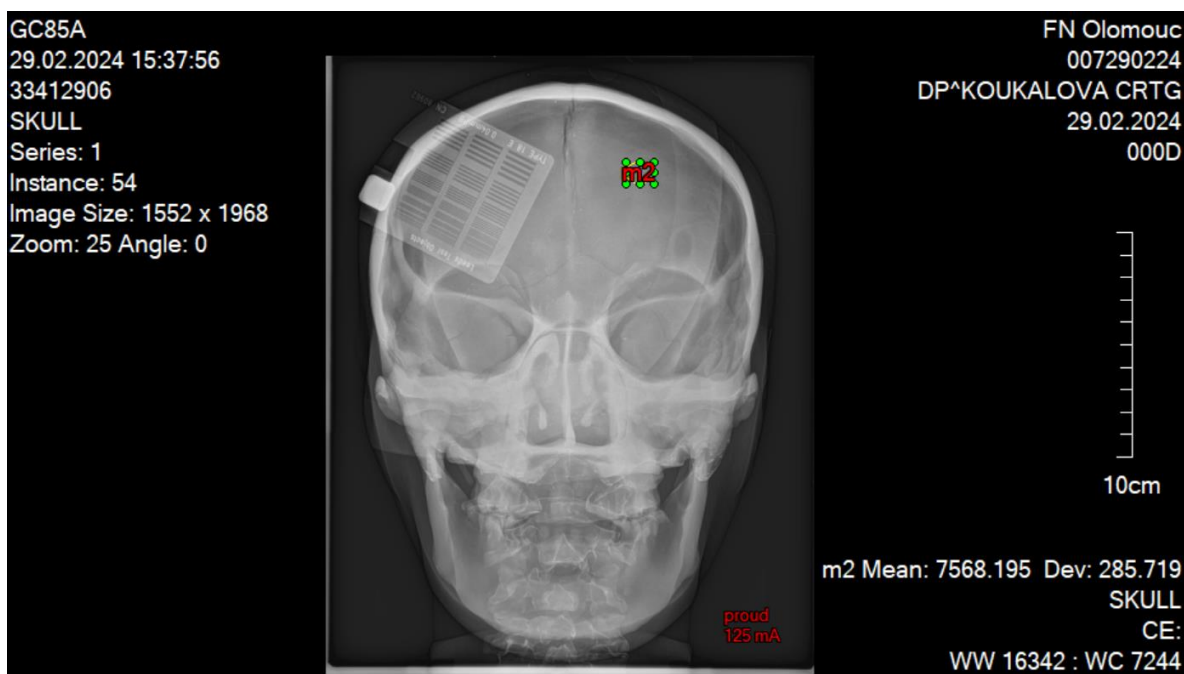


Proud 500 mA (zdroj vlastní)

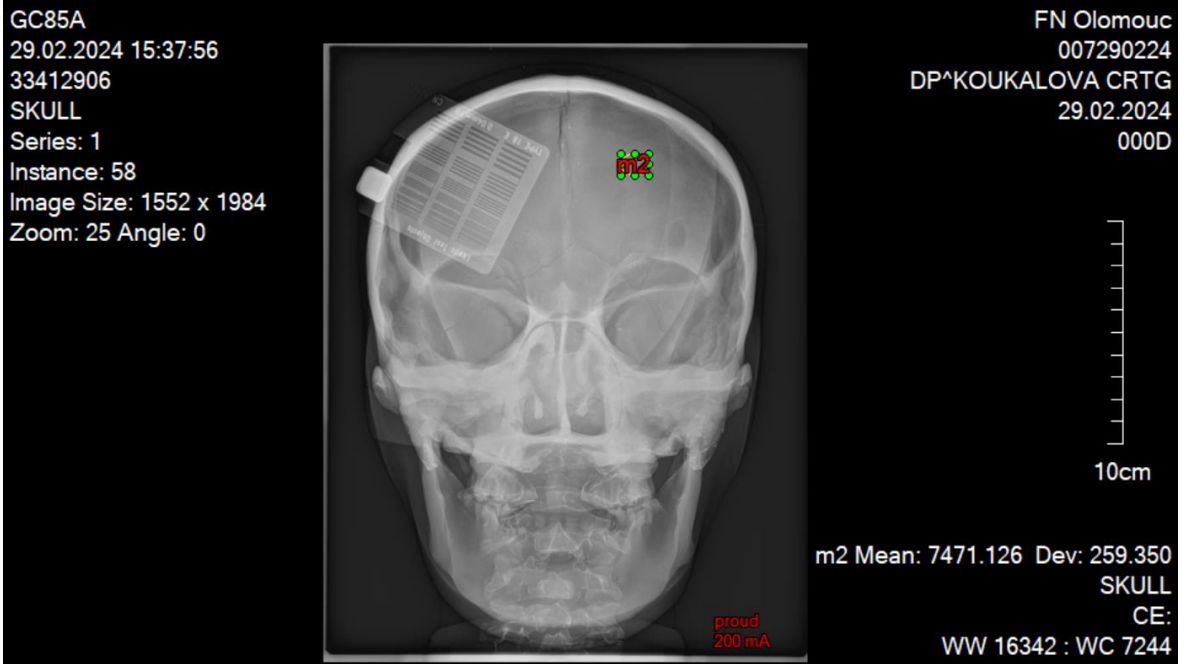
Příloha 4: Vyšetřovací protokol lebka s nastavením různých hodnot proudu



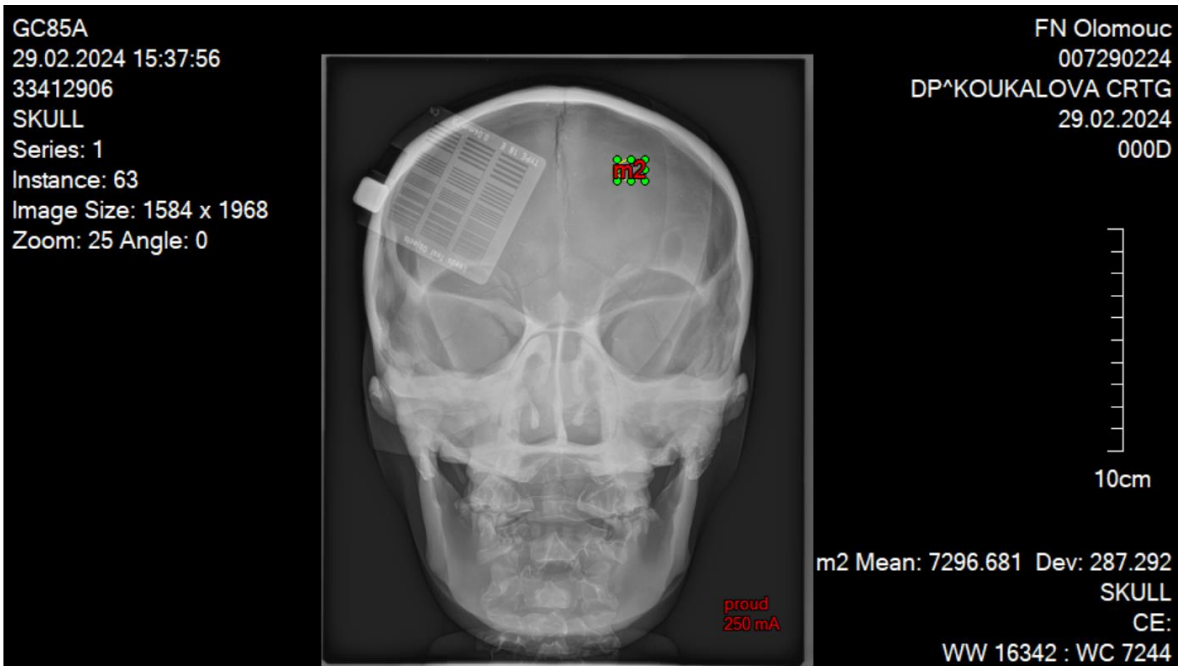
Proud 80 mA (zdroj vlastní)



Proud 125 mA (zdroj vlastní)

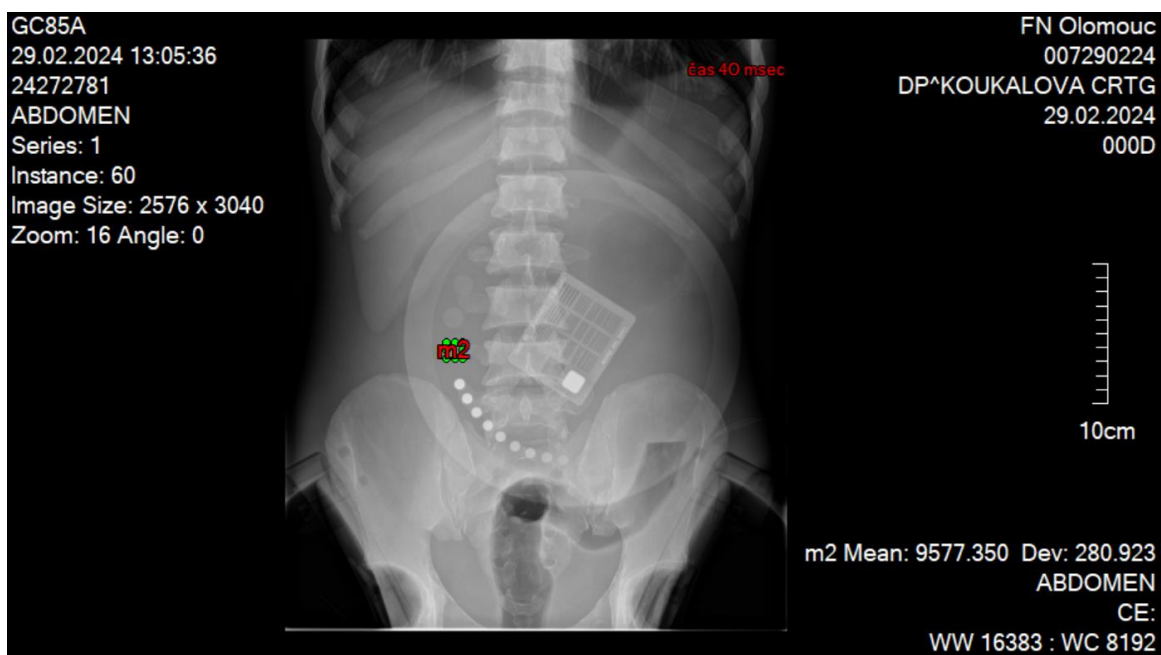


Proud 200 mA (zdroj vlastní)

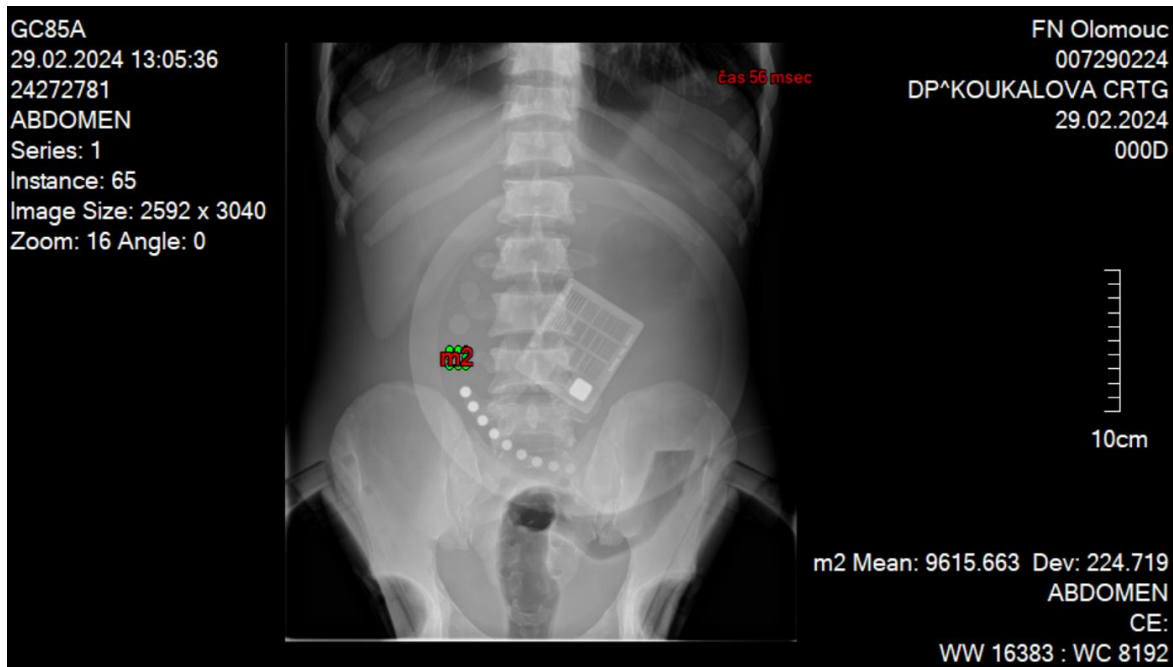


Proud 250 mA (zdroj vlastní)

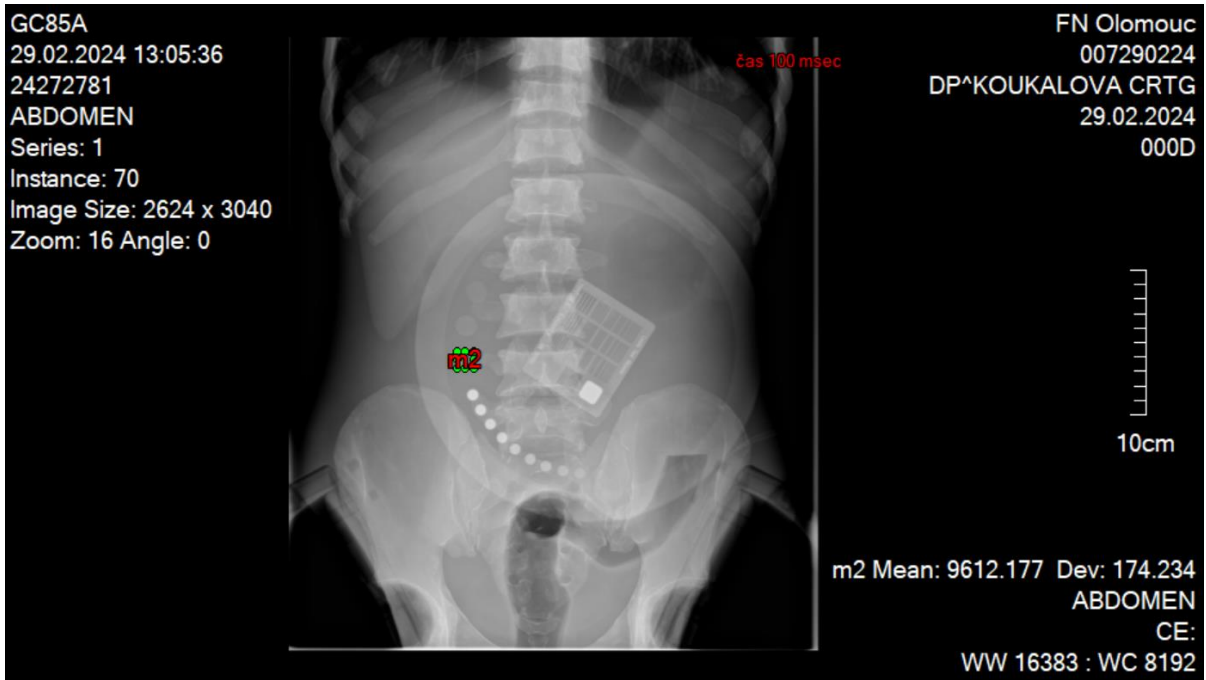
Příloha 5: Hodnocení parametru expoziční čas u snímků ledvin



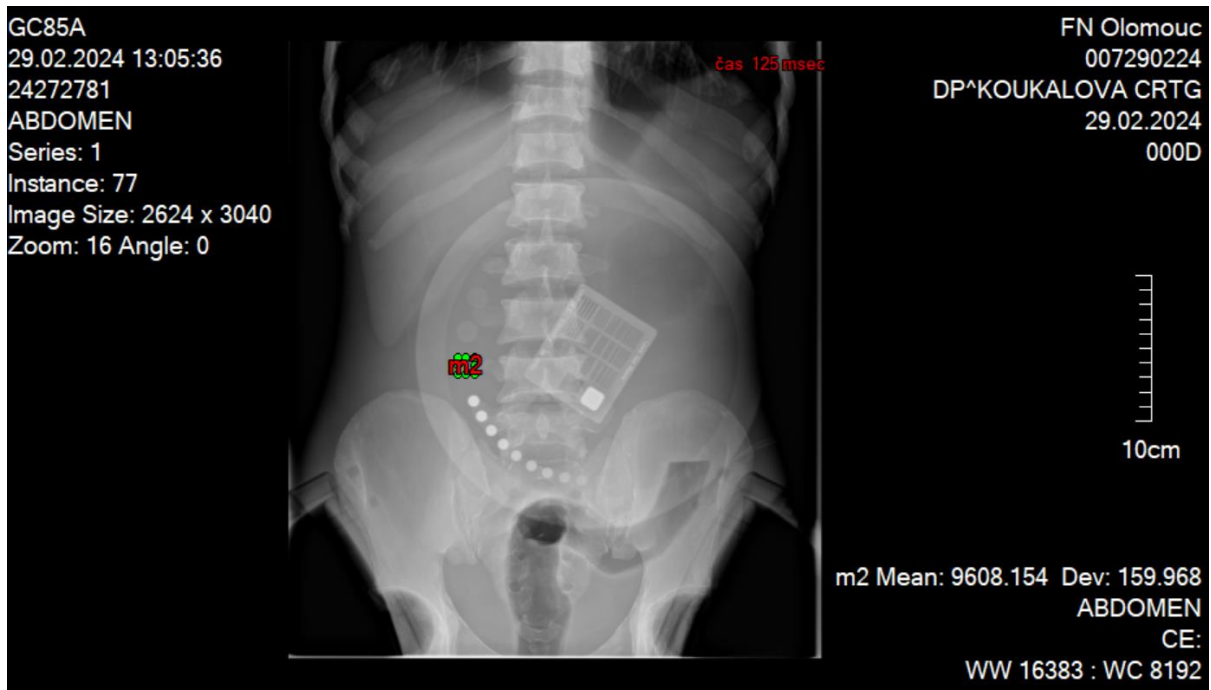
Čas 40 ms (zdroj vlastní)



Čas 56 ms (zdroj vlastní)

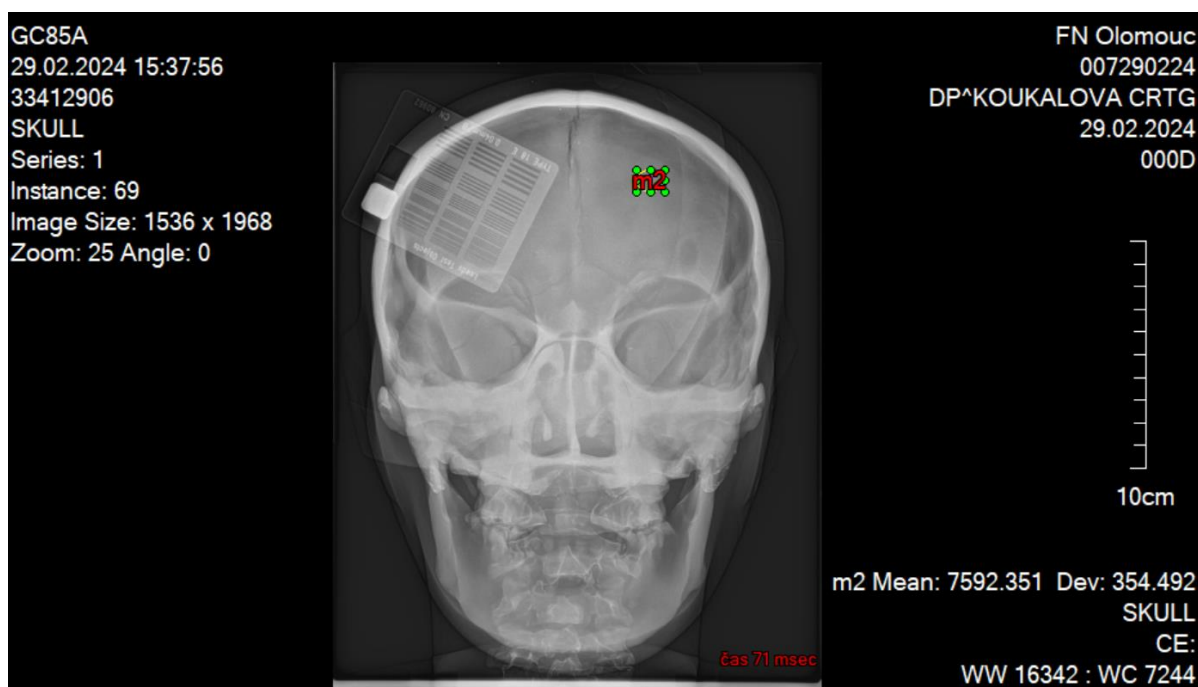


Čas 100 ms (zdroj vlastní)

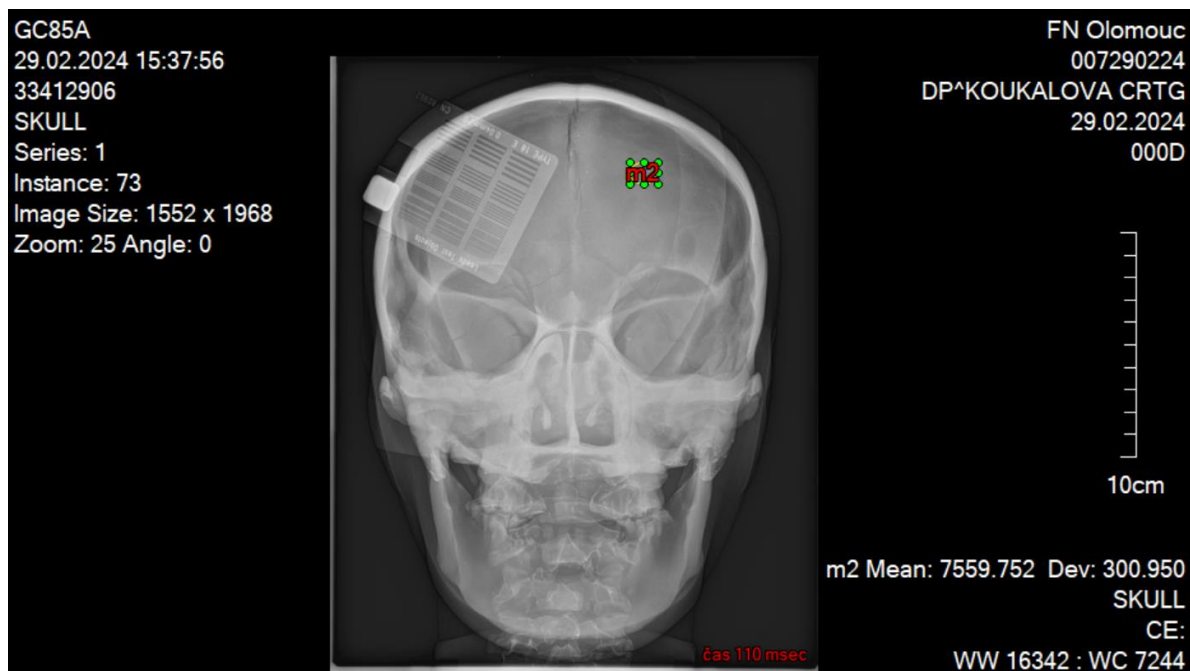


Čas 125 ms (zdroj vlastní)

