



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Vady skiagramů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: [SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ](#)

Autor: Kateřina Jechová

Vedoucí práce: Mgr. Miloš Plhoň

České Budějovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem Vady skiagramů jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské/diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské/diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Poděkování

Chtěla bych poděkovat zejména mému vedoucímu práce Mgr. Miloši Plhoňovi za odborné vedení a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

Vady skiagramů

Abstrakt

Cílem mé práce bylo zjištění a dokumentování výskytu chybných skiagramů ve všech typech zobrazování, což znamená klasické filmy, nepřímá digitalizace – computed radiography (CR), přímá digitalizace – digital radiography (