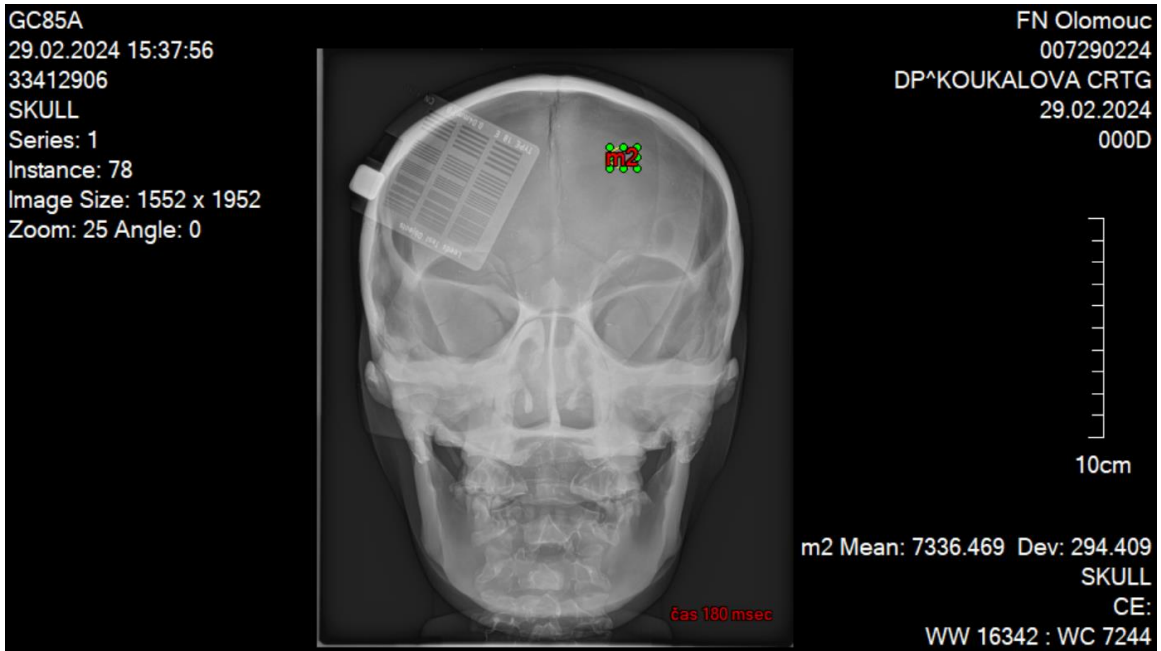
Příloha 6: Snímky lebky s nastavením různého expozičního času



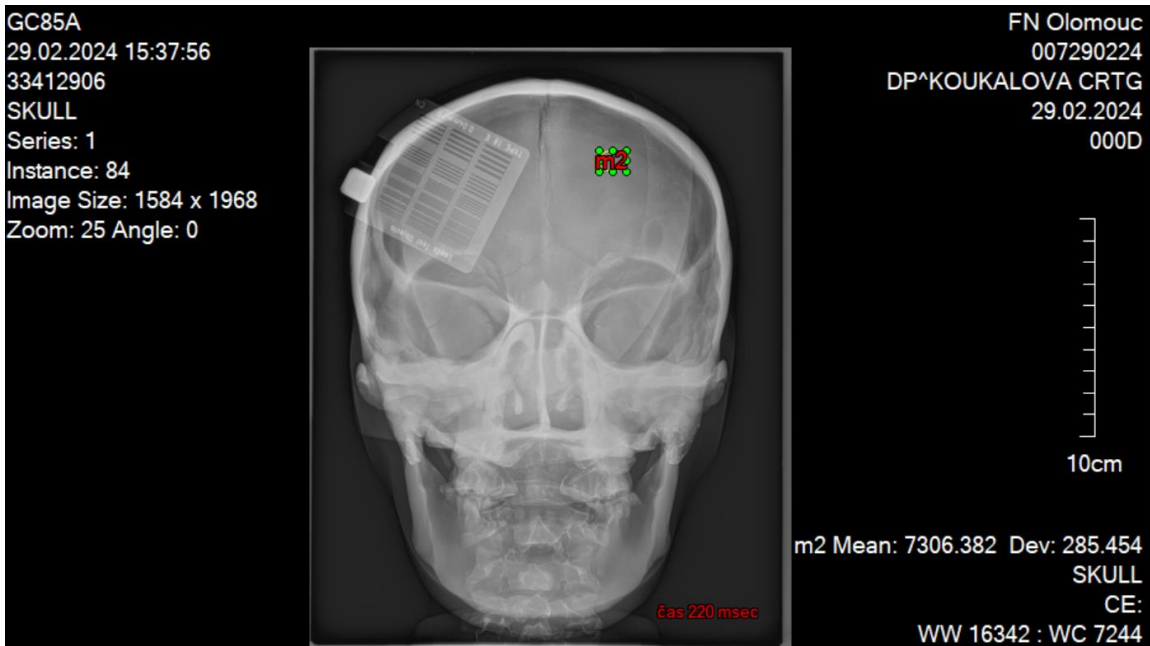
Čas 71 ms (zdroj vlastní)



Čas 110 ms (zdroj vlastní)

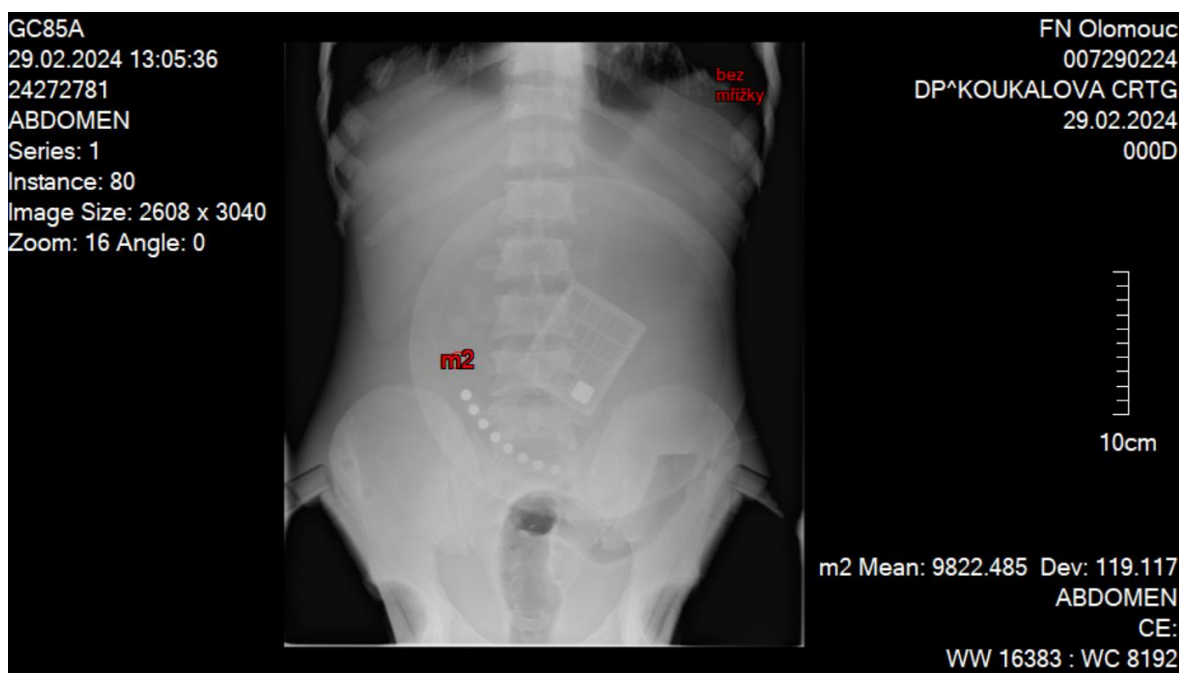


Čas 180 ms (zdroj vlastní)

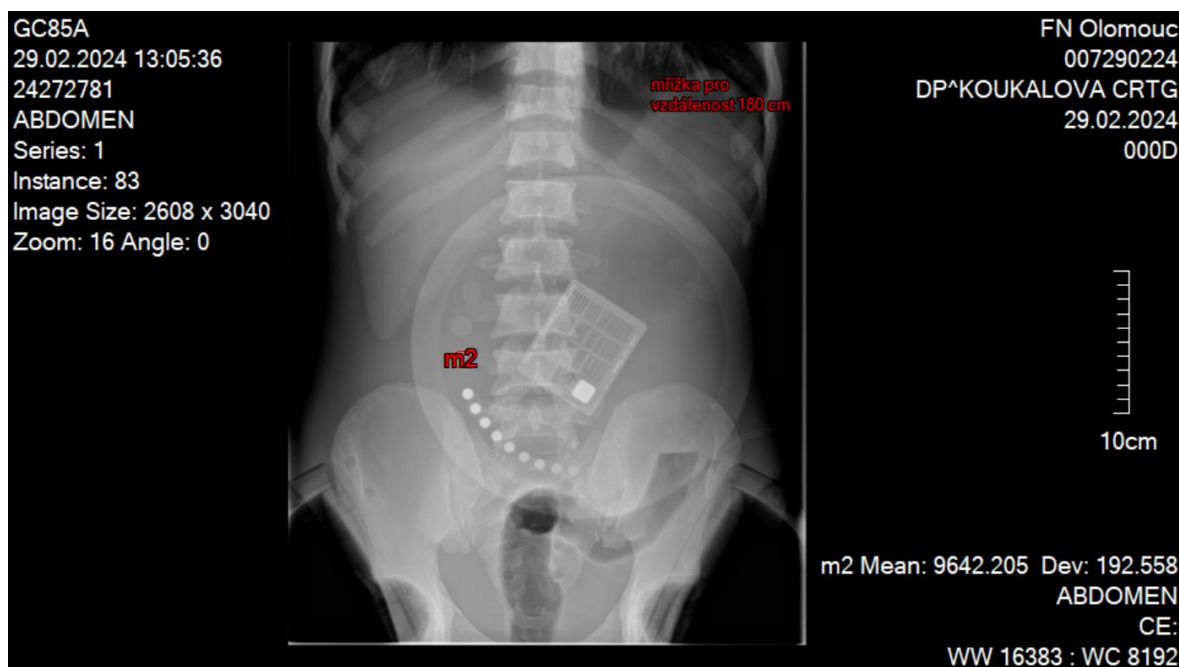


Čas 220 ms (zdroj vlastní)

Příloha 7: Protokol ledviny při zkoumání parametru protirozptylová mřížka

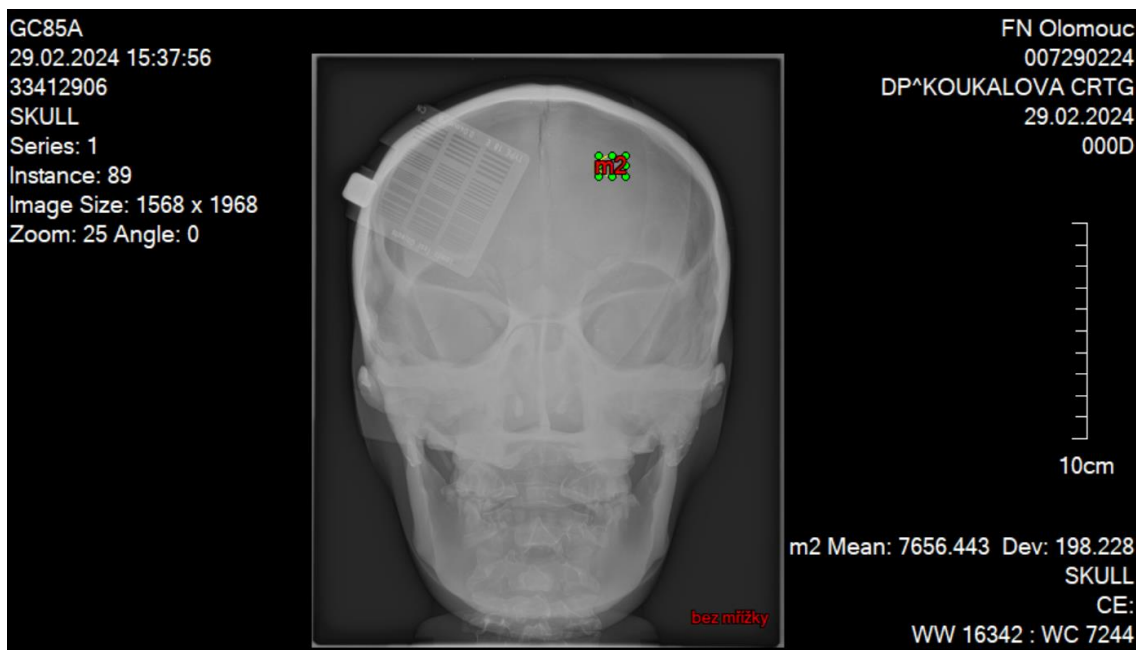


Snímek bez použití mřížky (zdroj vlastní)

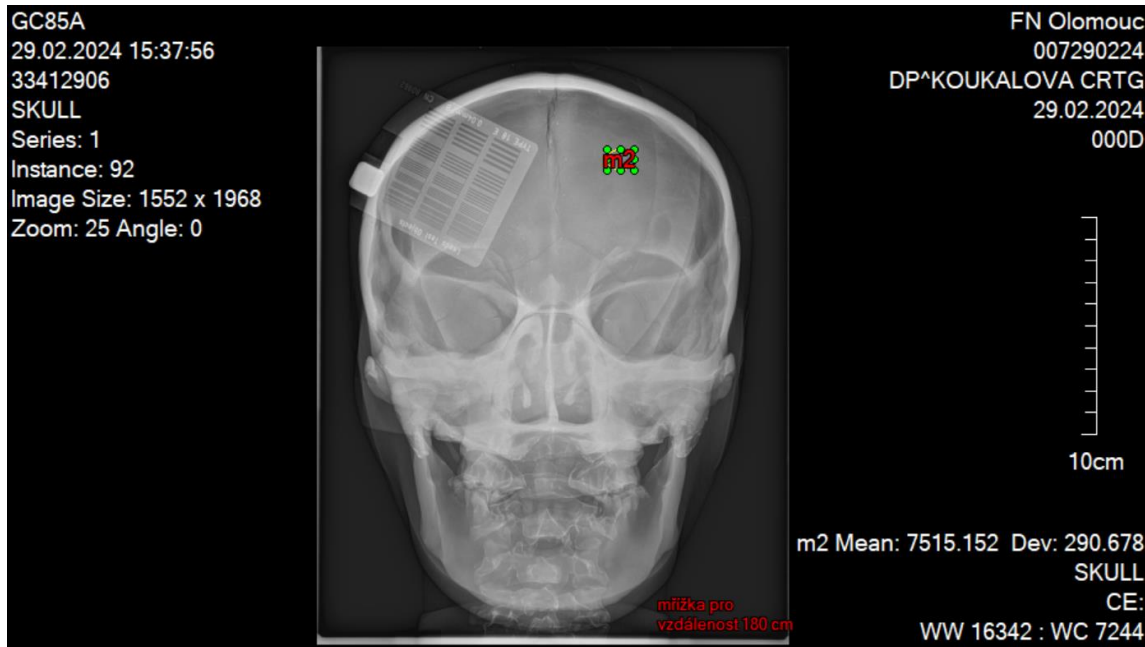


Snímek s použitím mřížky fokusované na 180 cm (zdroj vlastní)

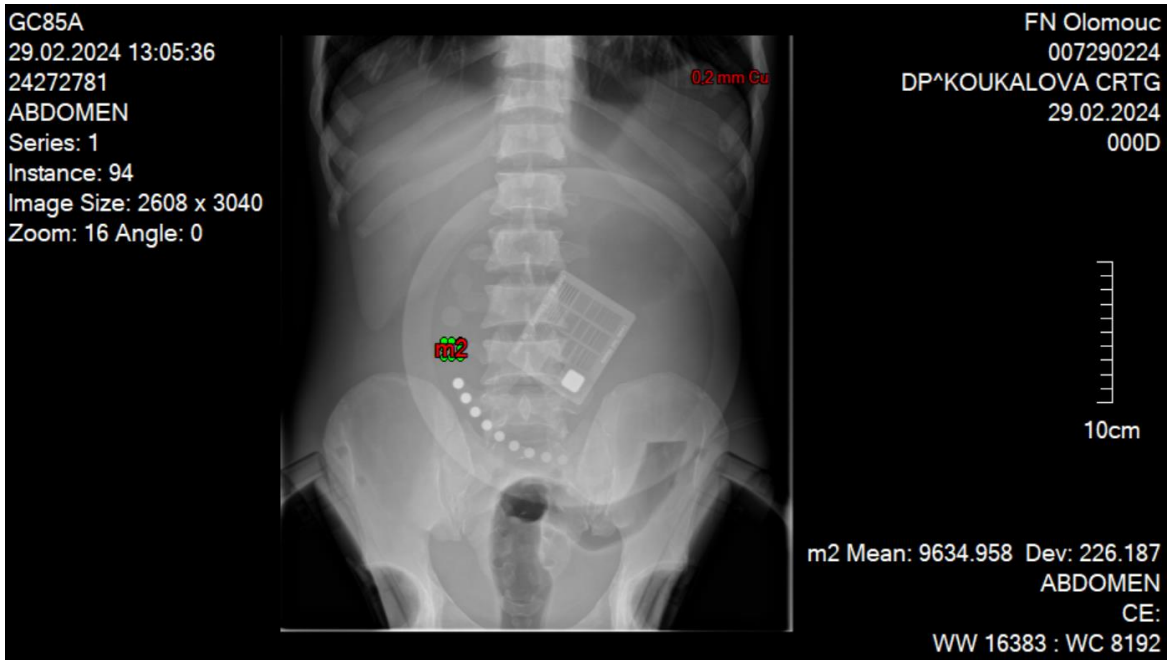
Příloha 8: Snímky lebky získané při zkoumání parametru mřížky



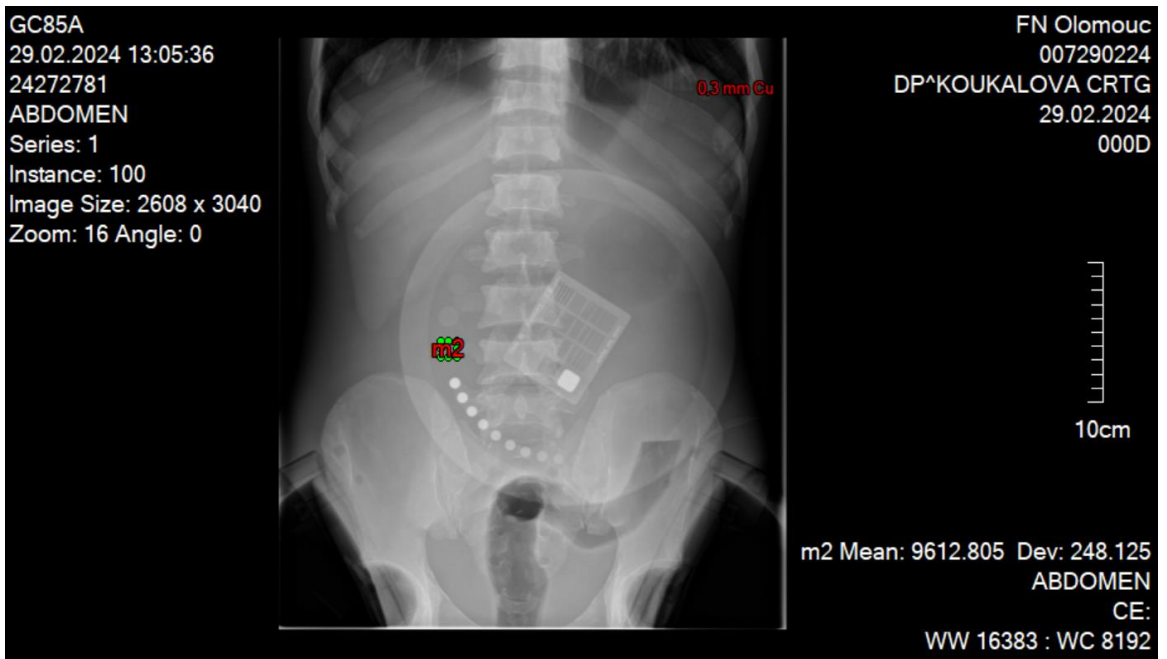
Snímek bez použití mřížky (zdroj vlastní)



Snímek s použitím mřížky s fokusací 180 cm (zdroj vlastní)

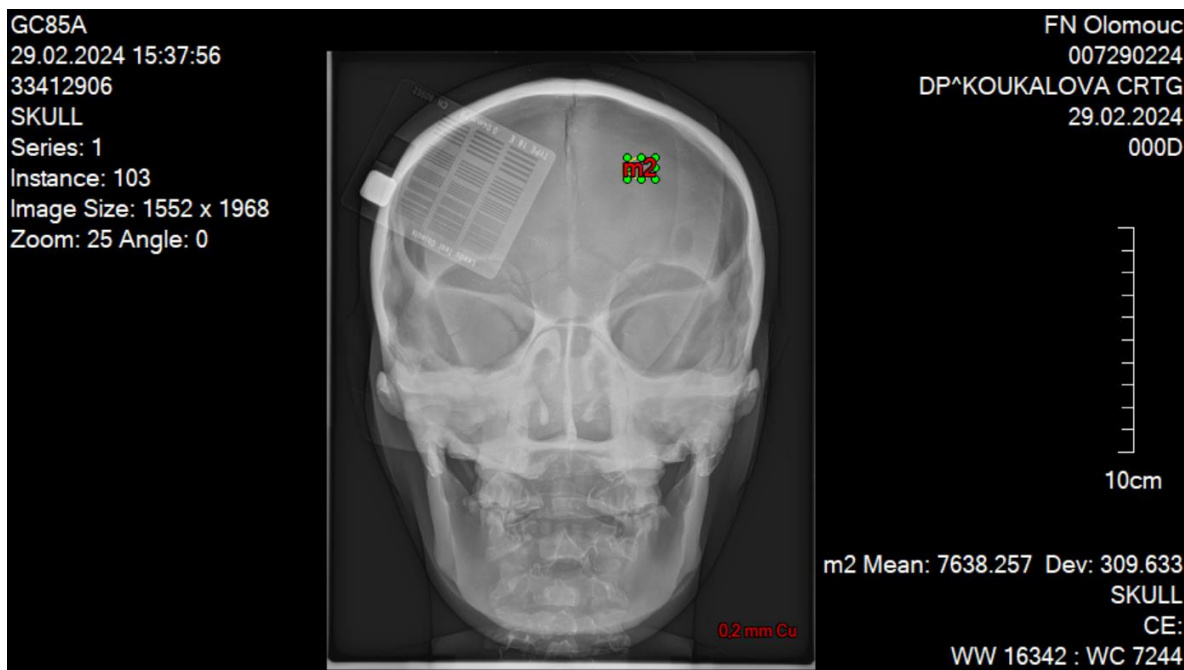


Filtrace 0,2 mm Cu (zdroj vlastni)

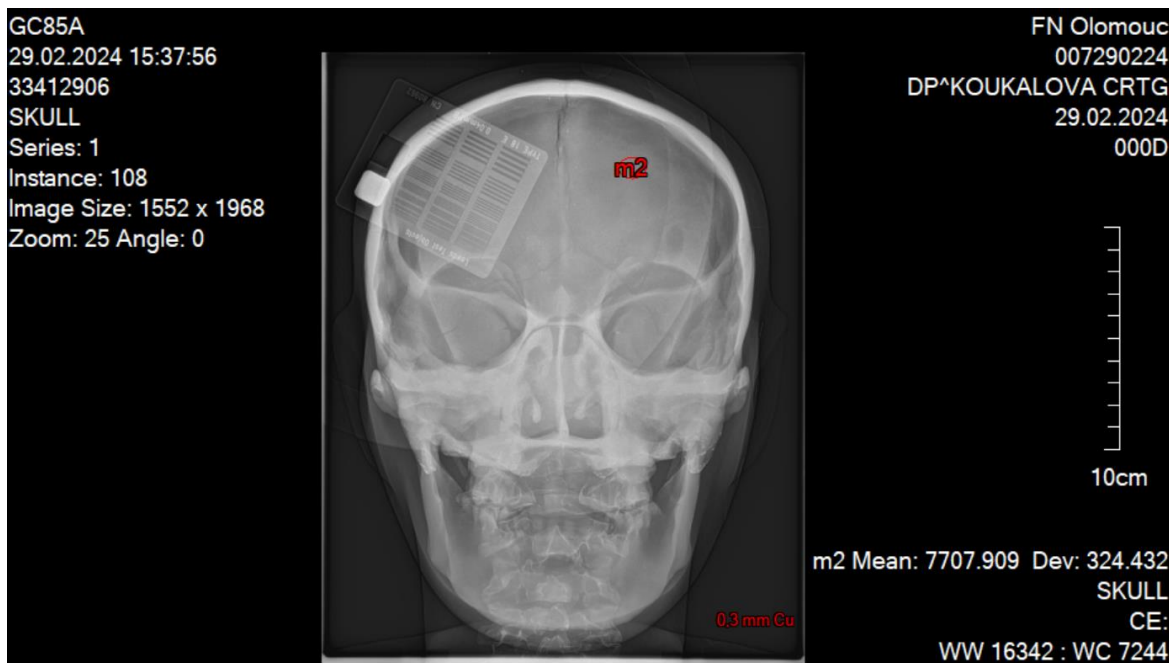


Filtrace 0,3 mm Cu (zdroj vlastni)

Příloha 9: Snímky vyšetřovací protokol lebka s použitím filtrace

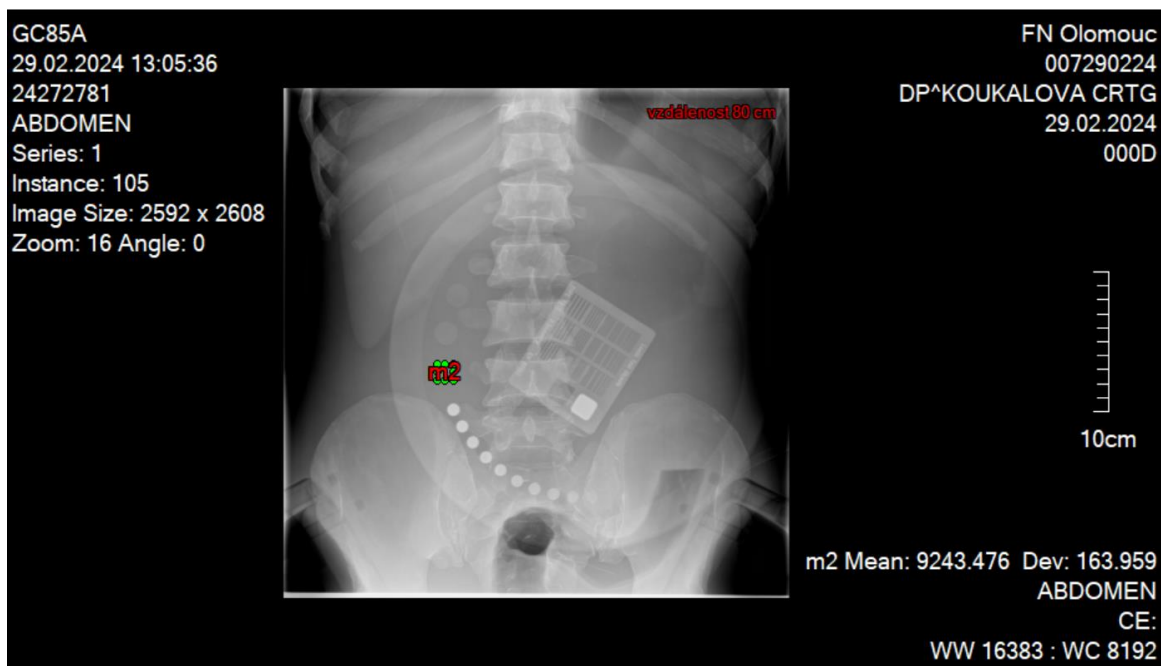


Filtrace 0,2 mm Cu (zdroj vlastní)

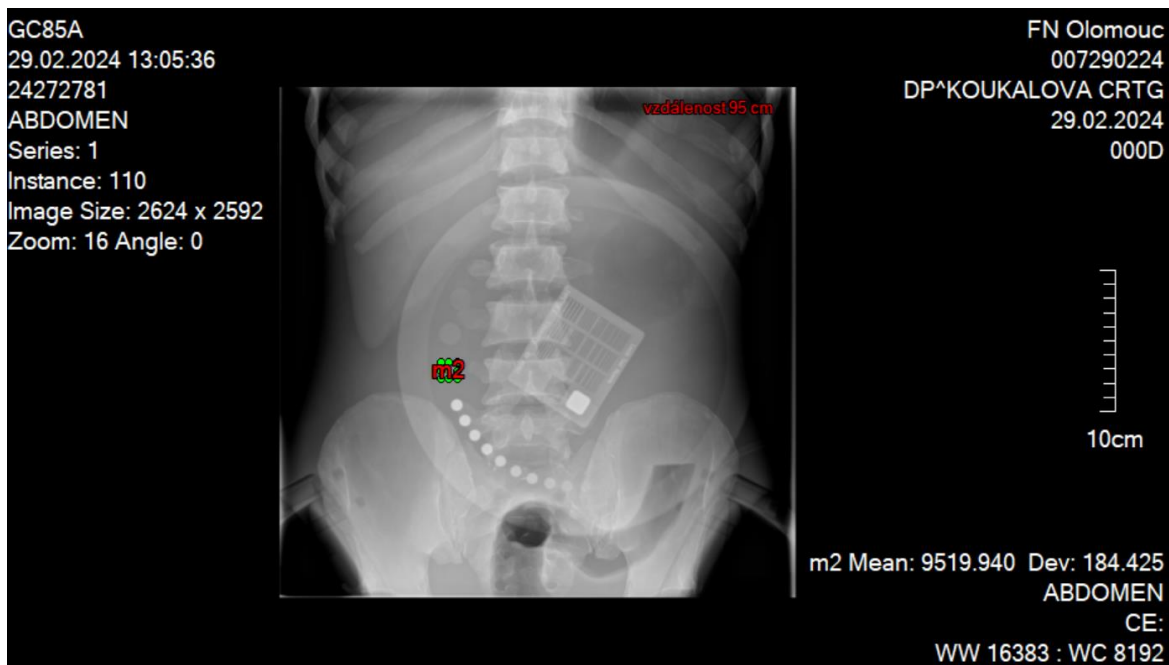


Filtrace 0,3 mm Cu (zdroj vlastní)

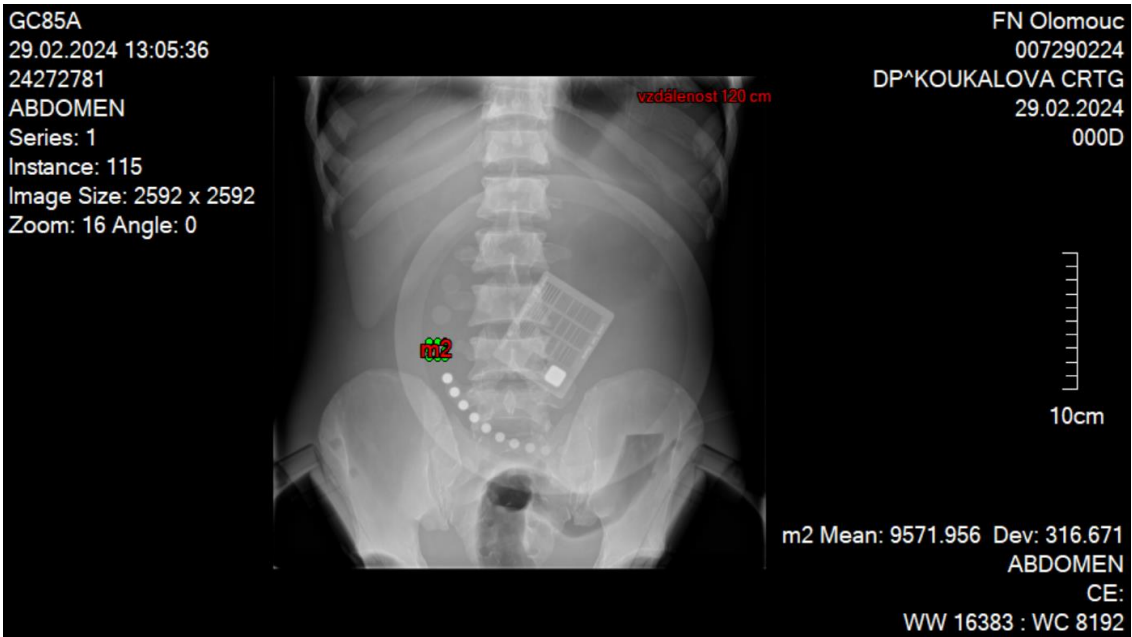
Příloha 10: Snímky ledvin prováděné z různé vzdálenosti



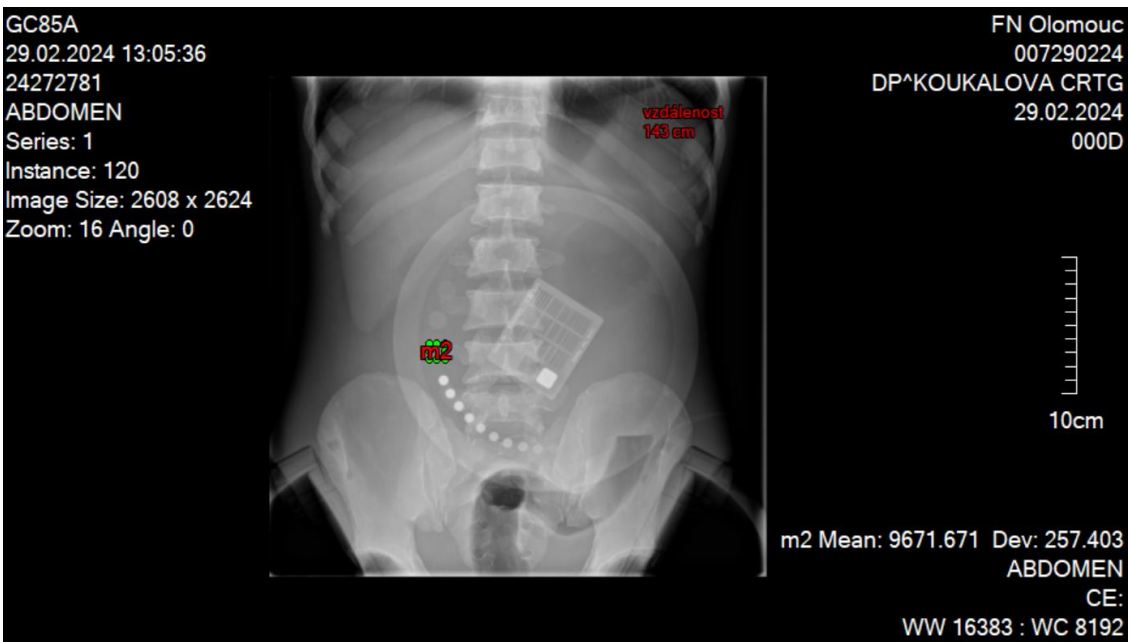
Vzdálenost 80 cm (zdroj vlastní)



Vzdálenost 95 cm (zdroj vlastní)

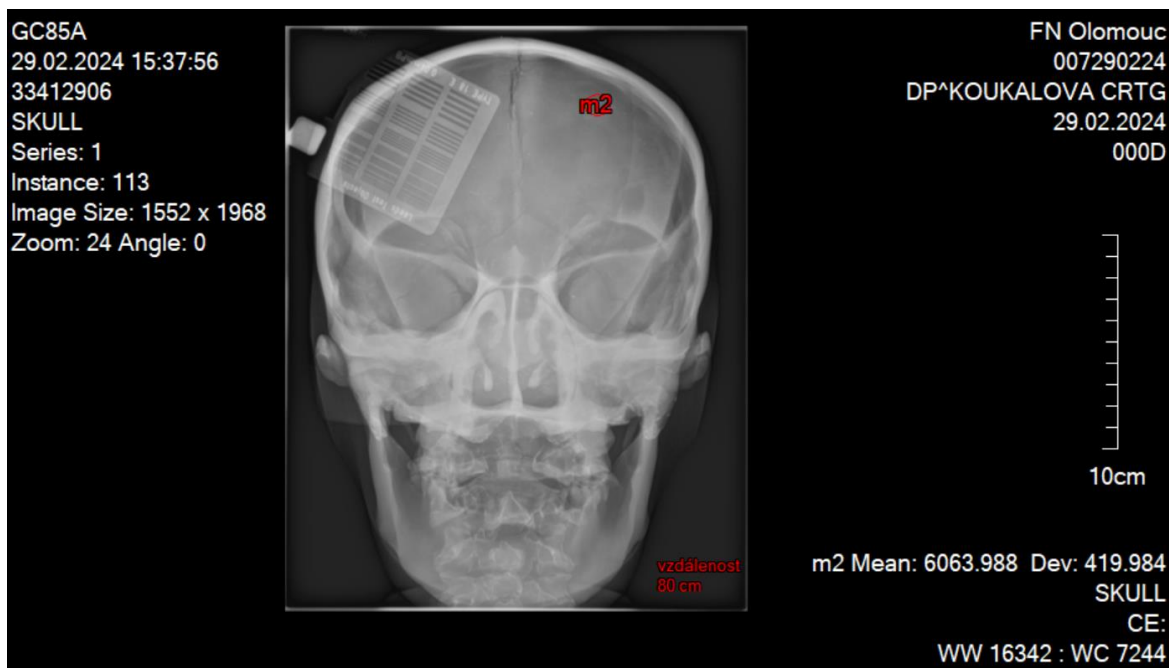


Vzdálenost 120 cm (zdroj vlastní)

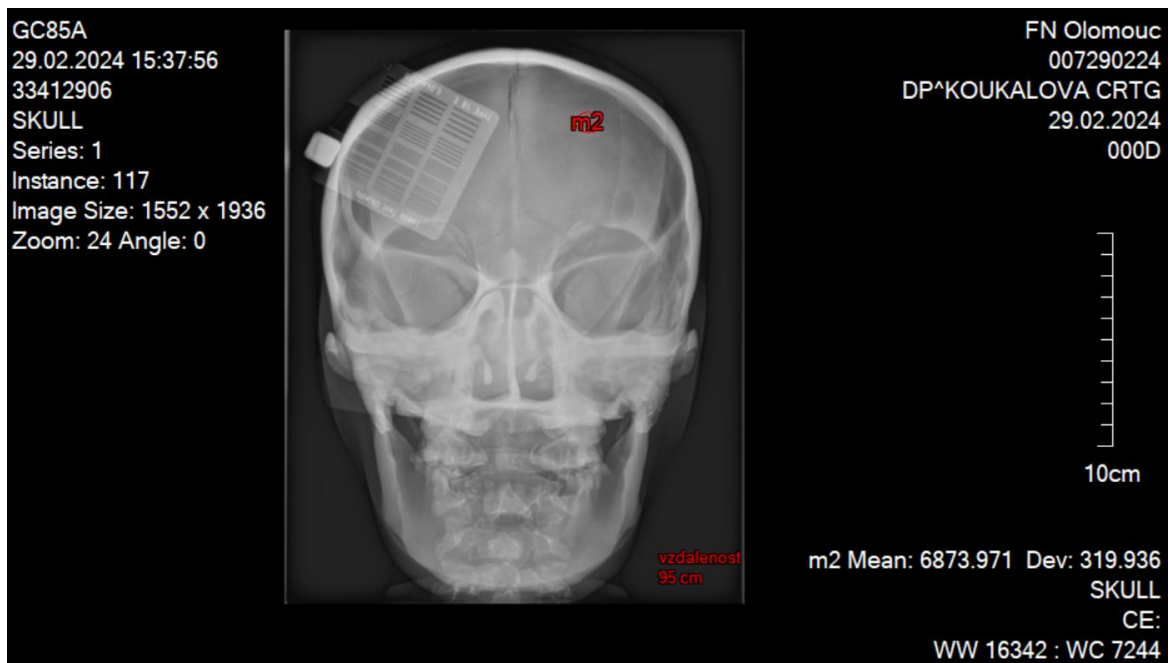


Vzdálenost 143 cm (zdroj vlastní)

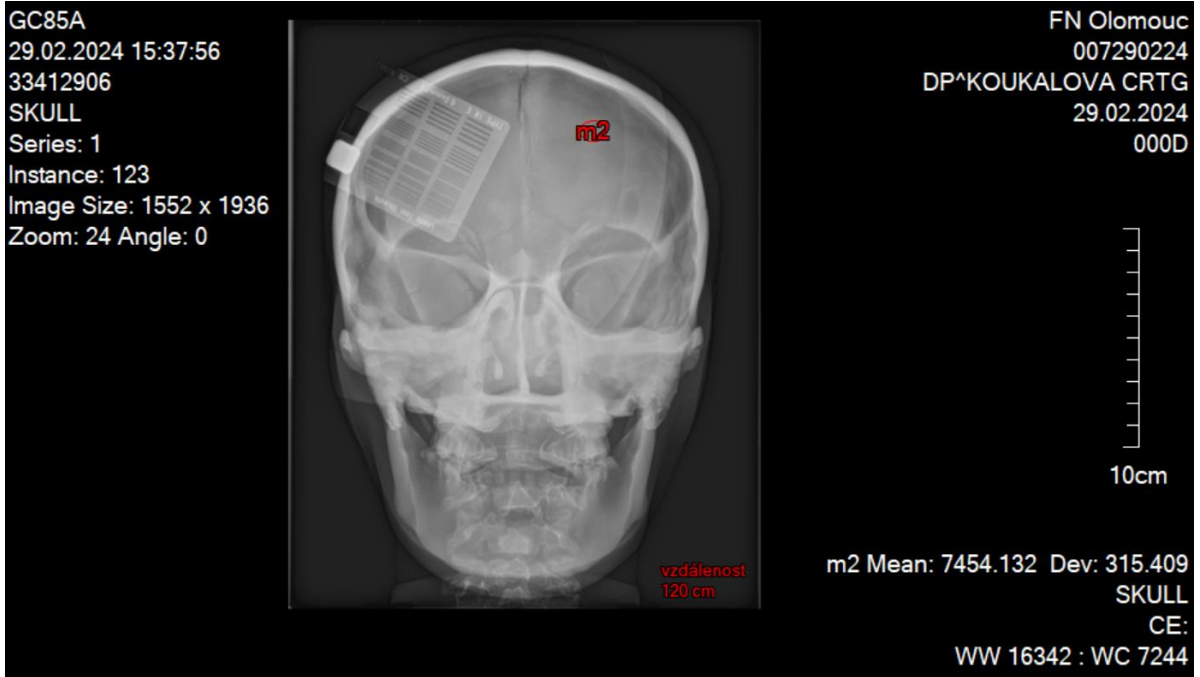
Příloha 11: Snímky lebky snímkové z různých vzdáleností



Vzdálenost 80 cm (zdroj vlastní)



Vzdálenost 95 cm (zdroj vlastní)

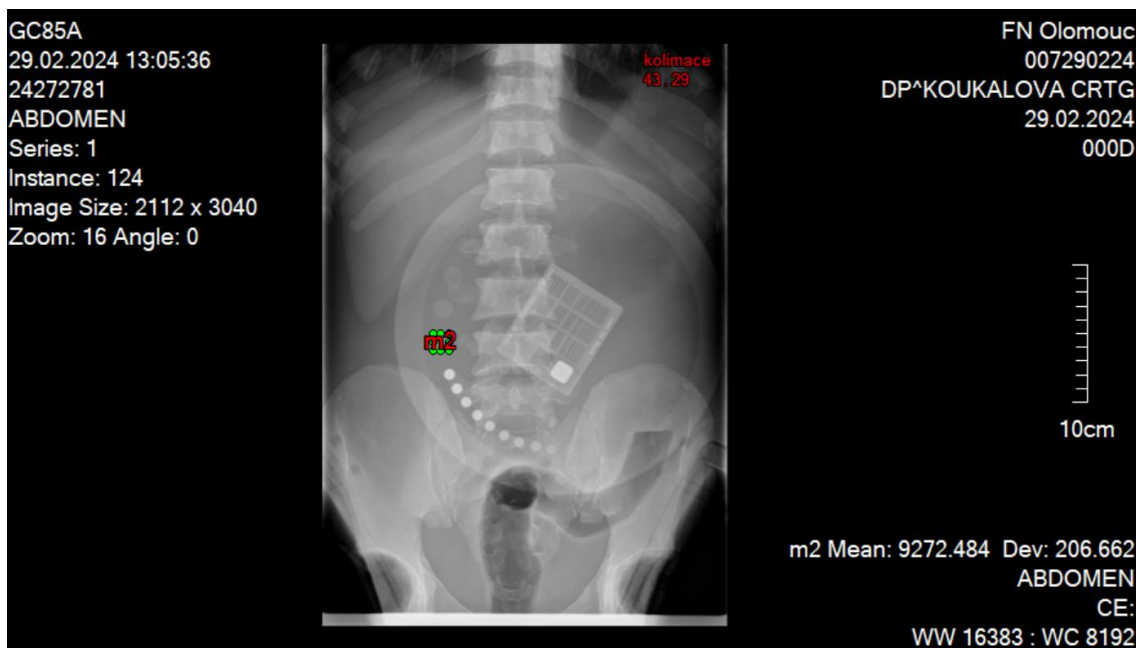


Vzdálenost 120 cm (zdroj vlastní)

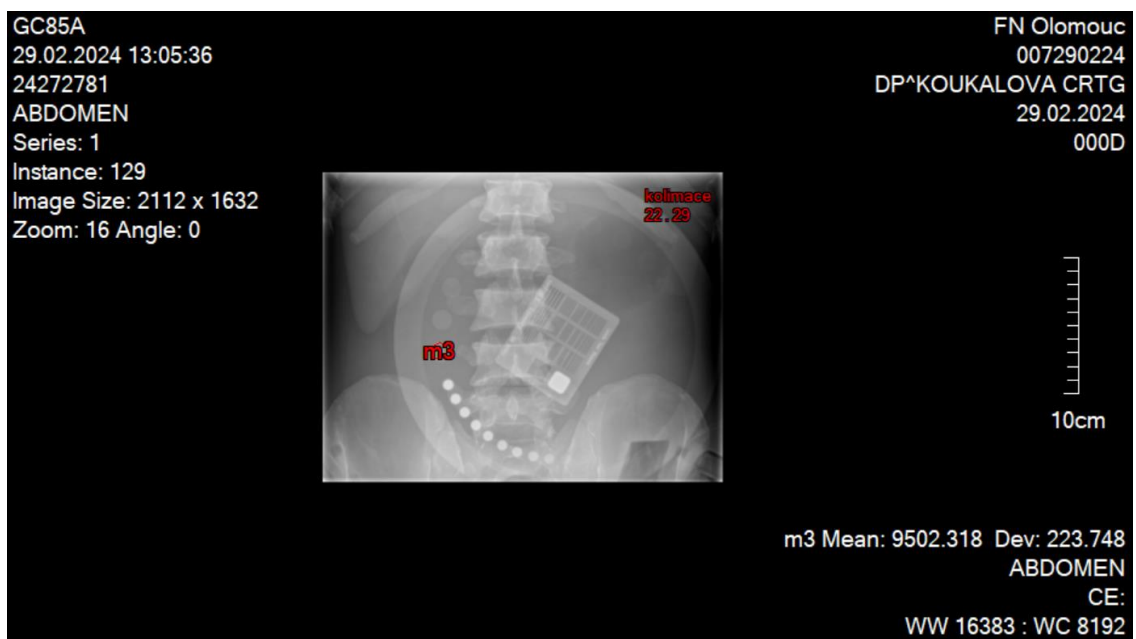


Vzdálenost 142 cm (zdroj vlastní)

Příloha 12: Snímky ledvin s různou kolimací

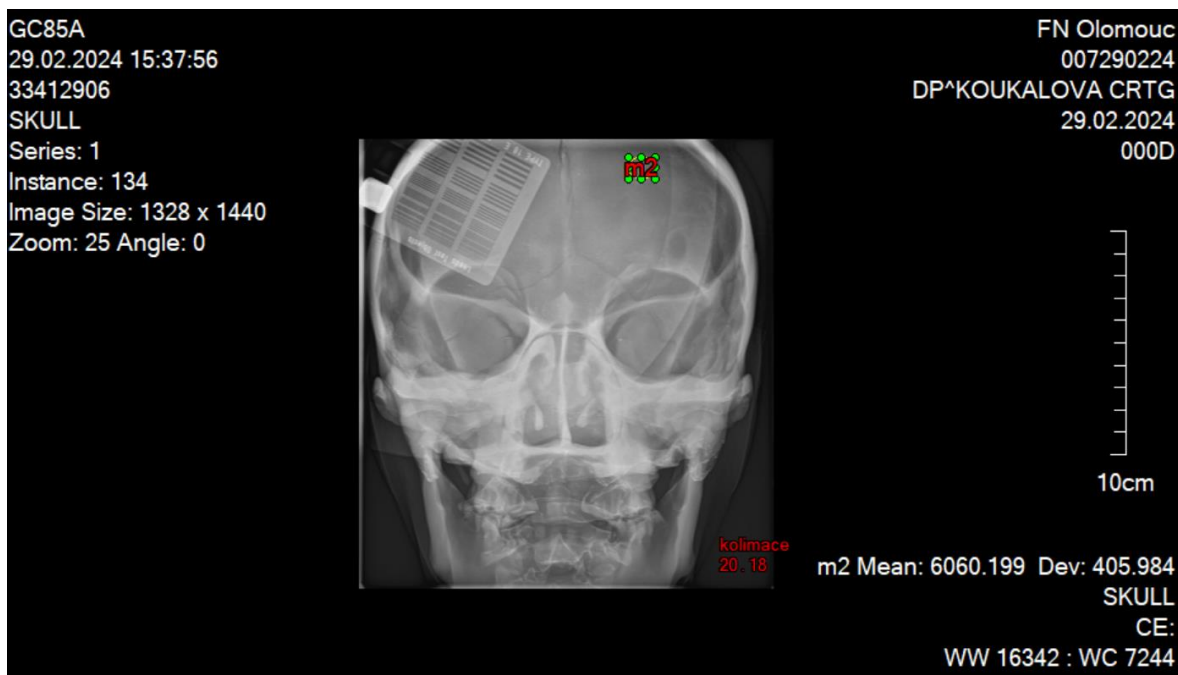


Kolimace 43 x 29 cm (zdroj vlastní)

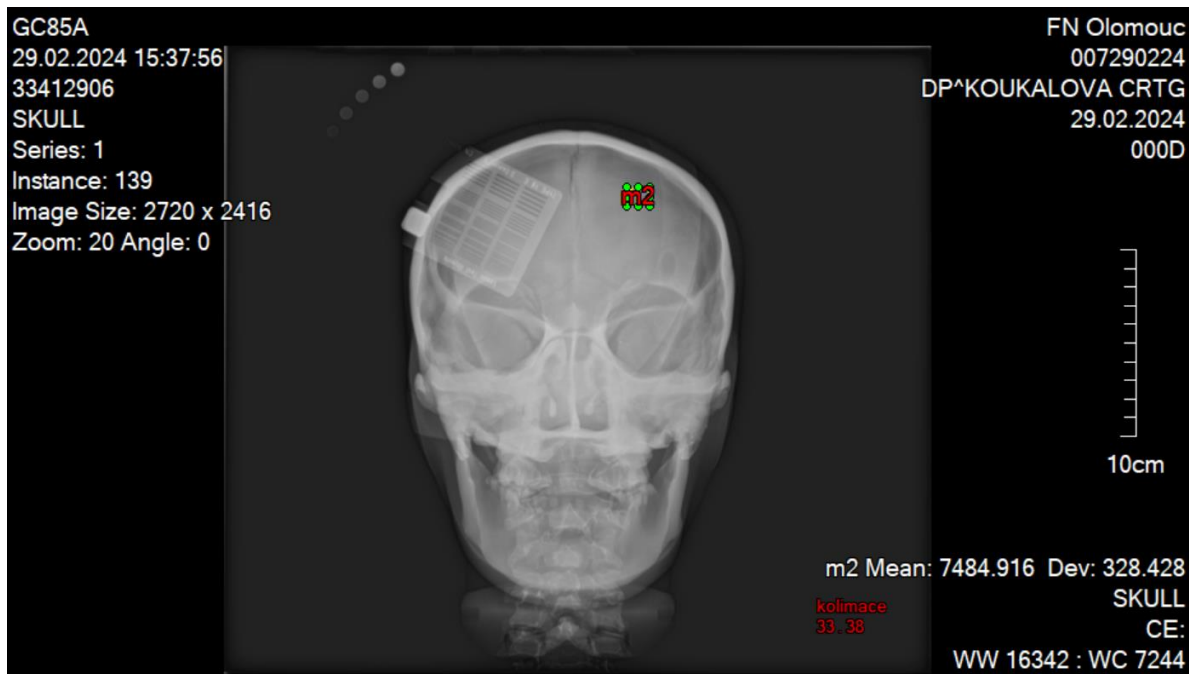


Kolimace 22 x 29 cm (zdroj vlastní)

Příloha 13: Protokol lebka s různou velikostí pole

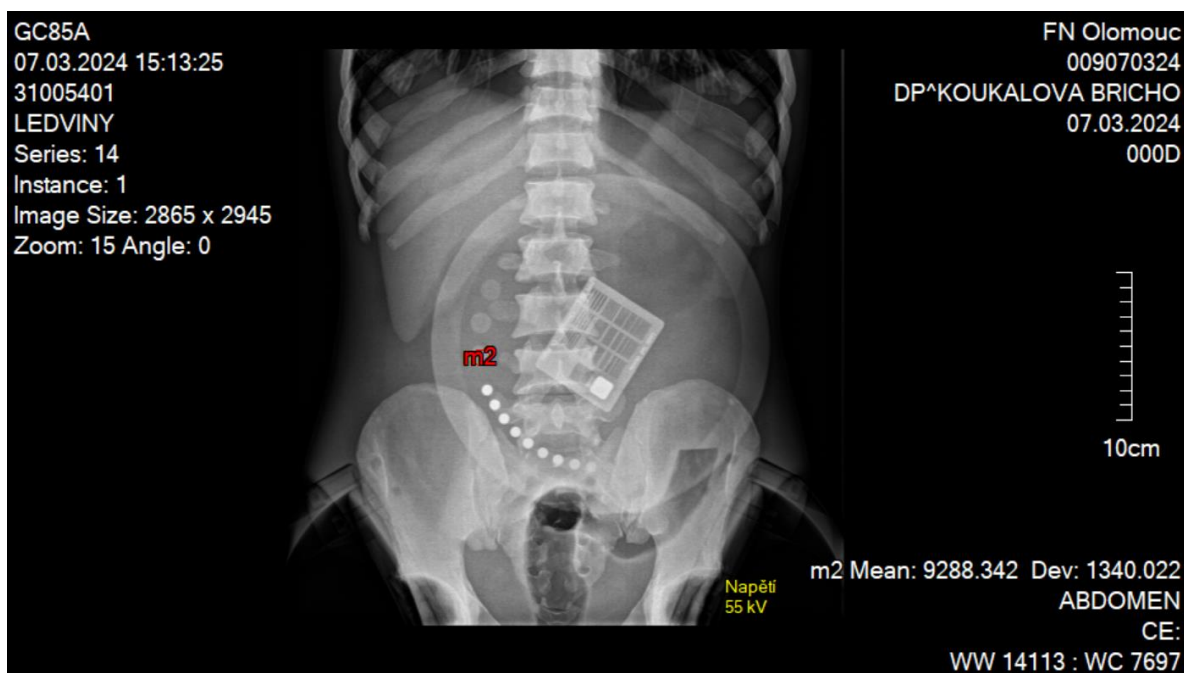


Kolimace 20 x 18 cm (zdroj vlastní)

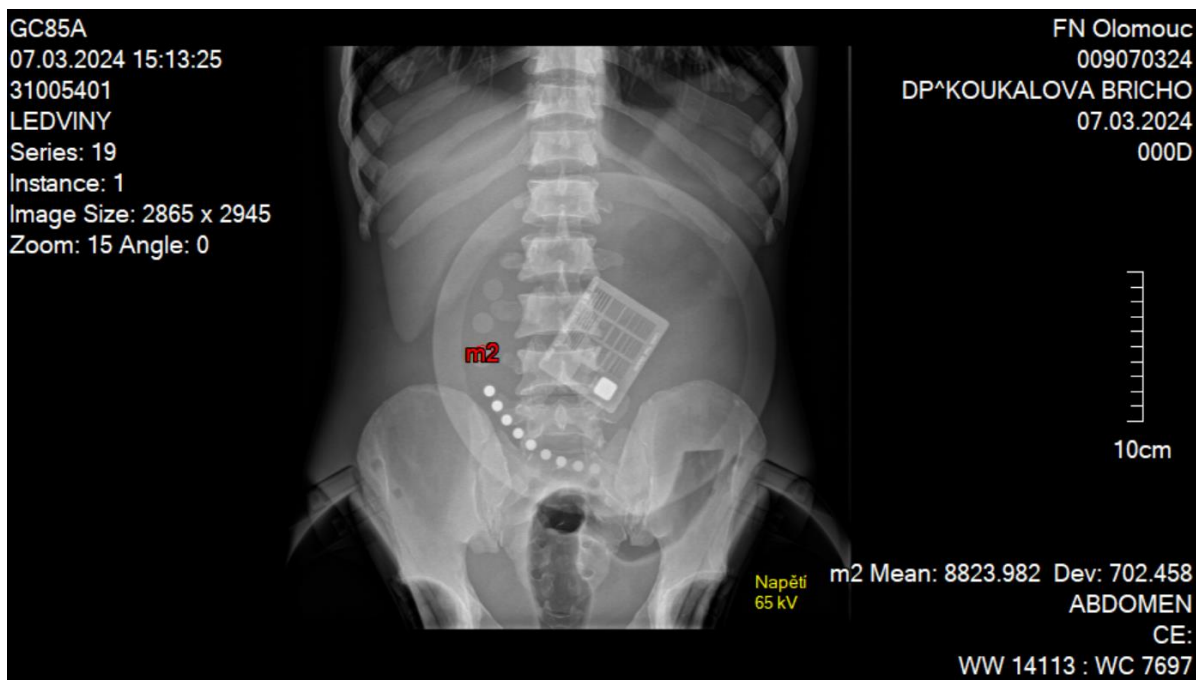


Kolimace 33 x 38 cm (zdroj vlastní)

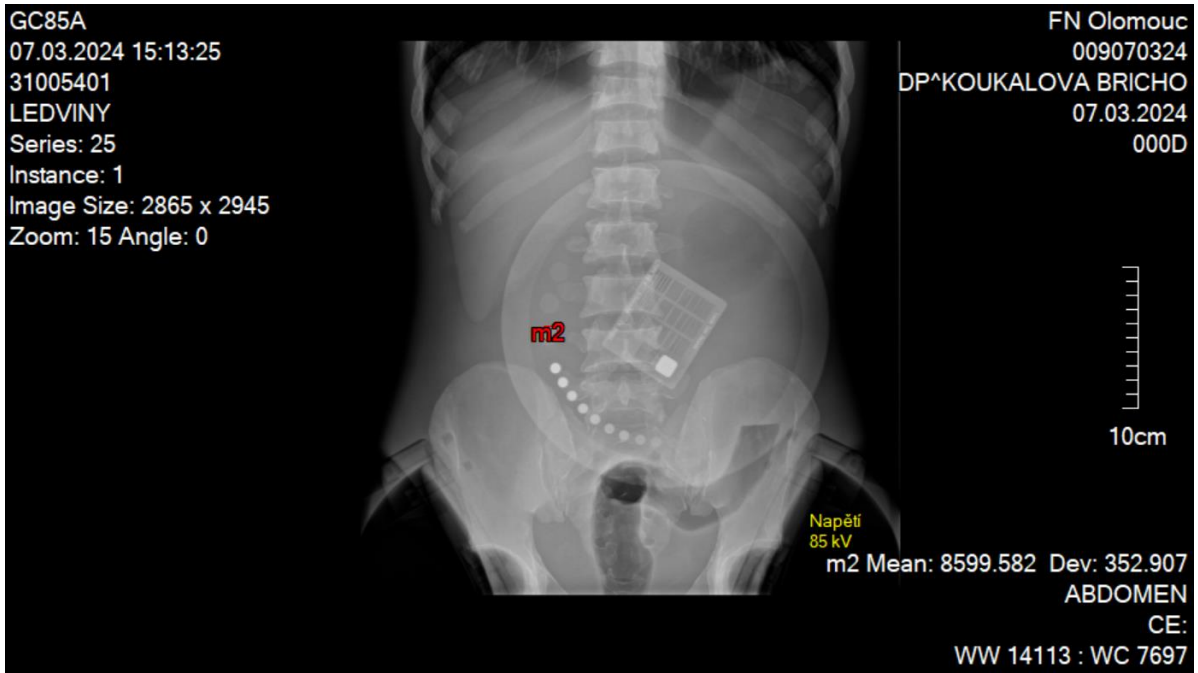
Příloha 14: Snímky ledvin s různým nastavením napětí



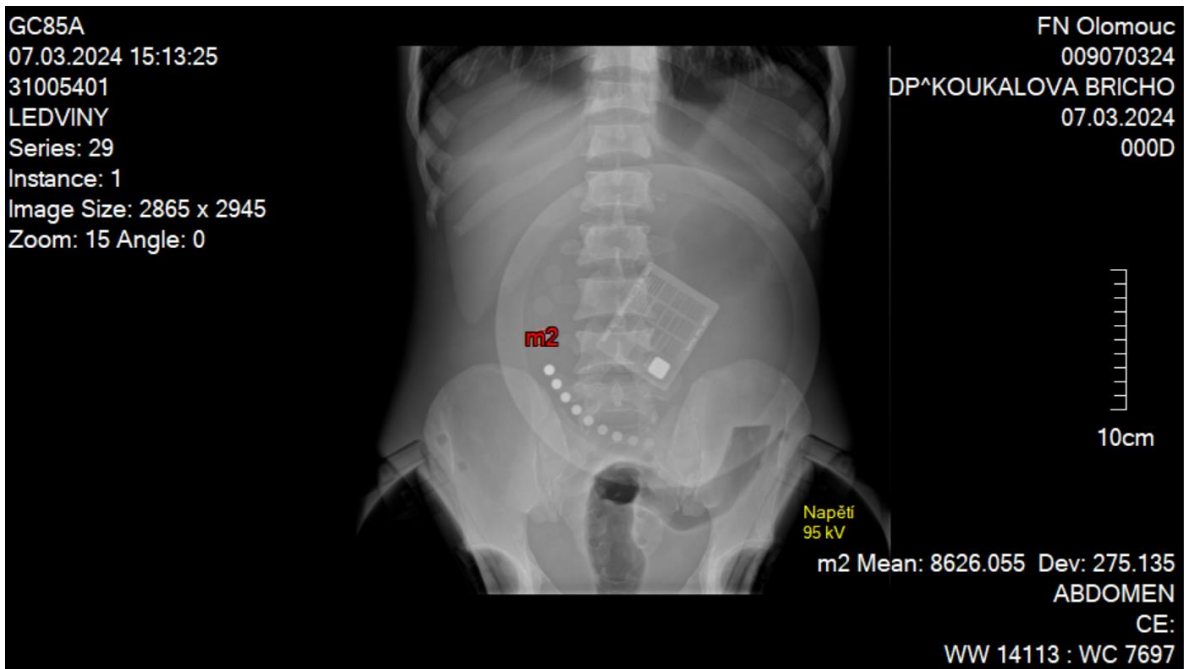
Napětí 55 kV (zdroj vlastní)



Napětí 65 kV (zdroj vlastní)

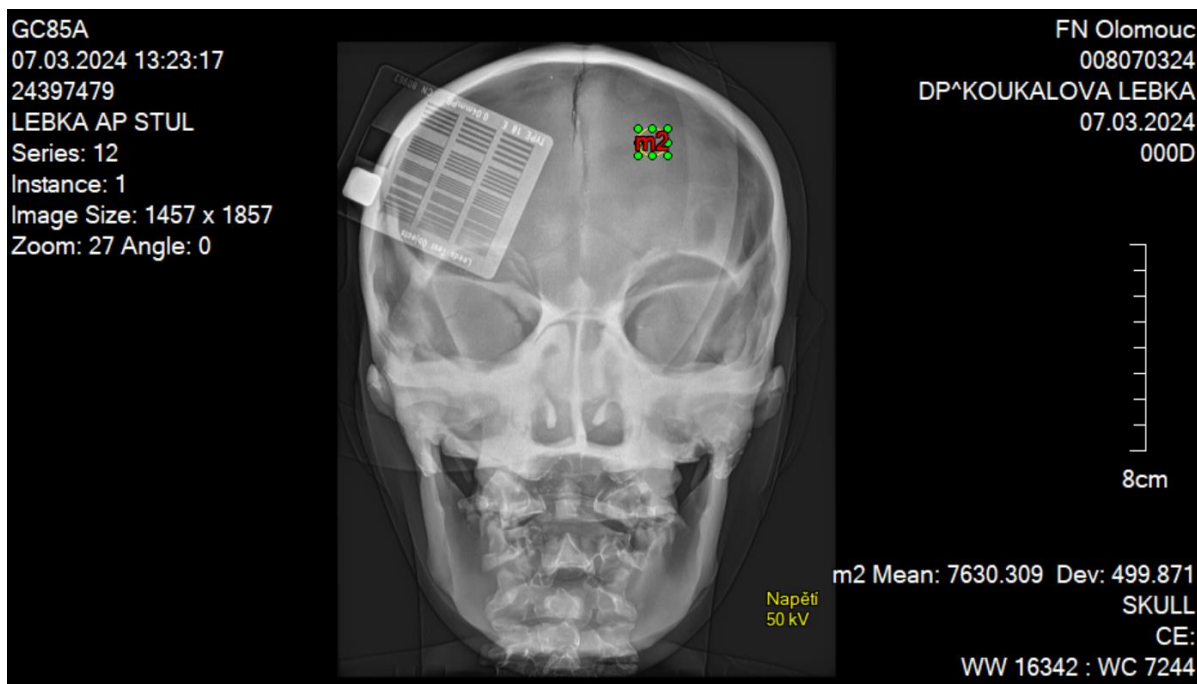


Napětí 85 kV (zdroj vlastní)

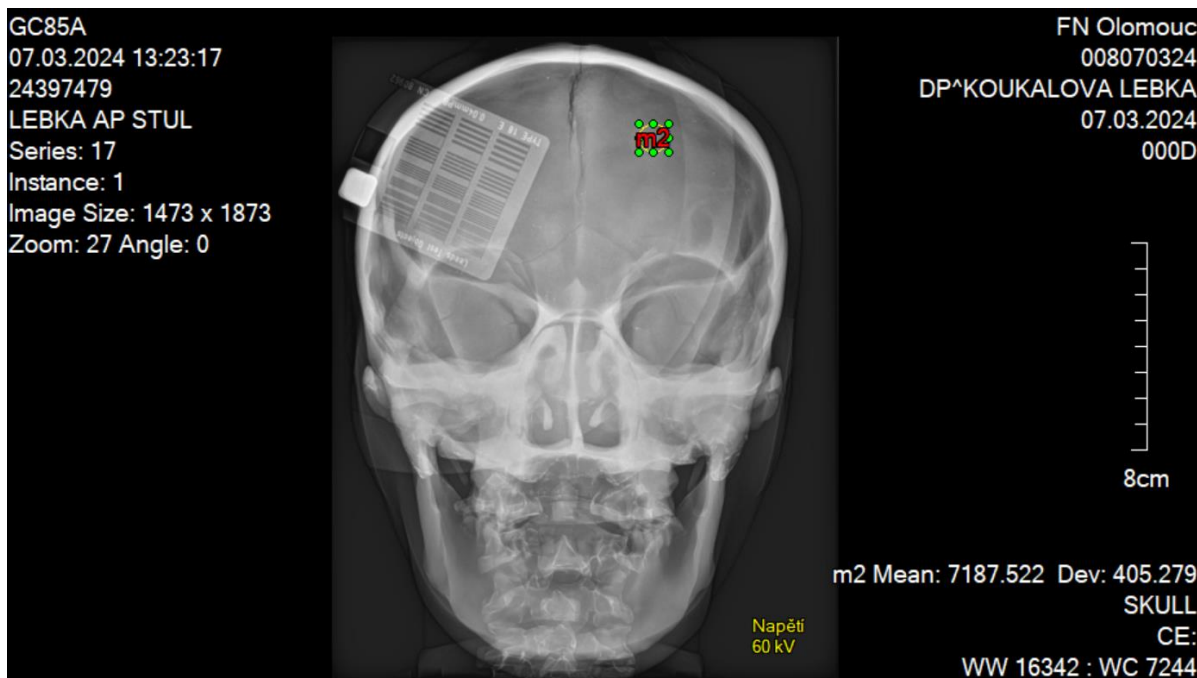


Napětí 95 kV (zdroj vlastní)

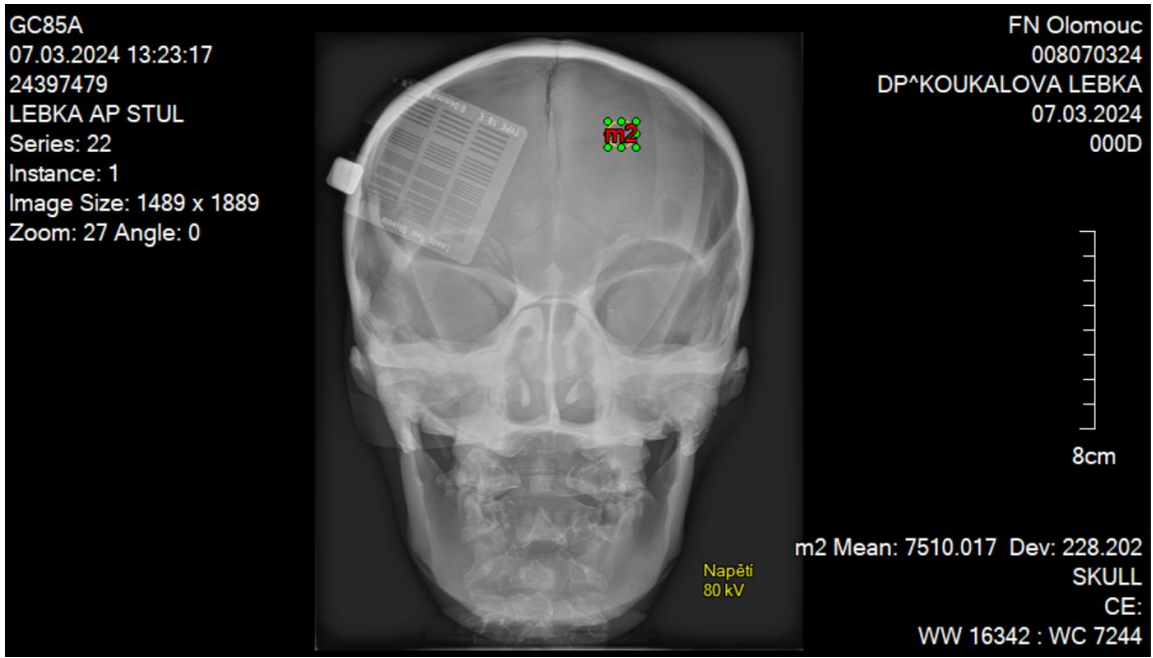
Příloha 15: Snímky lebky s nastavením různých hodnot napětí



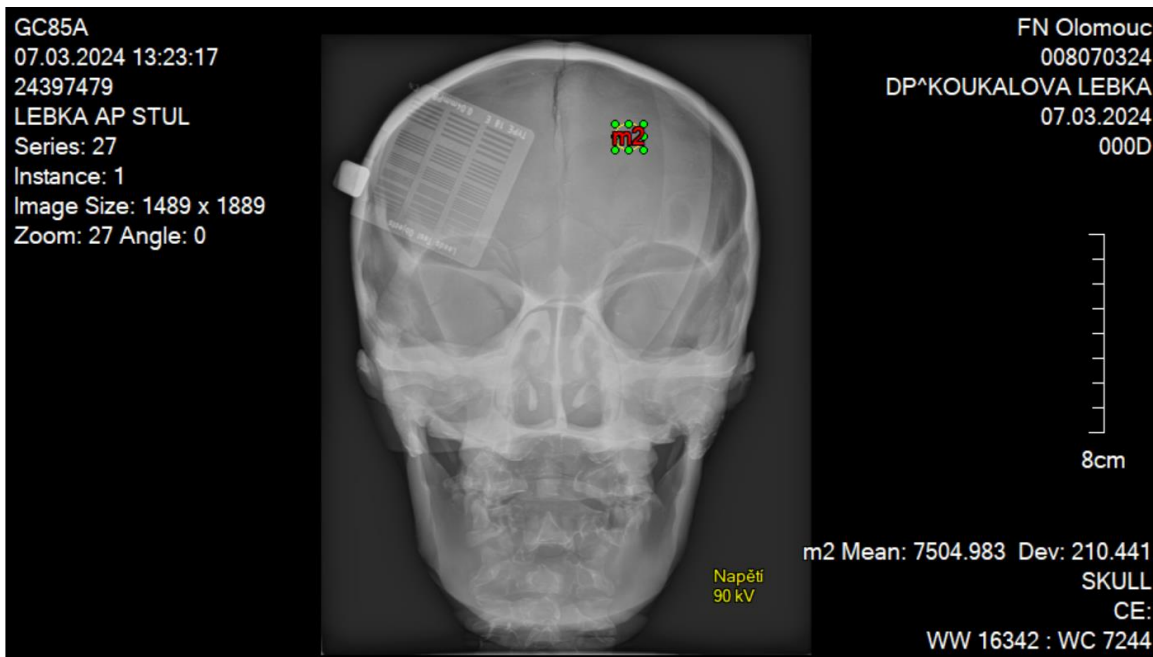
Napětí 50 kV (zdroj vlastní)



Napětí 60 kV (zdroj vlastní)

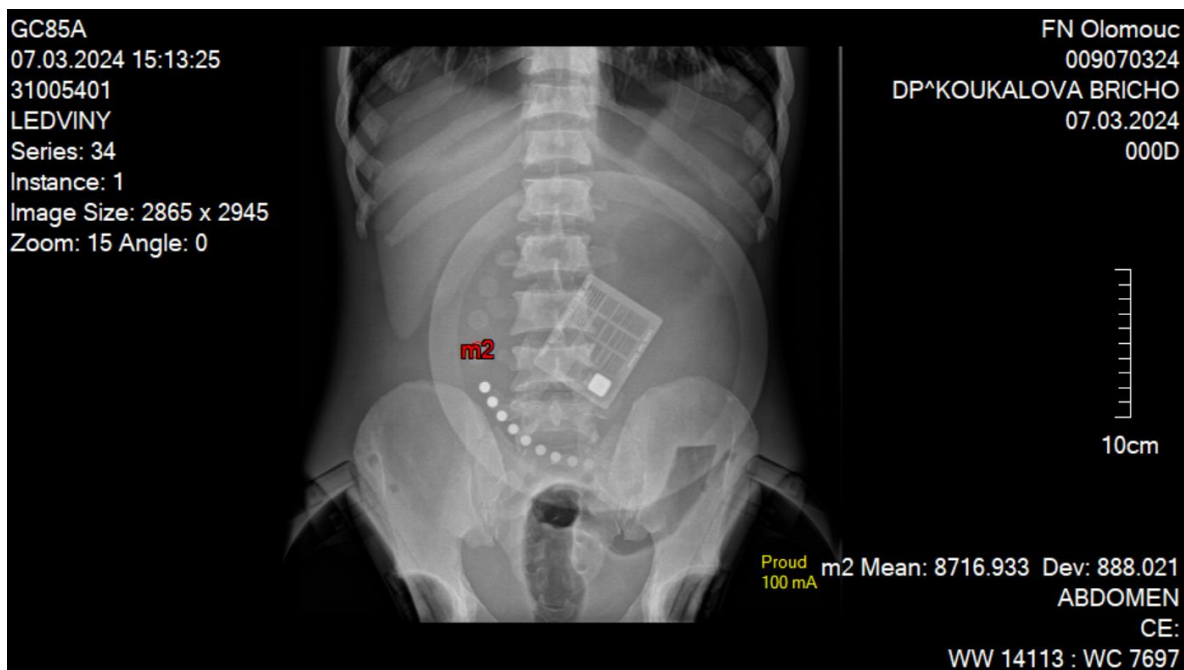


Napětí 80 kV (zdroj vlastní)

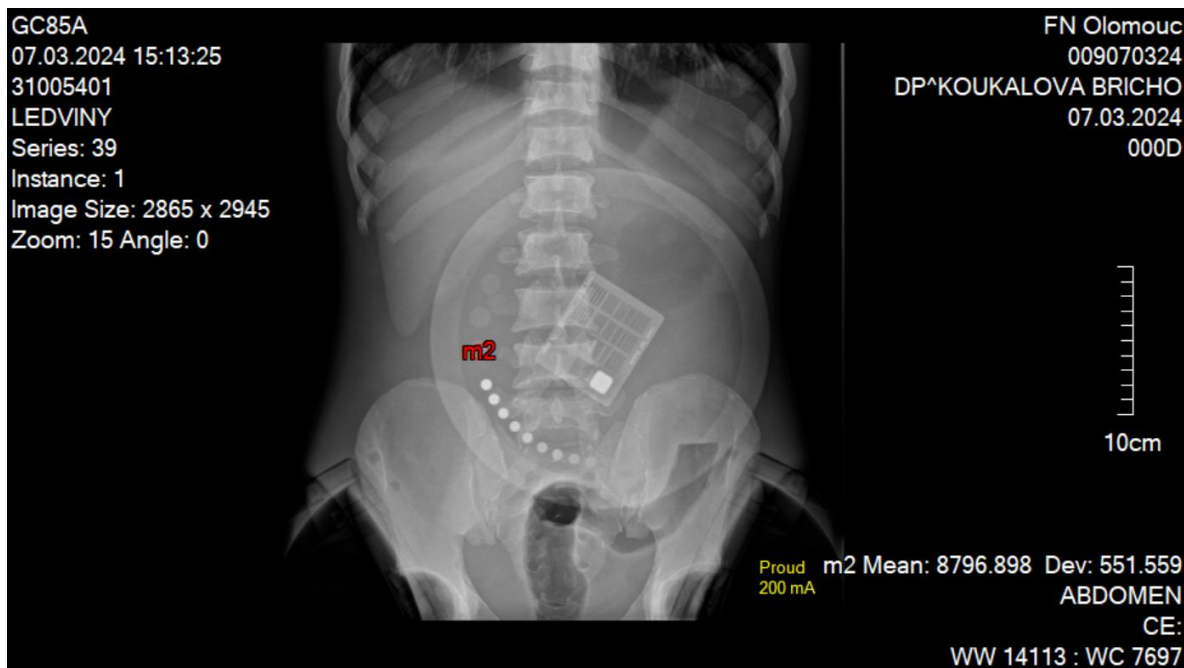


Napětí 90 kV (zdroj vlastní)

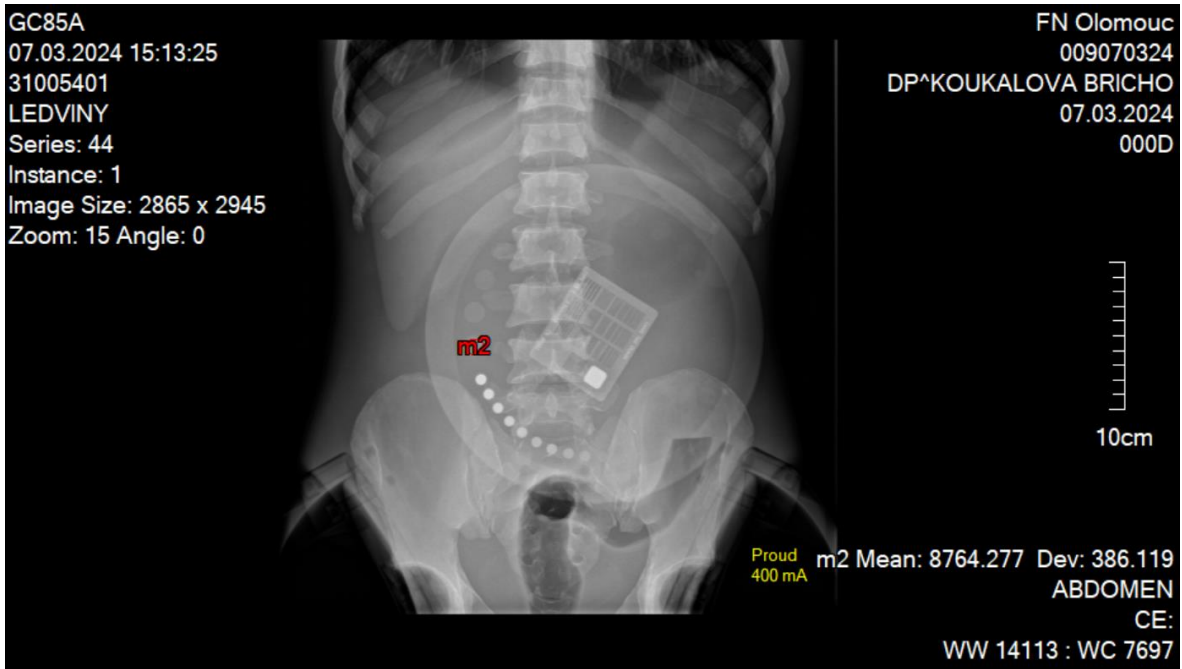
Příloha 16: Vyšetřovací protokol ledviny během měření parametru proud



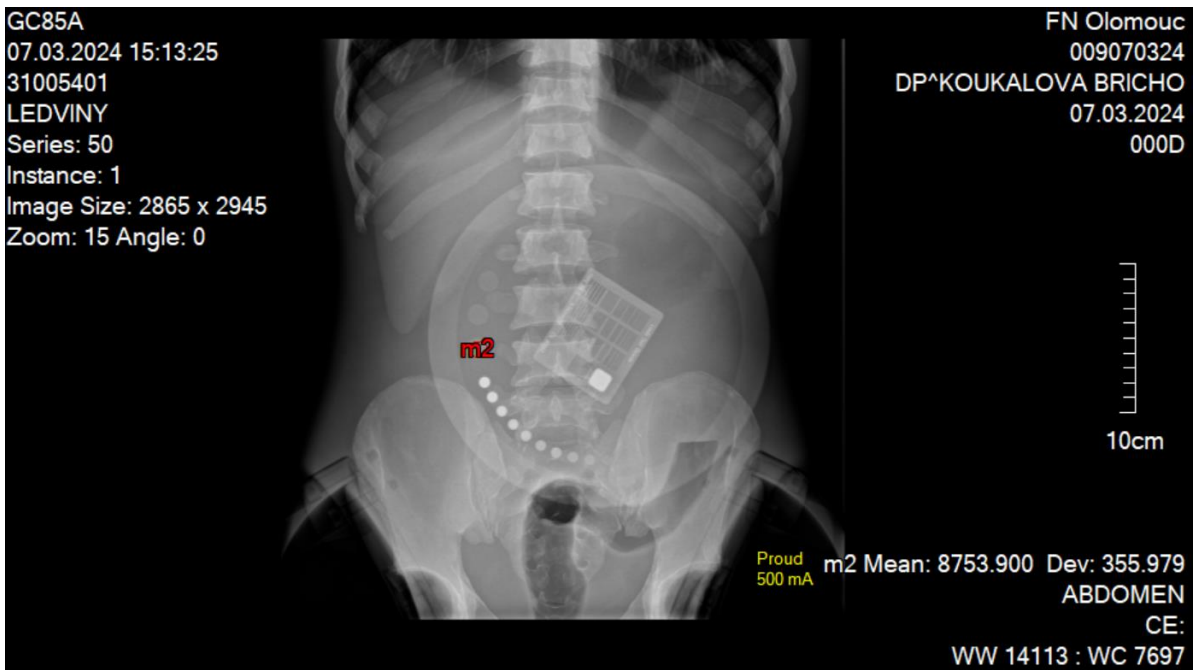
Proud 100 mA (zdroj vlastní)



Proud 200 mA (zdroj vlastní)

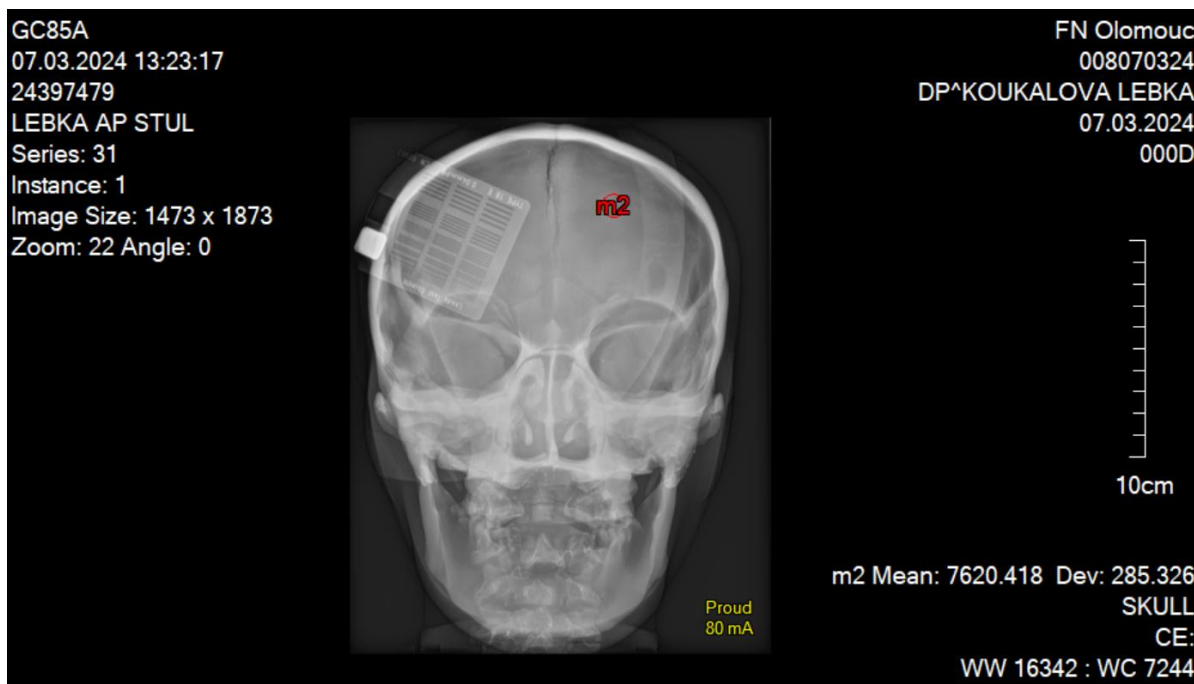


Proud 400 mA (zdroj vlastní)

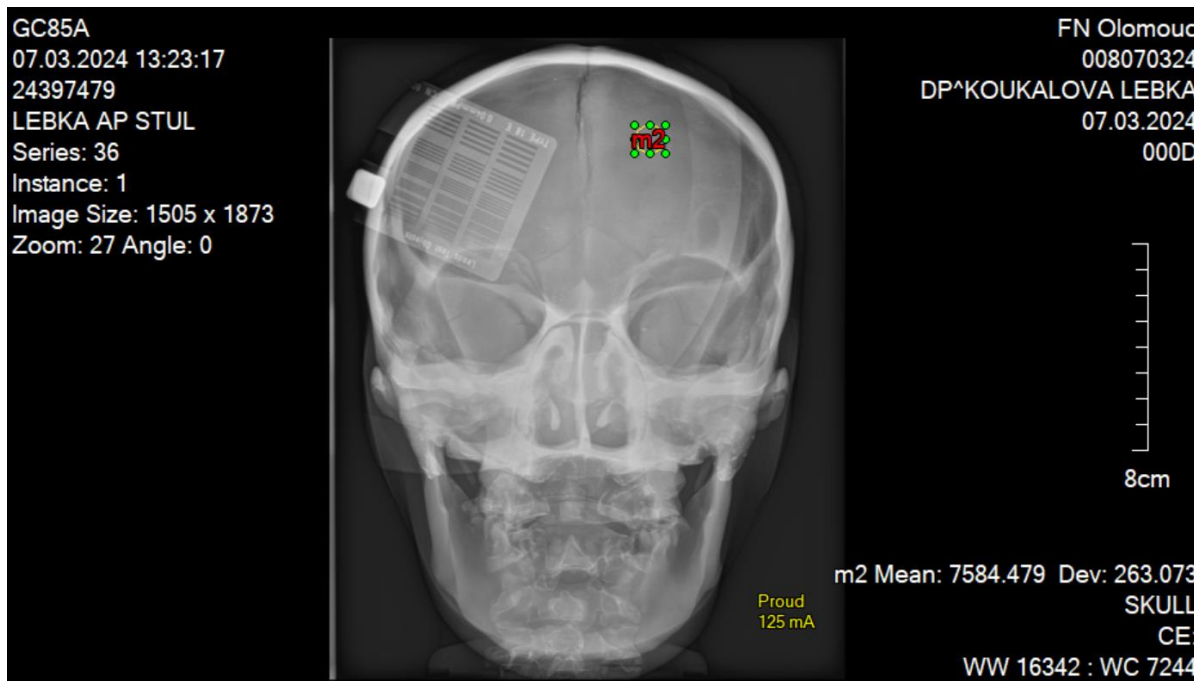


Proud 500 mA (zdroj vlastní)

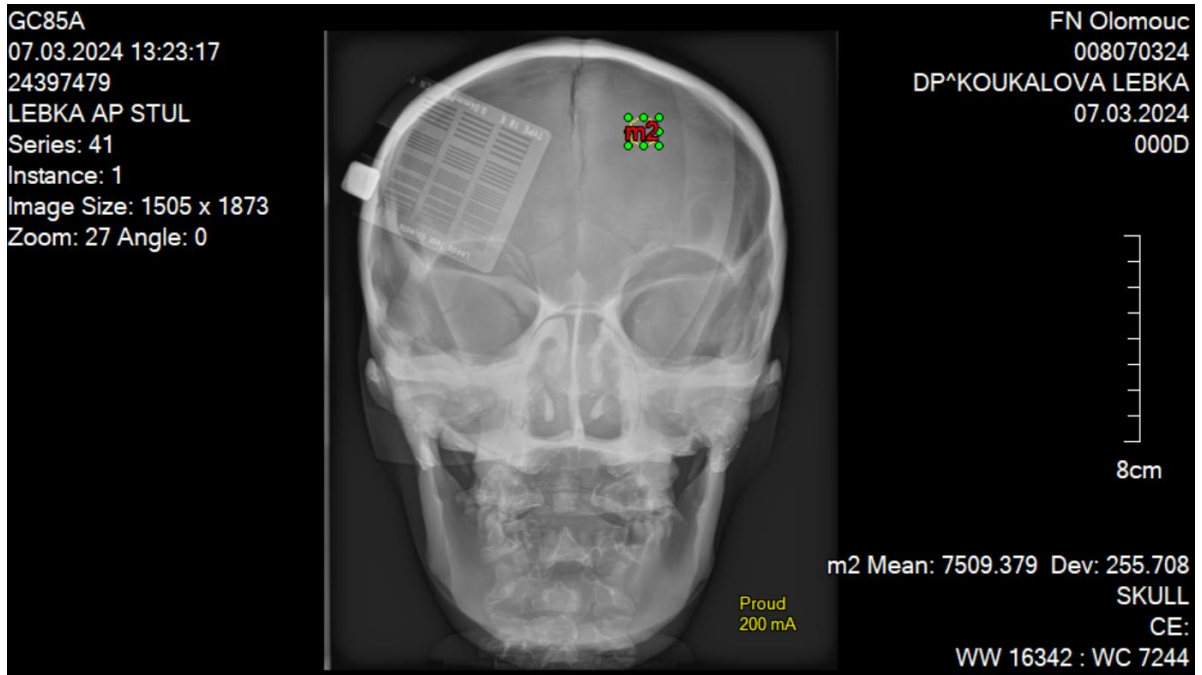
Příloha 17: Snímky lebky s různým nastavením proudu



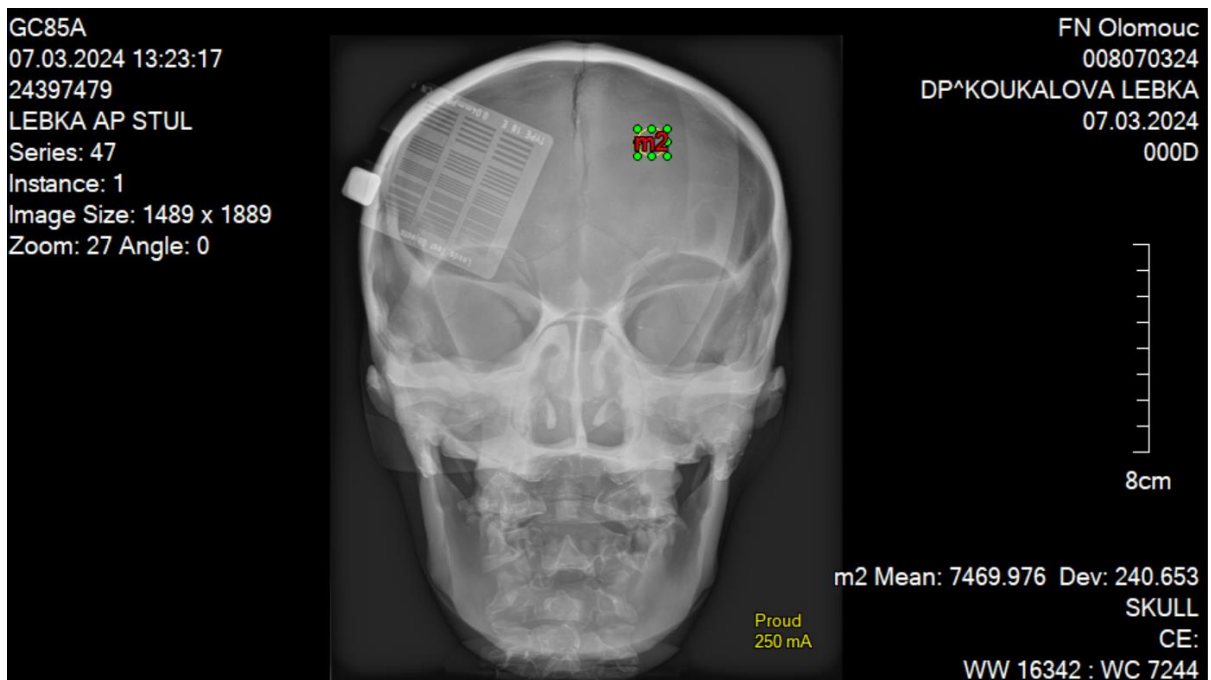
Proud 80 mA (zdroj vlastní)



Proud 125 mA (zdroj vlastní)

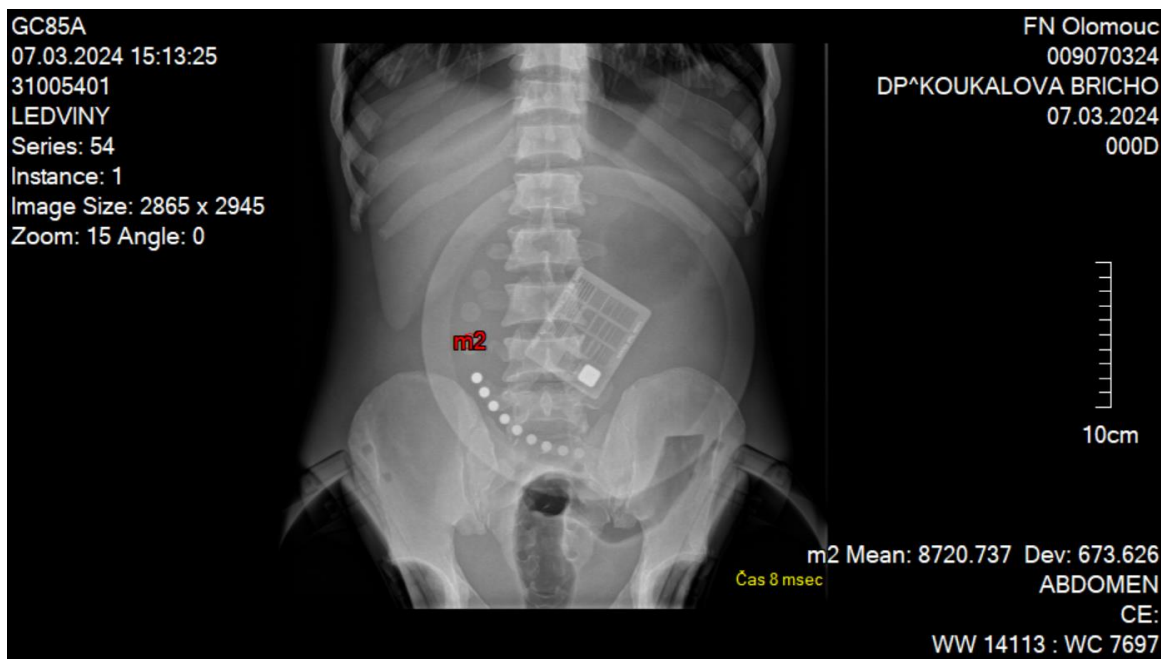


Proud 200 mA (zdroj vlastní)

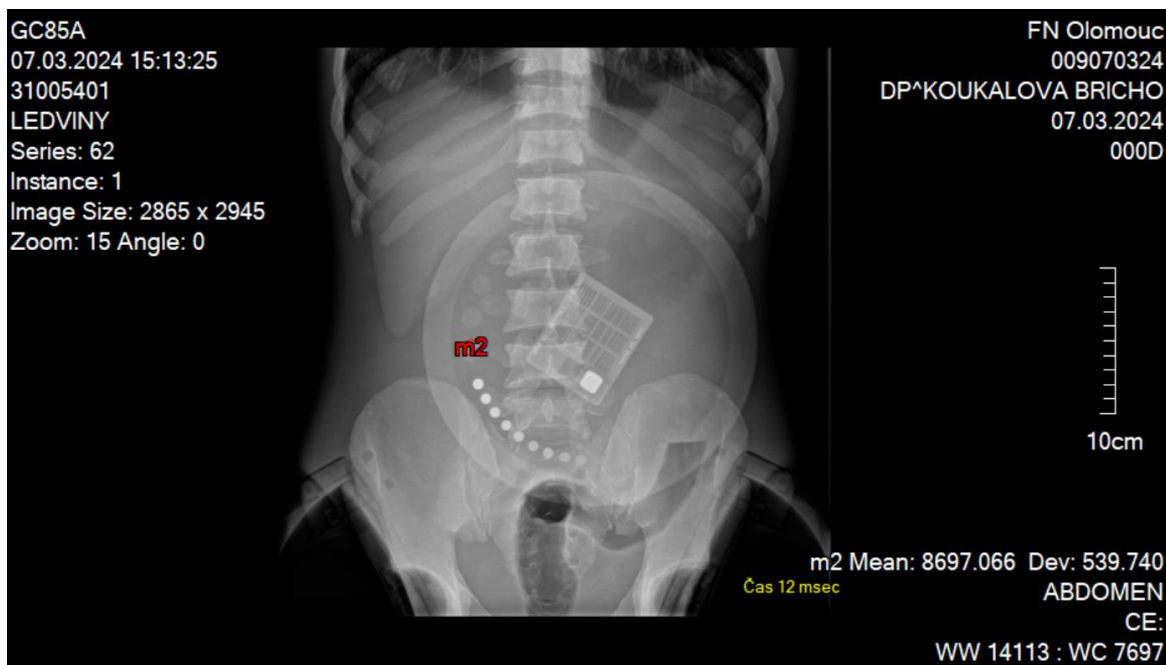


Proud 250 mA (zdroj vlastní)

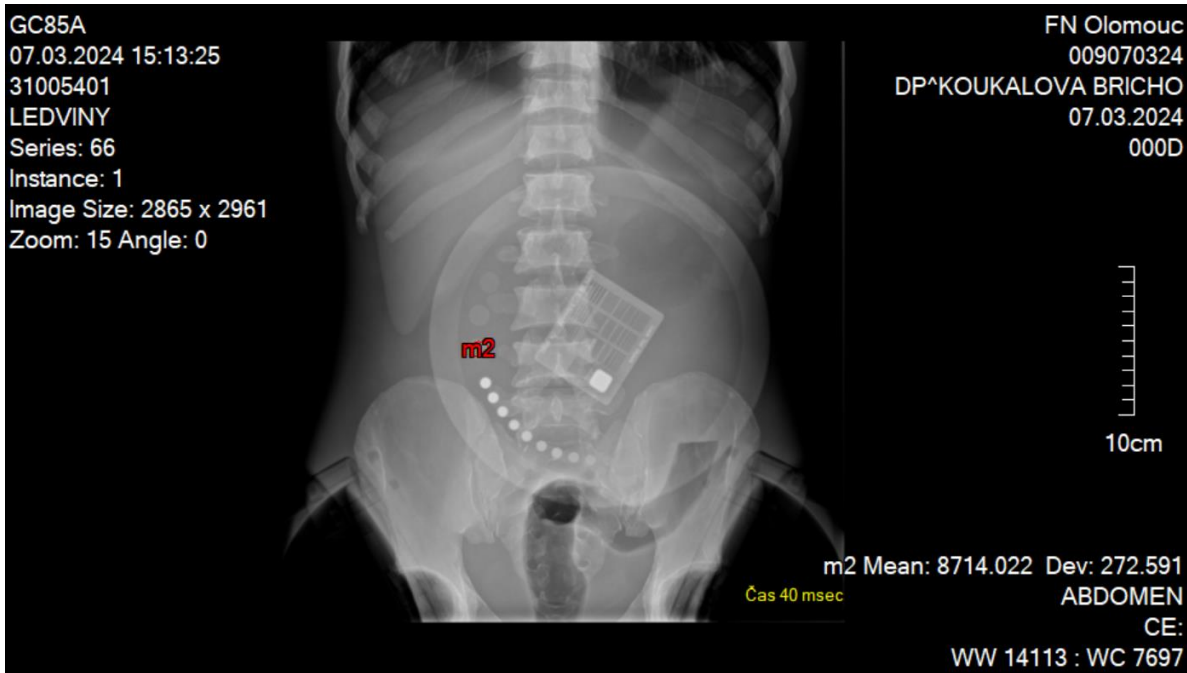
Příloha 18: Snímky ledvin snímkané s různým expozičním časem



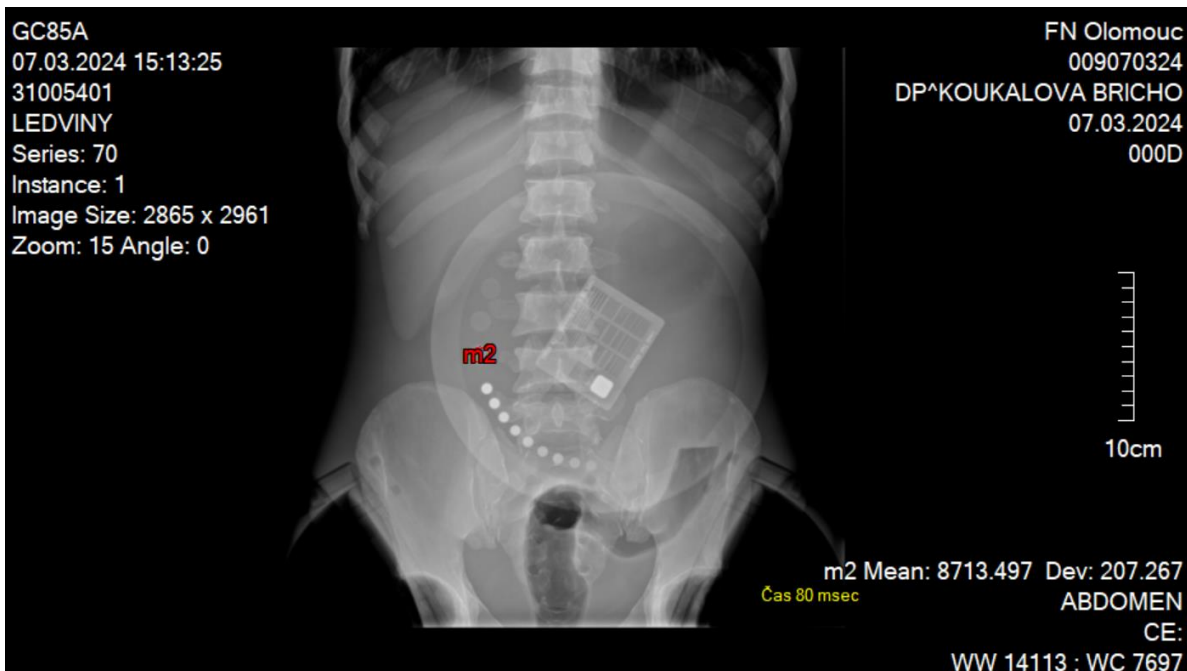
Čas 8 ms (zdroj vlastní)



Čas 12 ms (zdroj vlastní)

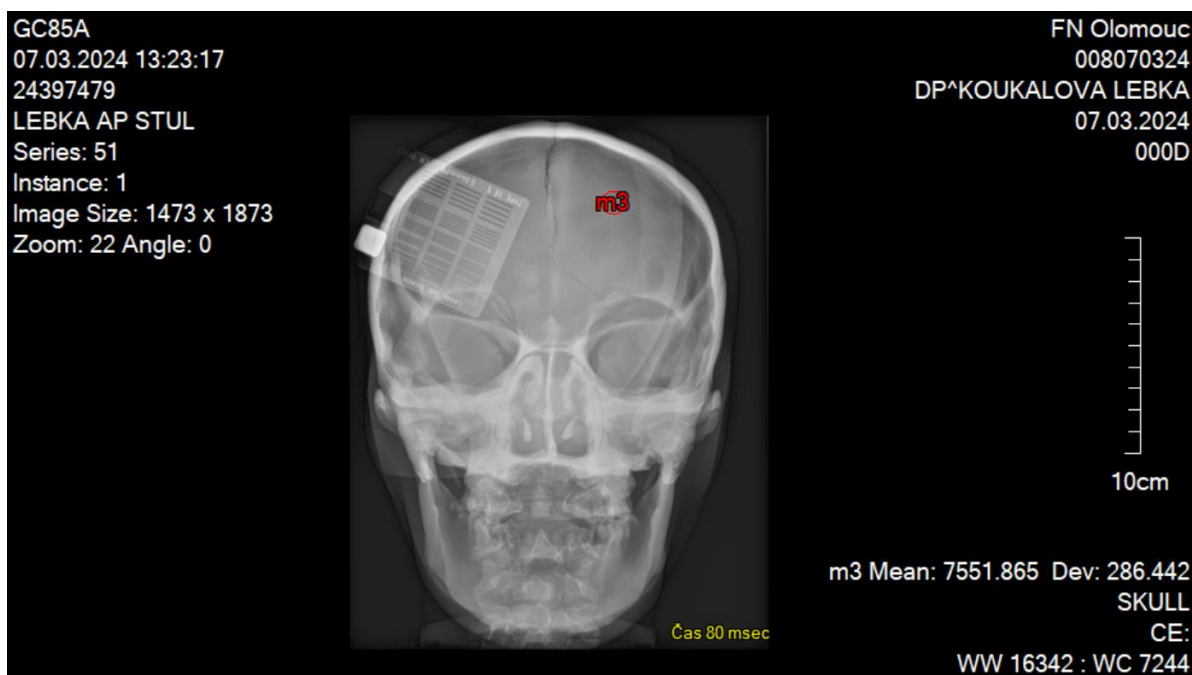


Čas 40 ms (zdroj vlastní)

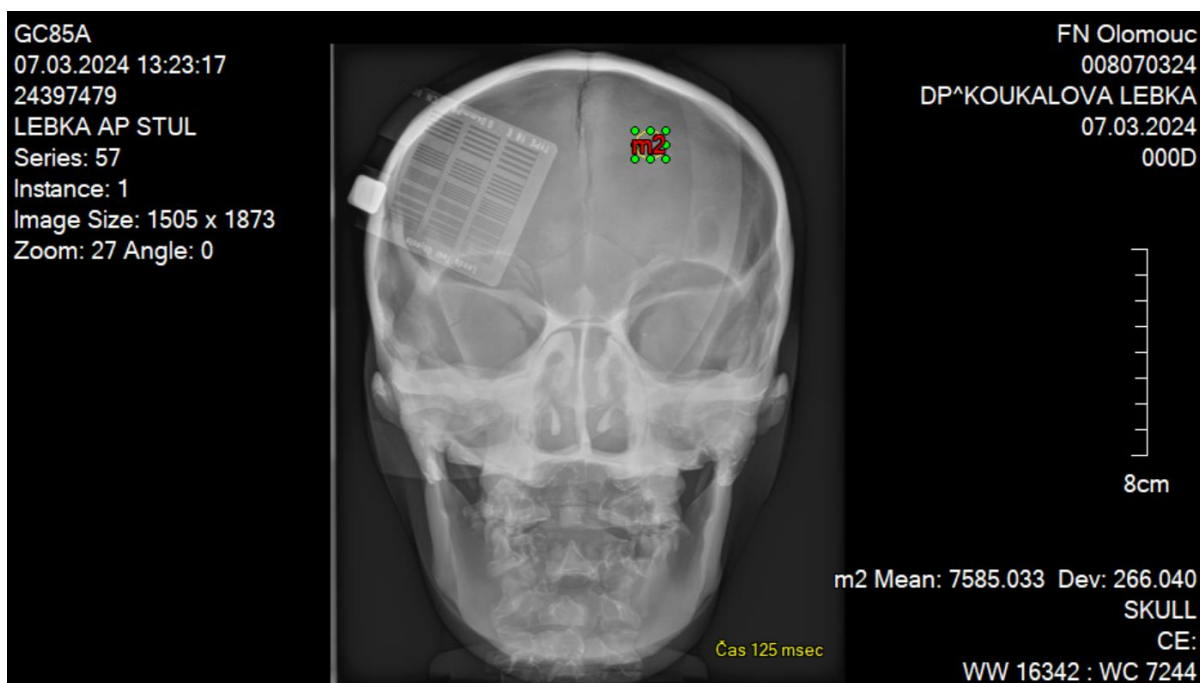


Čas 80 ms (zdroj vlastní)

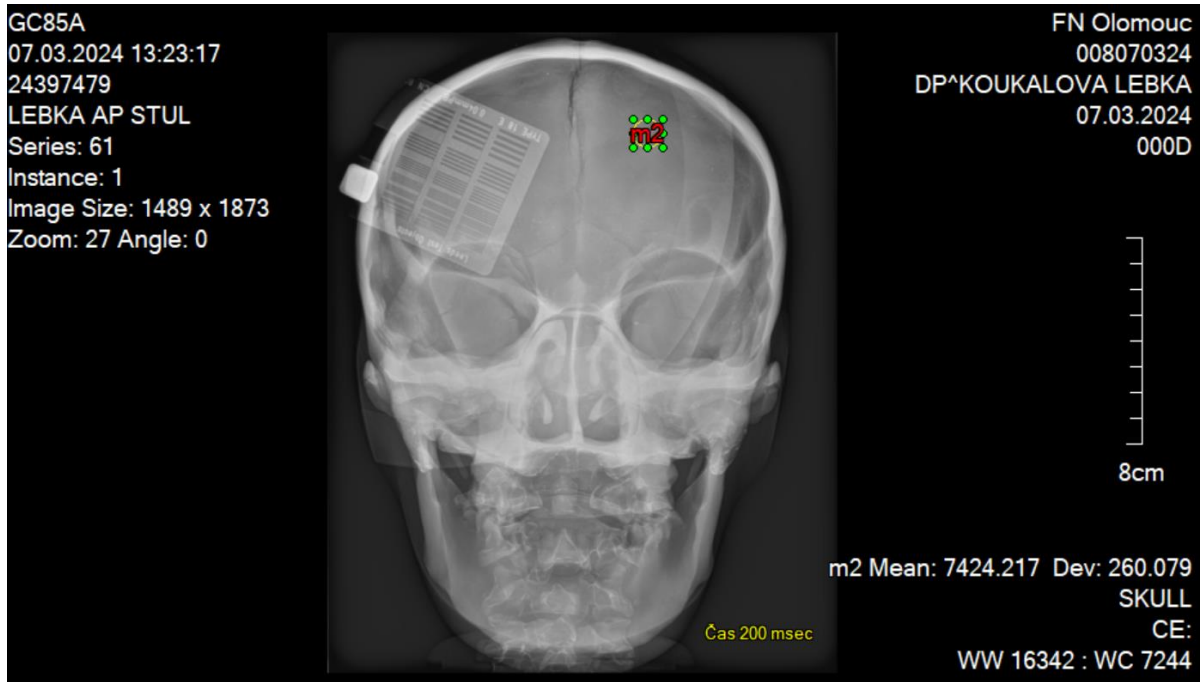
Příloha 19: Snímky lebky při měření parametru expoziční čas



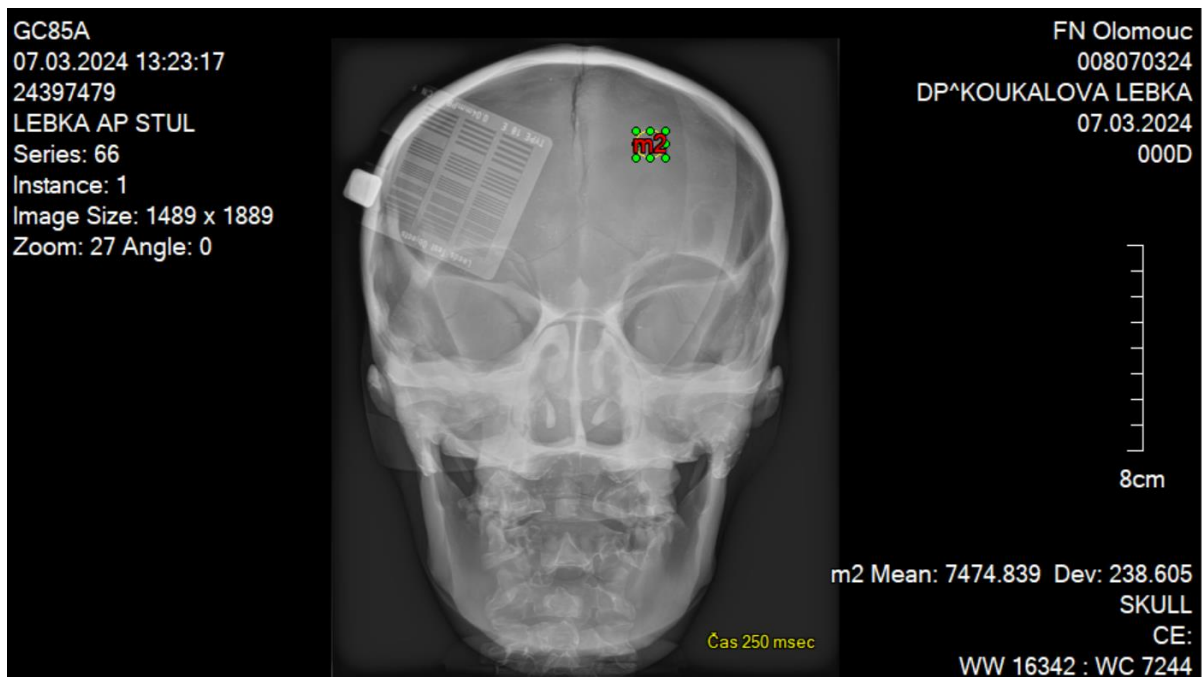
Čas 80 ms (zdroj vlastní)



Čas 125 ms (zdroj vlastní)

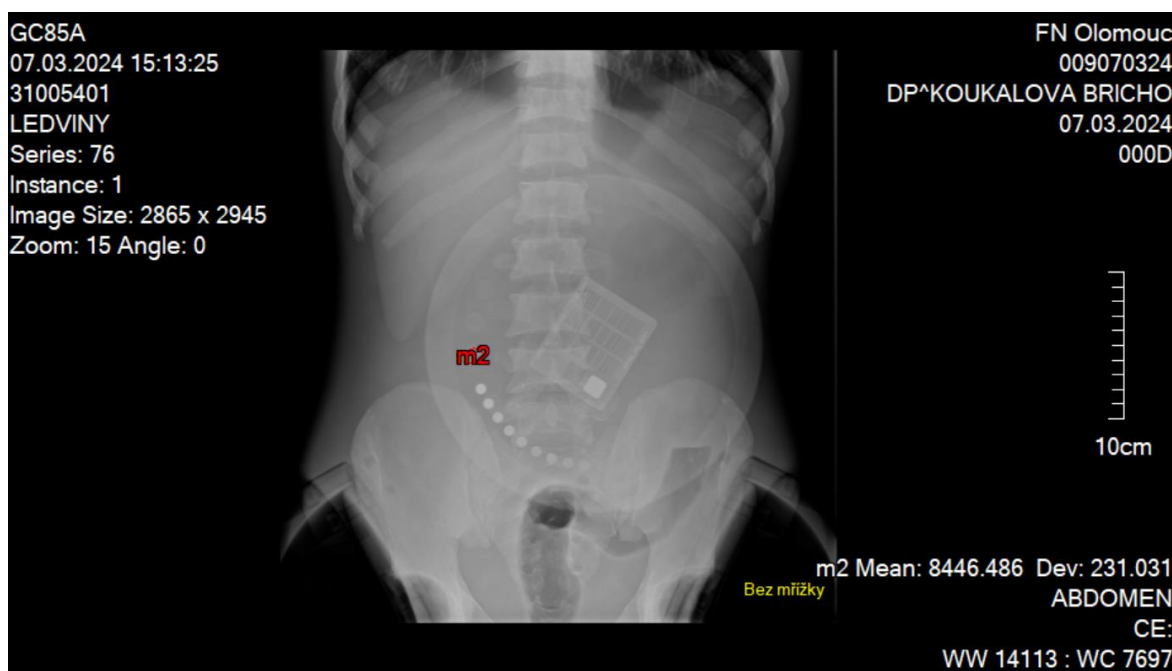


Čas 200 ms (zdroj vlastní)

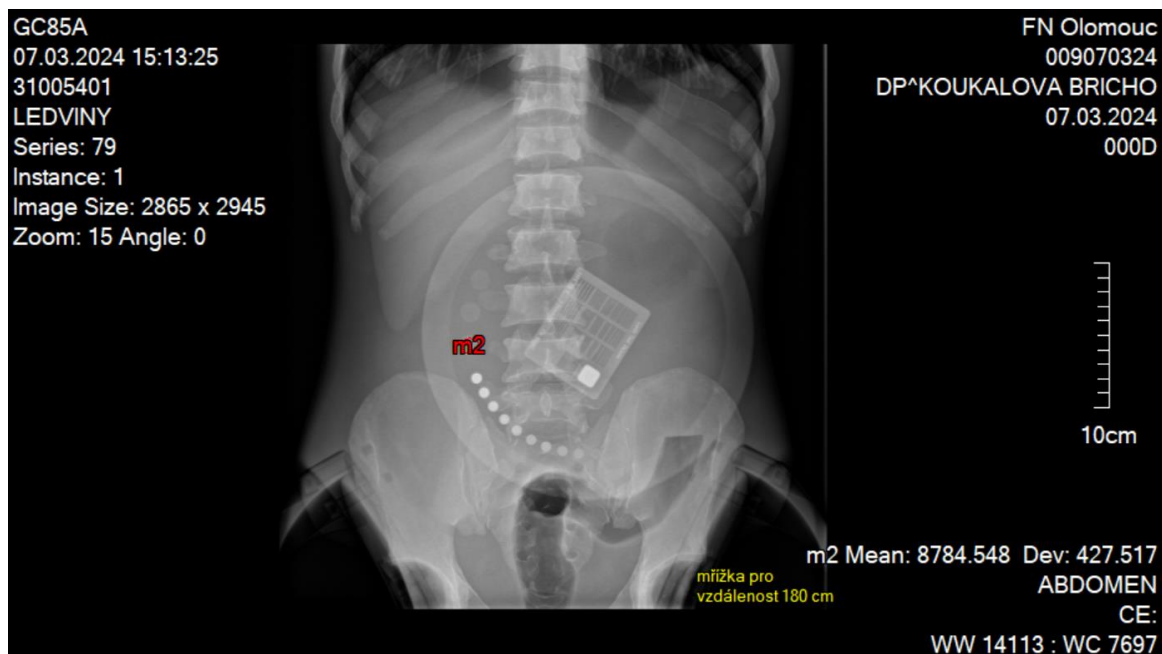


Čas 250 ms (zdroj vlastní)

Příloha 20: Parametr protirozptylová mřížka u snímků ledvin

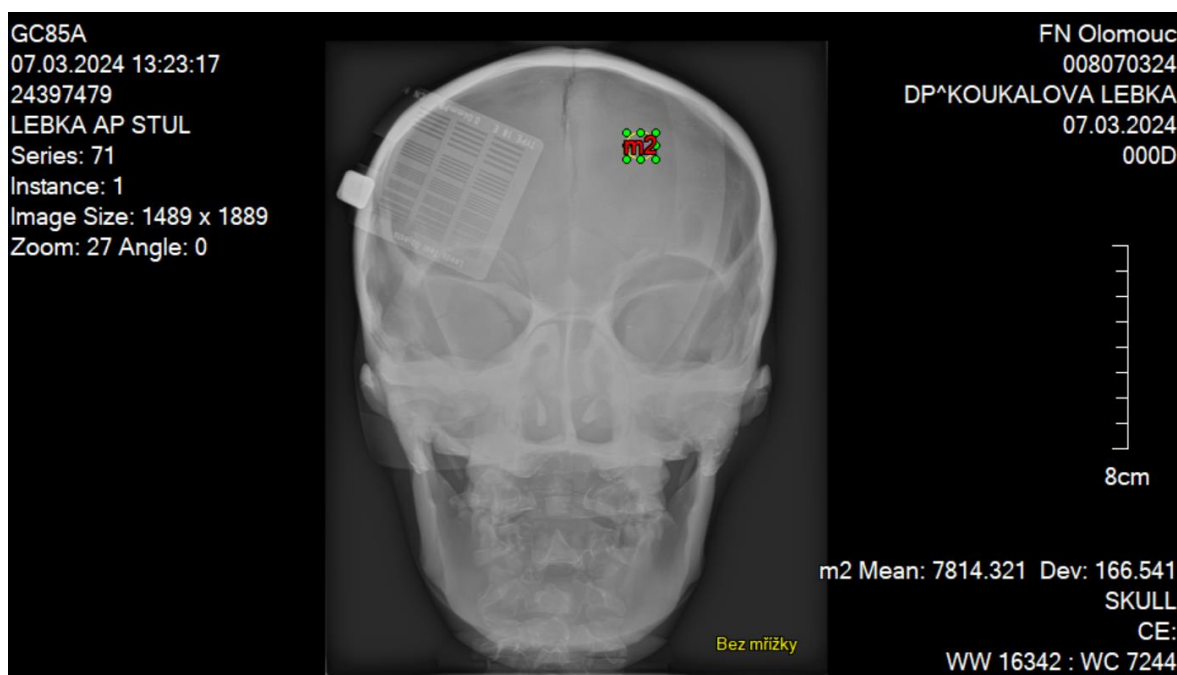


Snímky bez použití mřížky (zdroj vlastní)

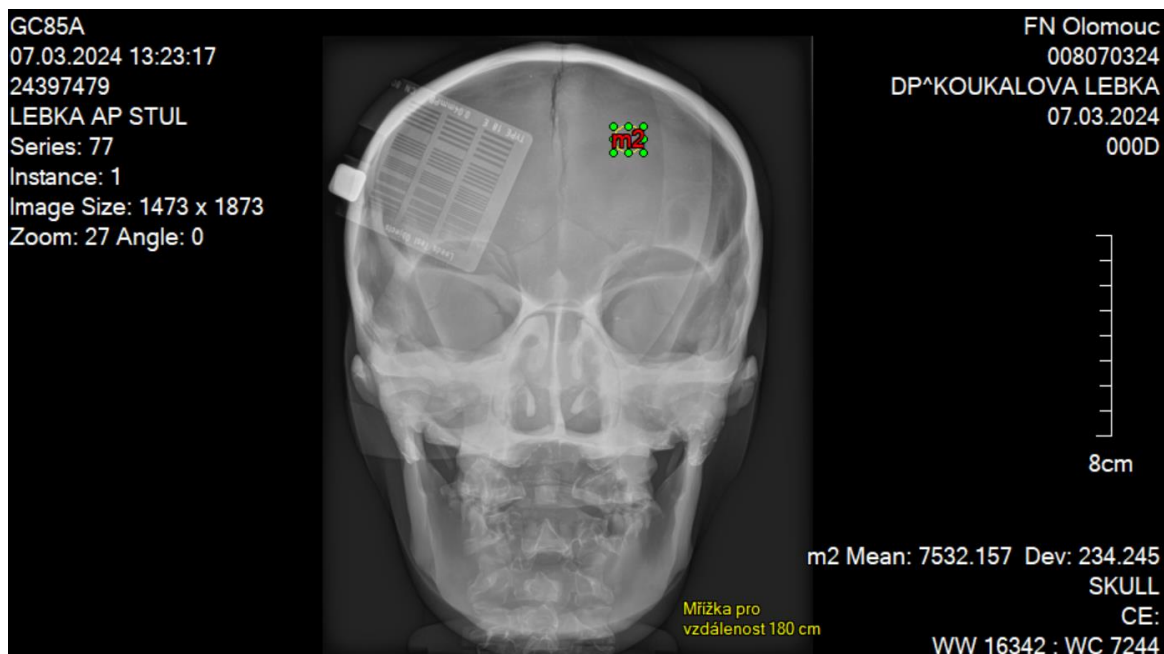


Snímky s použitím mřížky 180 cm (zdroj vlastní)

Příloha 21: Parametr protirozptylová mřížka u vyšetřovacího protokolu lebka

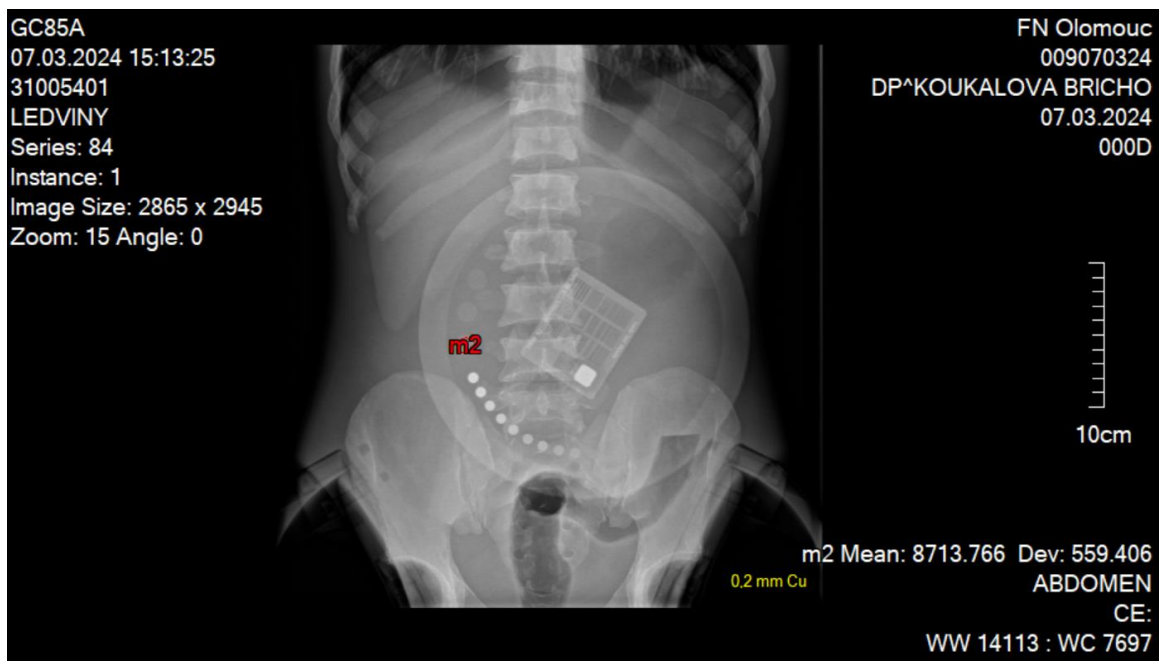


Snímek bez použití mřížky (zdroj vlastní)

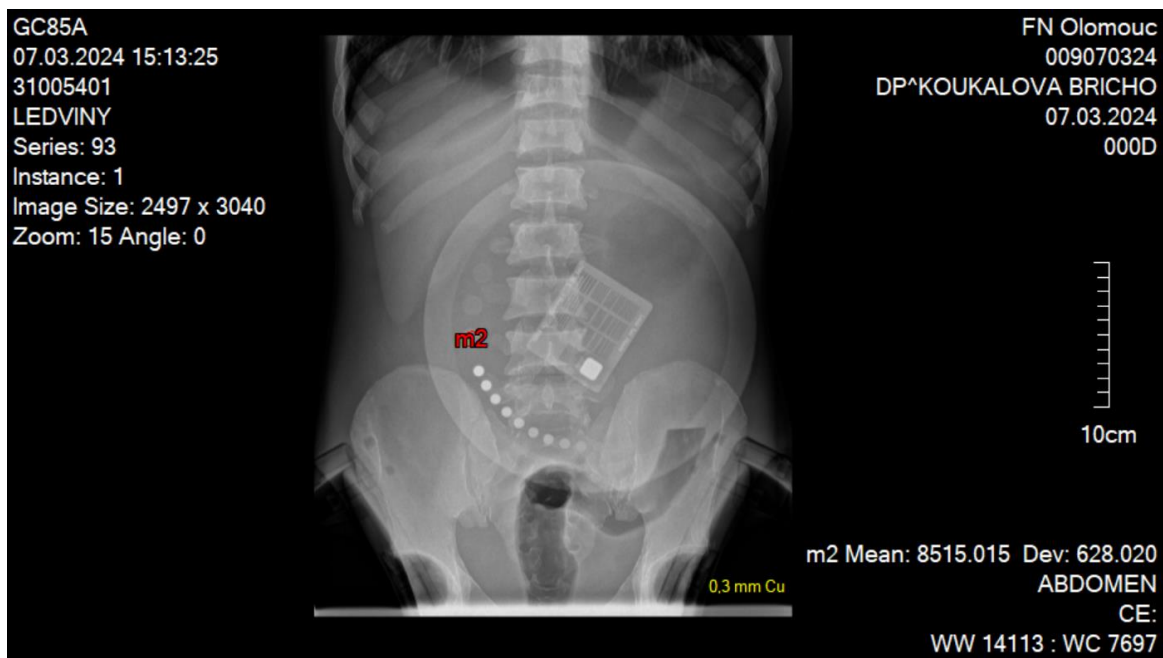


Snímek s použitím mřížky fokusované na vzdálenost 180 cm (zdroj vlastní)

Příloha 22: Snímky ledvin s použitím filtrace

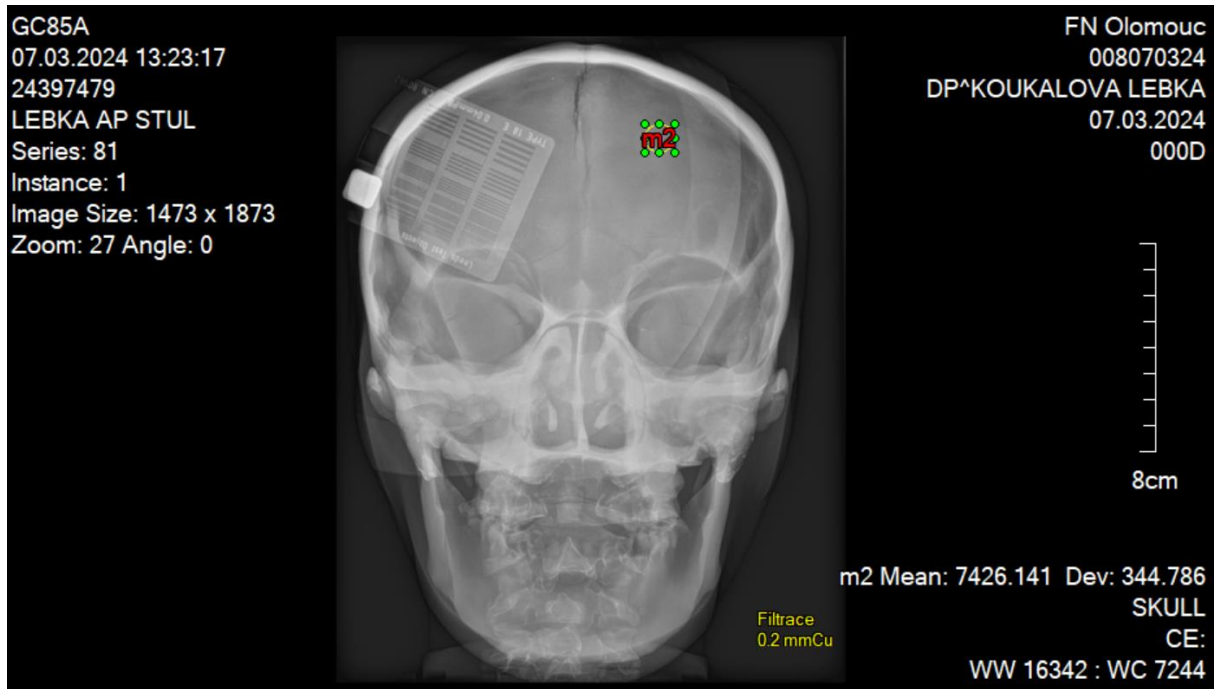


Filtrace 0,2 mm Cu (zdroj vlastní)

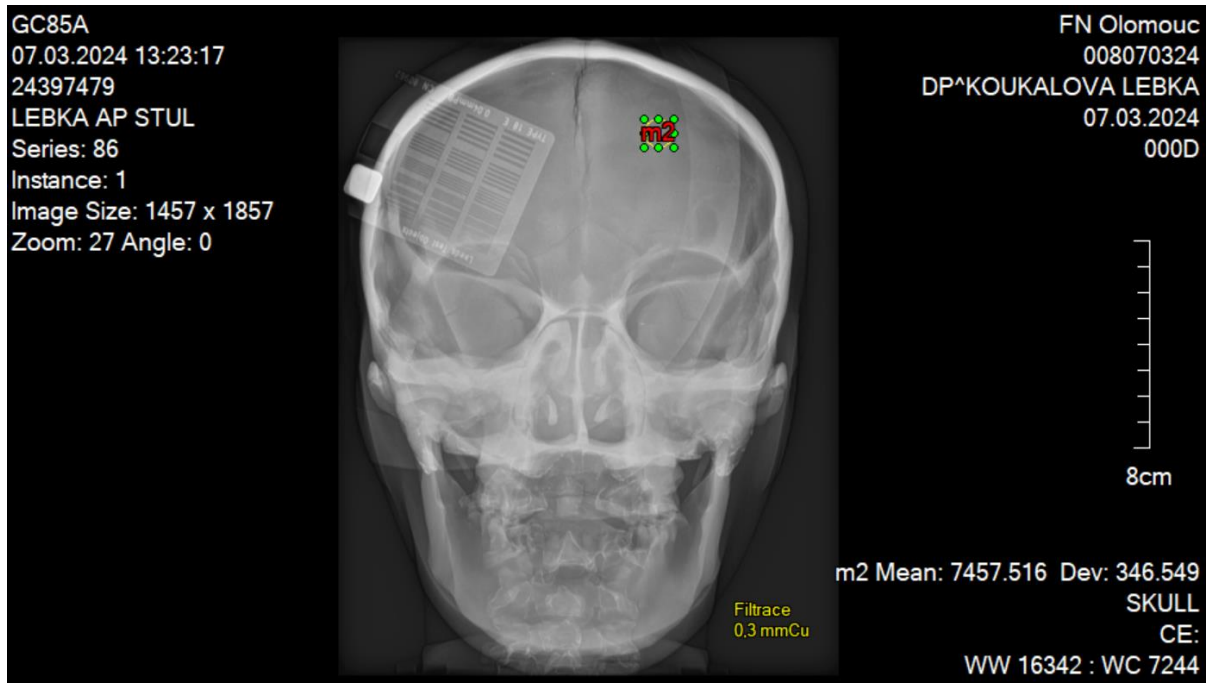


Filtrace 0,3 mm Cu (zdroj vlastní)

Příloha 23: Snímky lebky s použitím filtrace

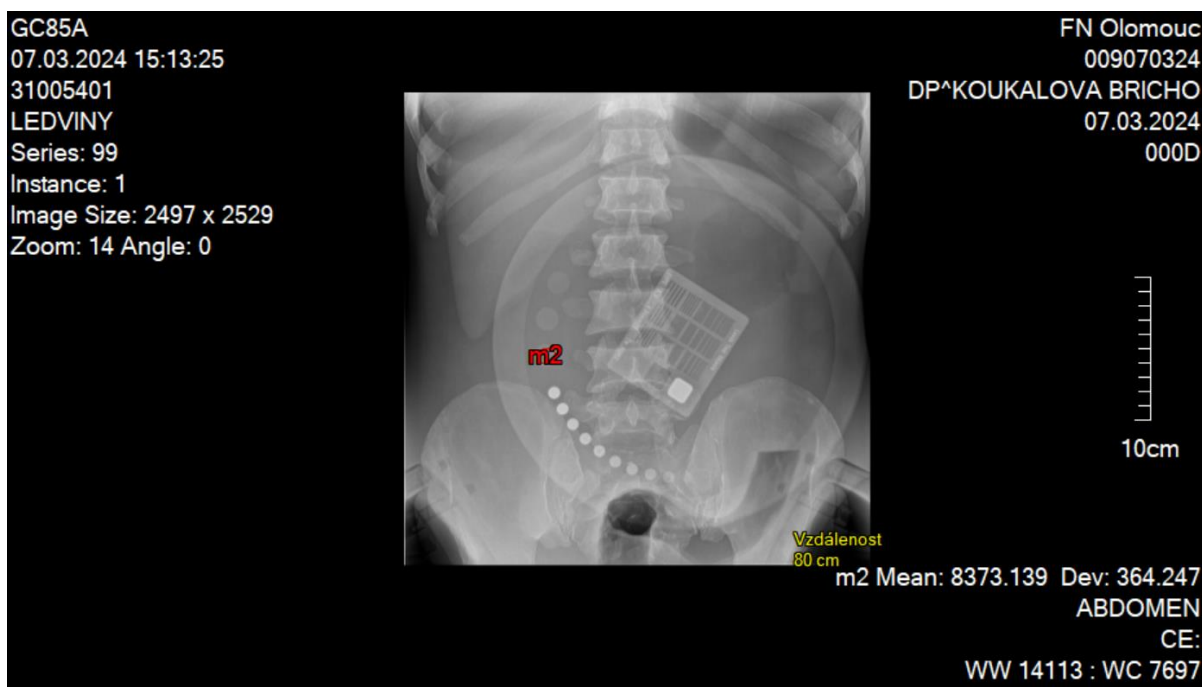


Filtrace 0,2 mm Cu (zdroj vlastní)

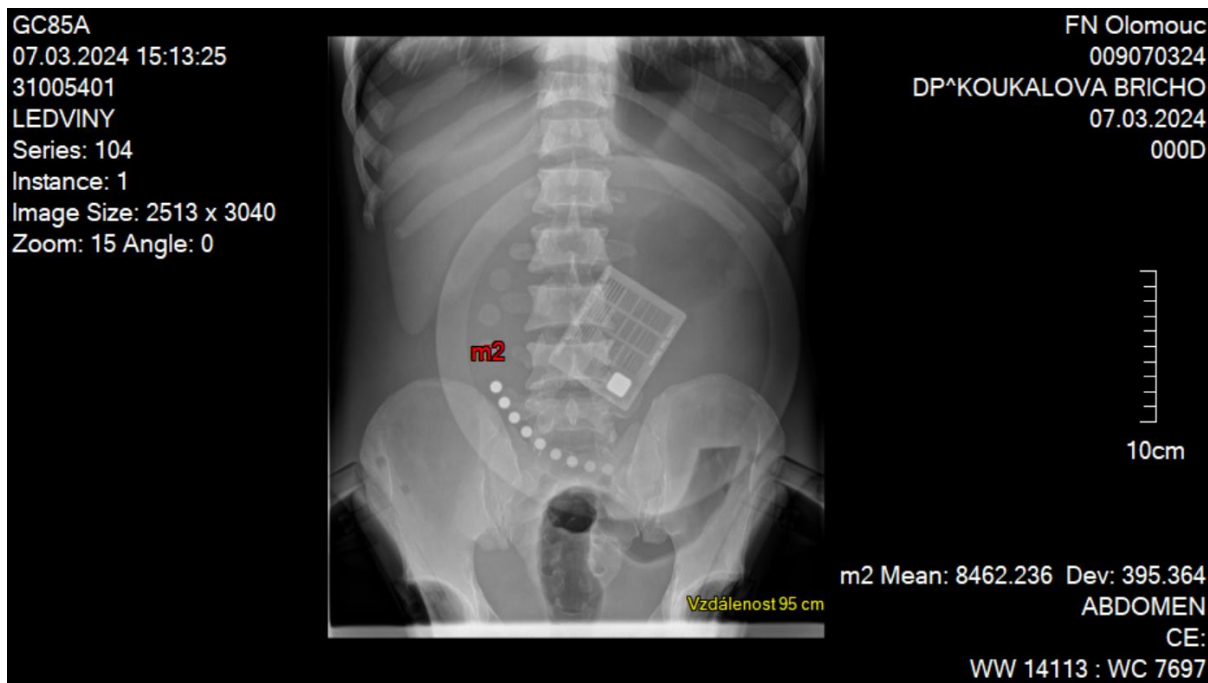


Filtrace 0,3 mm Cu (zdroj vlastní)

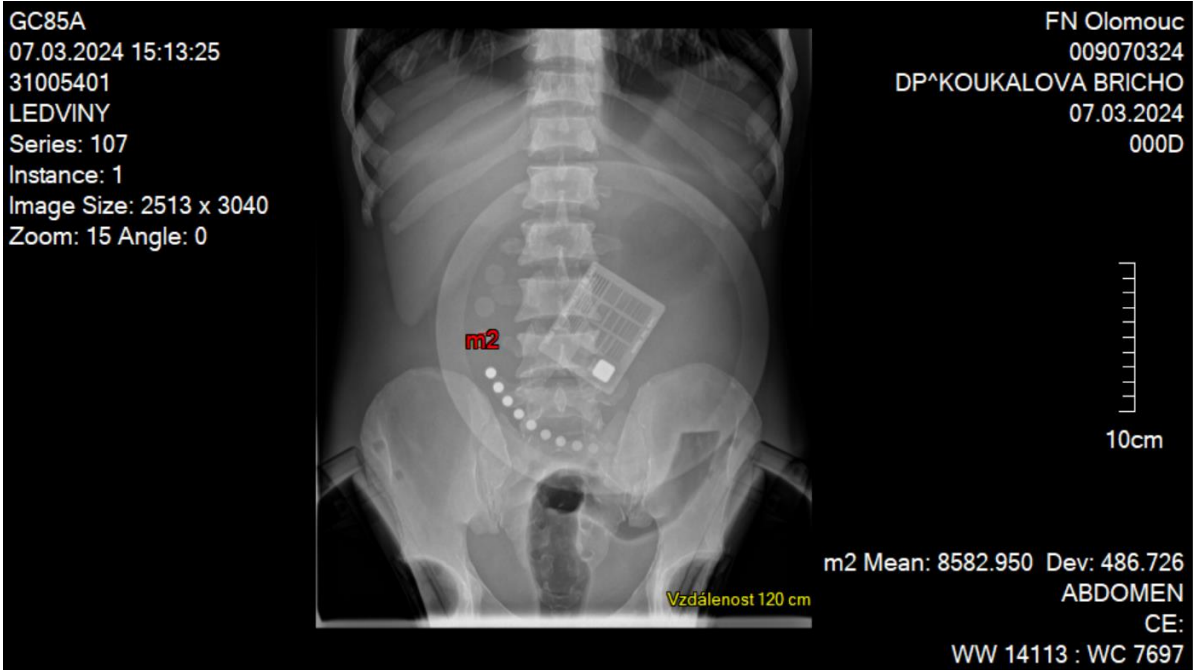
Příloha 24: Snímky ledvin snímkané z různé vzdálenosti



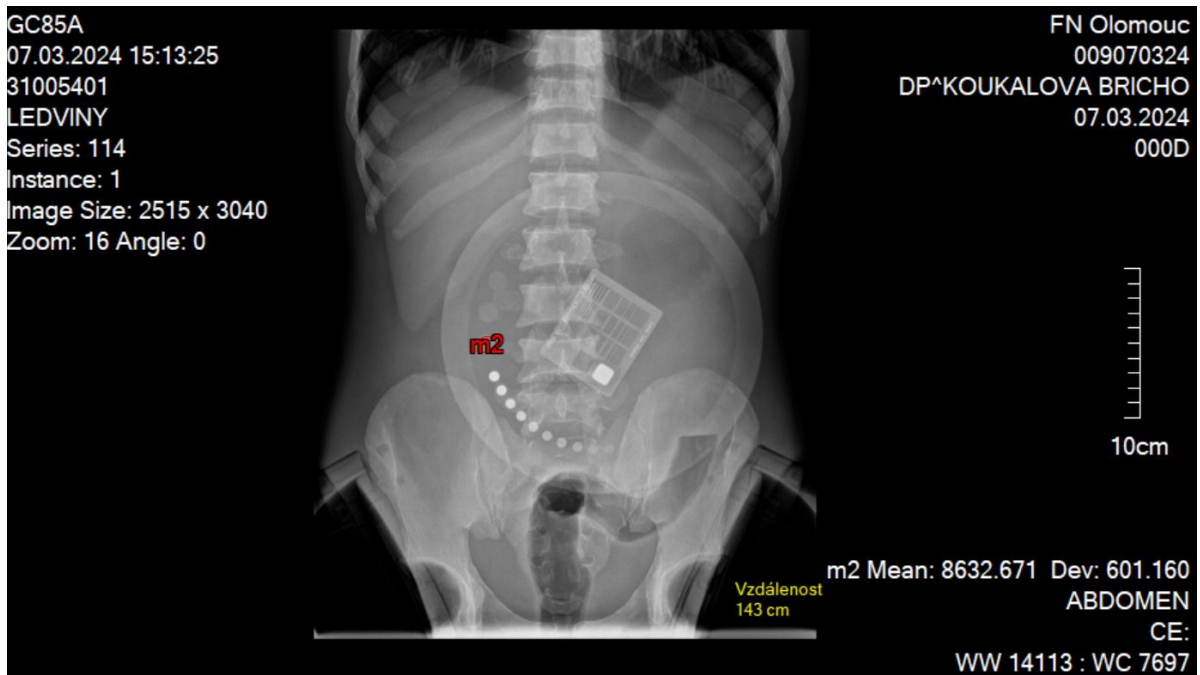
Vzdálenost 80 cm (zdroj vlastní)



Vzdálenost 95 cm (zdroj vlastní)

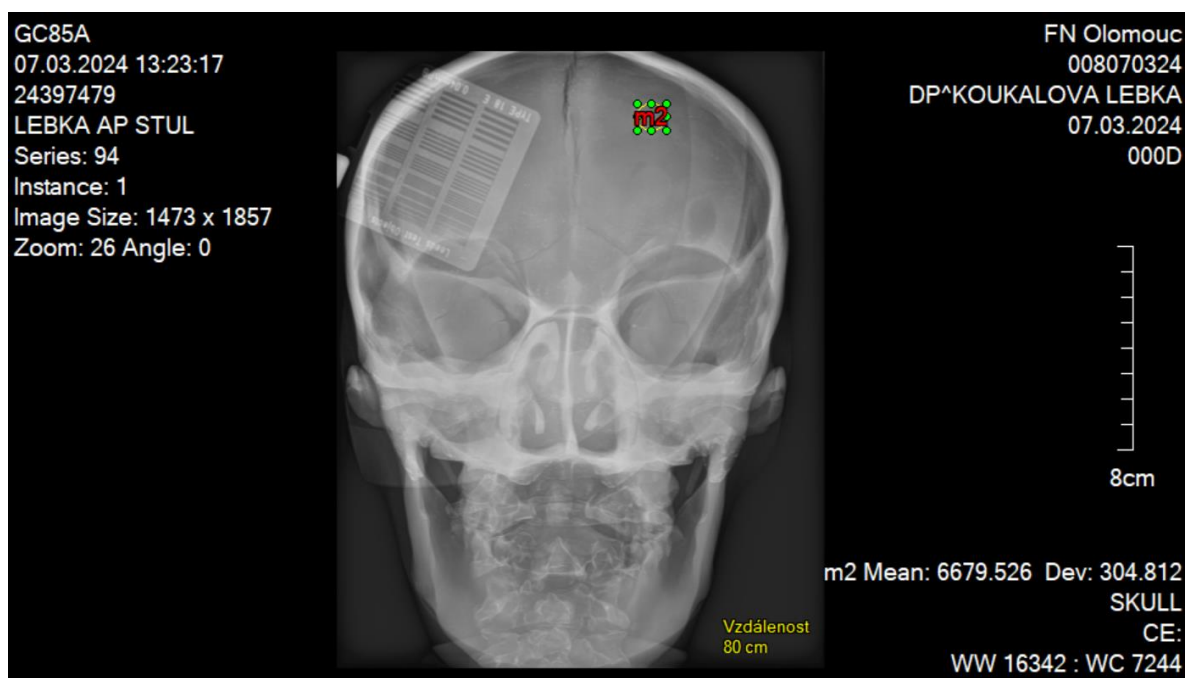


Vzdálenost 120 cm (zdroj vlastní)

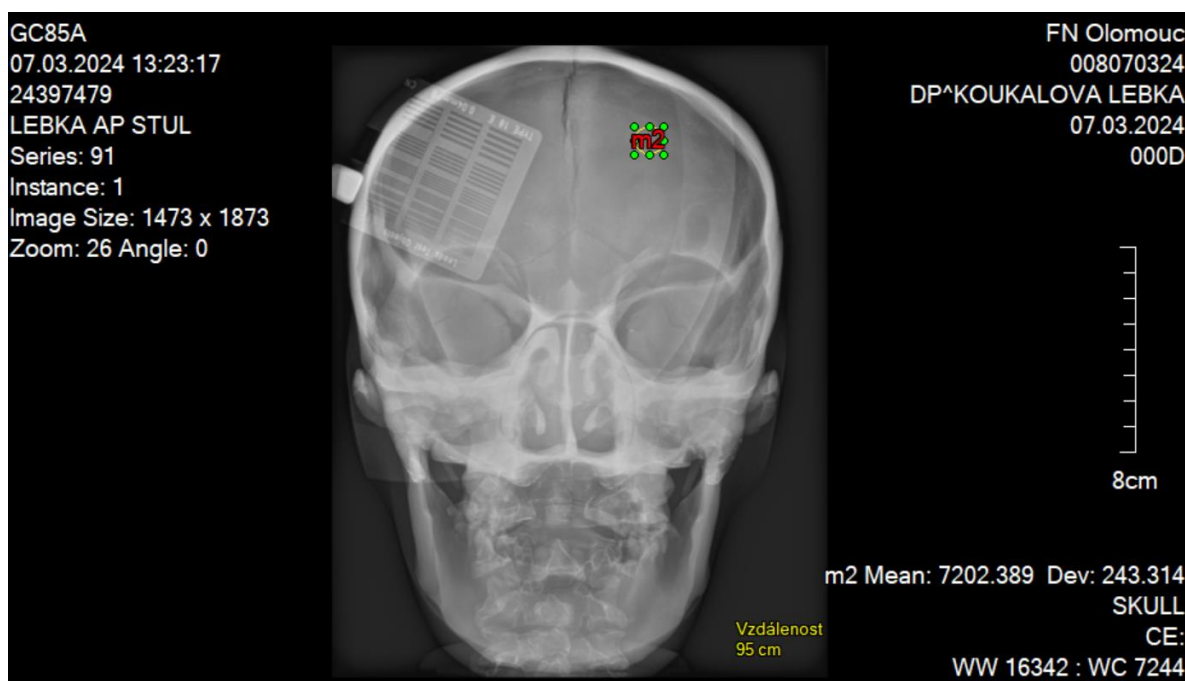


Vzdálenost 143 cm (zdroj vlastní)

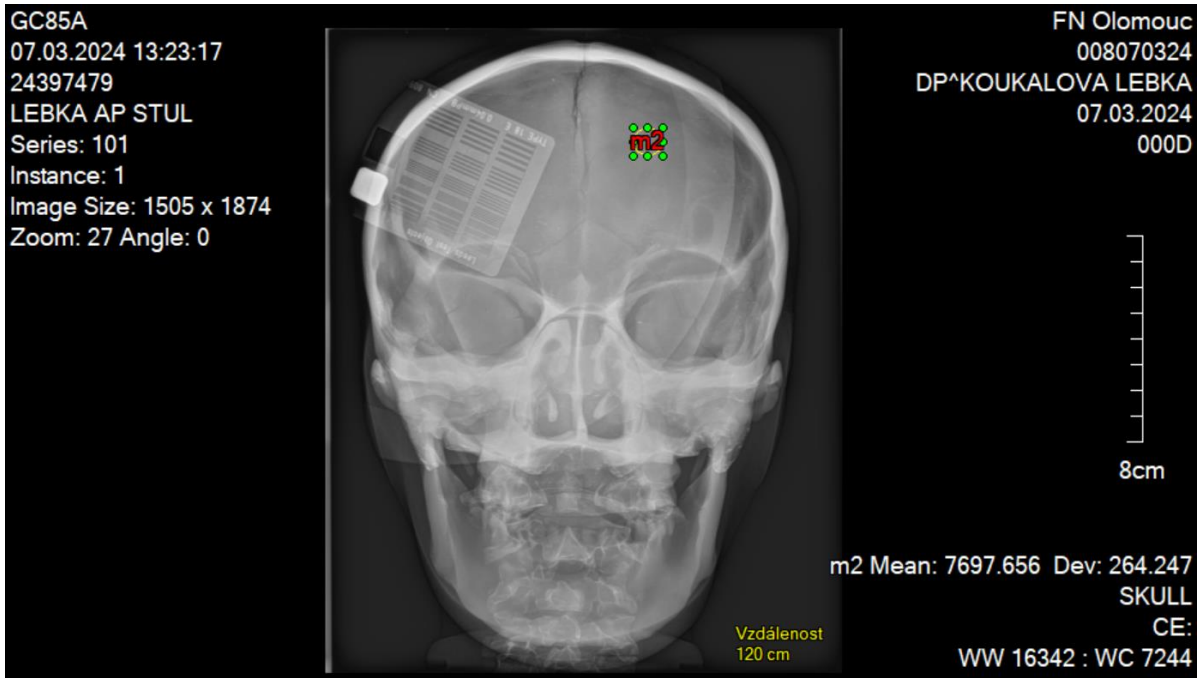
Příloha 25: Snímky lebky zhotovené z různých vzdáleností



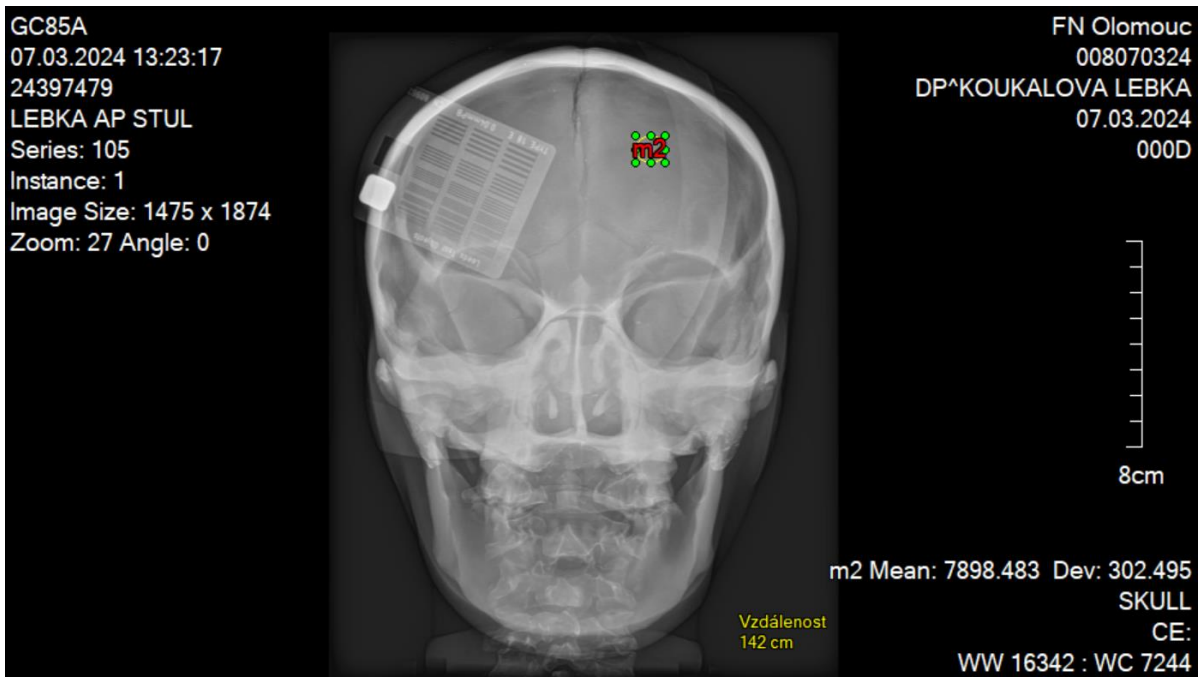
Vzdálenost 80 cm (zdroj vlastní)



Vzdálenost 95 cm (zdroj vlastní)

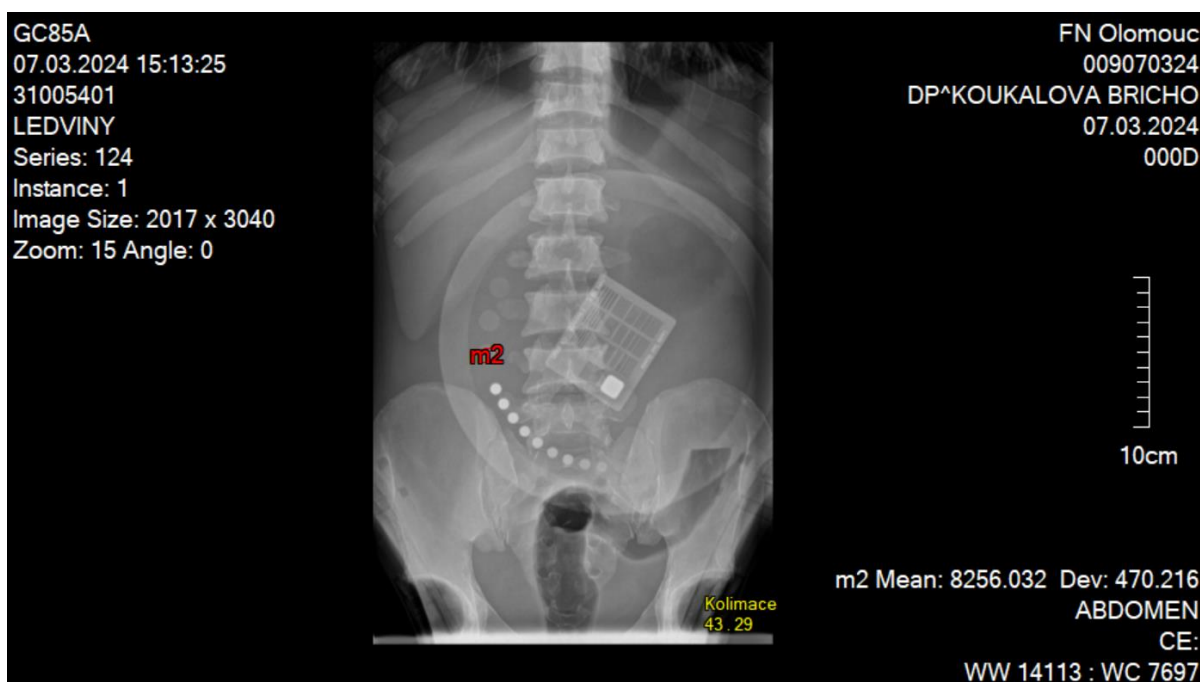


Vzdálenost 120 cm (zdroj vlastní)

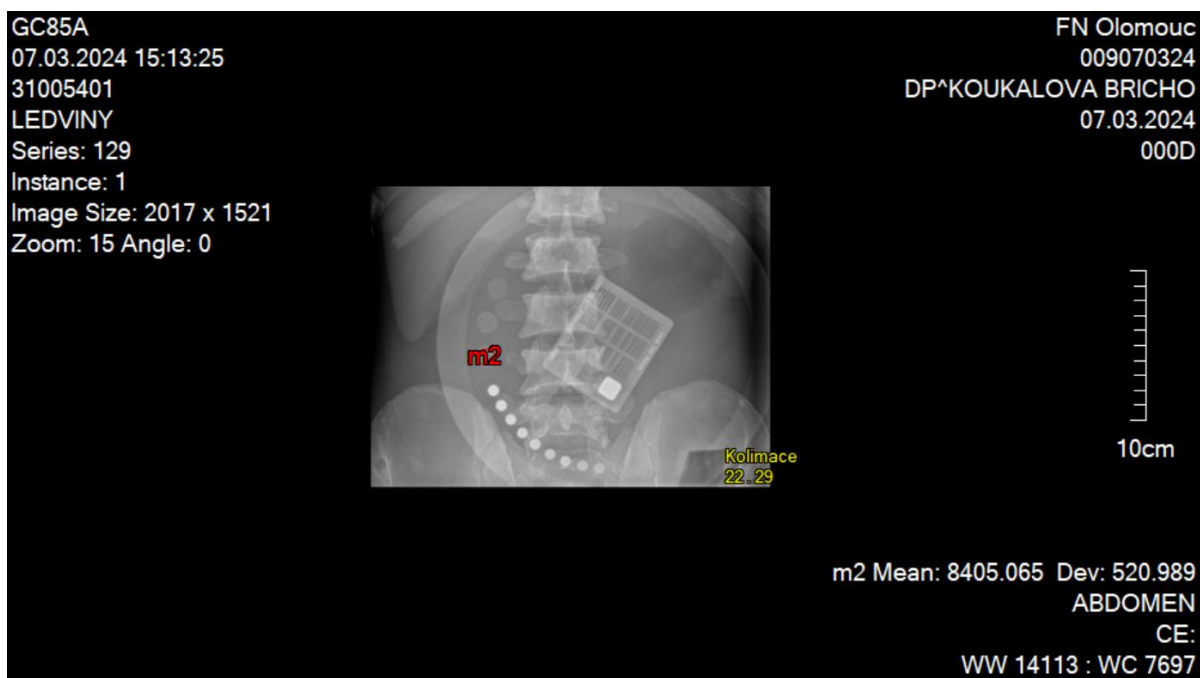


Vzdálenost 142 cm (zdroj vlastní)

Příloha 26: Snímky ledvin s různou kolimací

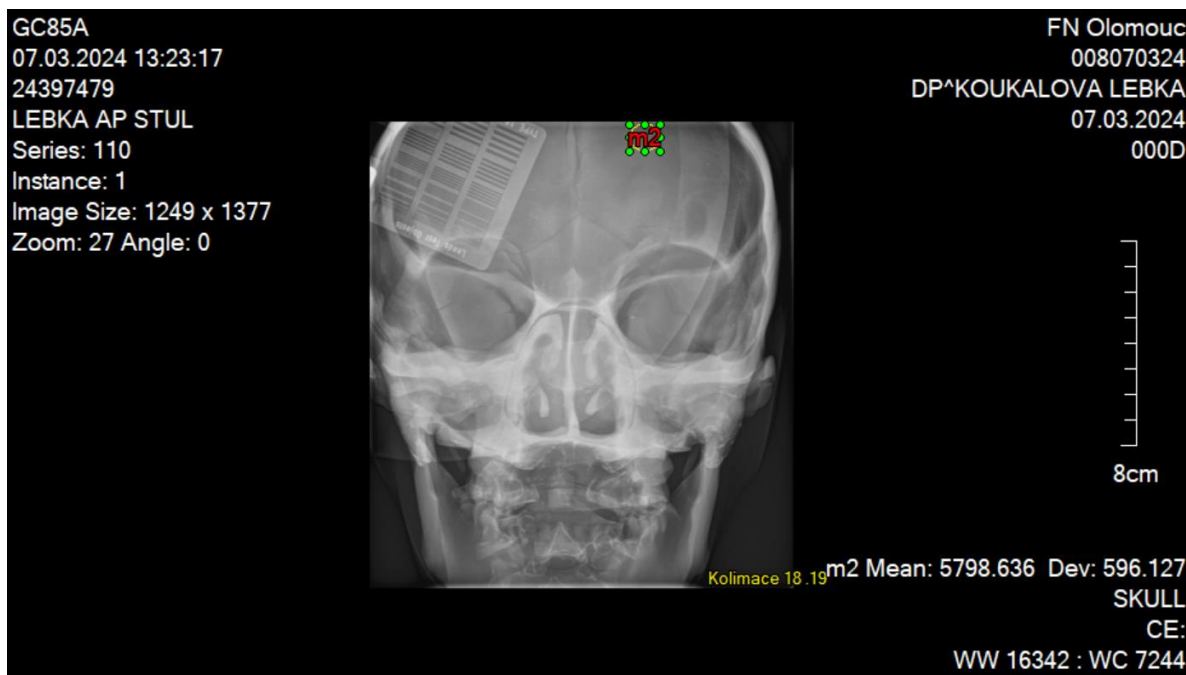


Kolimace 43 x 29 cm (zdroj vlastní)

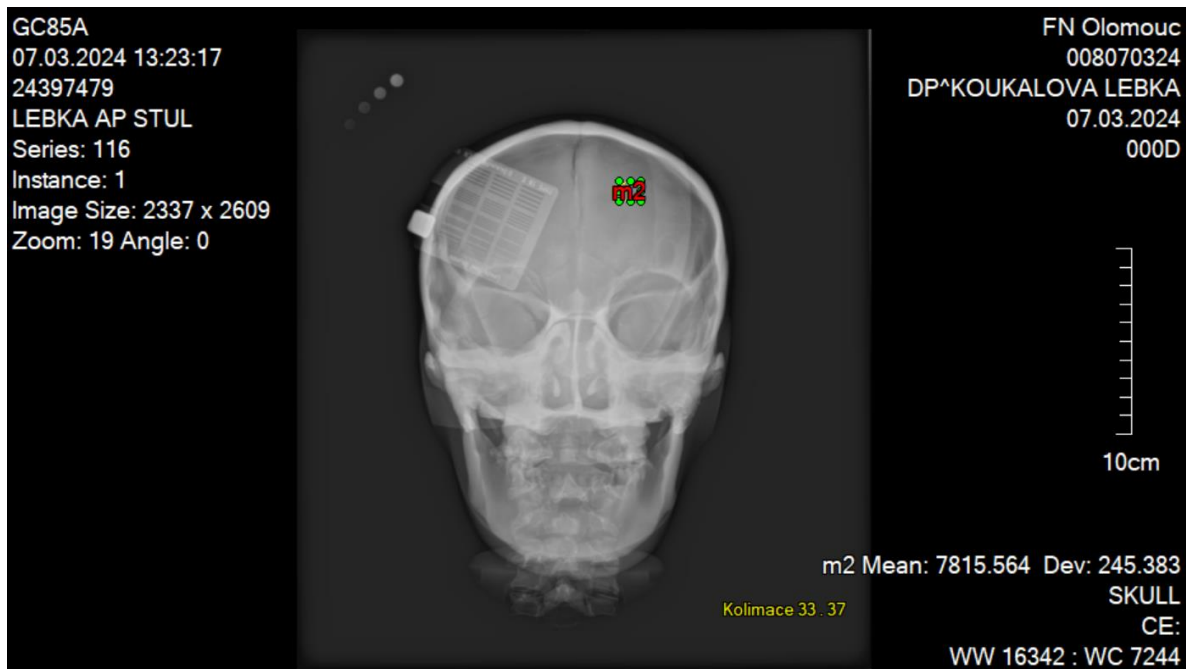


Kolimace 22 x 29 cm (zdroj vlastní)

Příloha 27: Snímky lebky s různě velkým polem



Kolimace 18 x 19 cm (zdroj vlastní)



Kolimace 33 x 37 cm (zdroj vlastní)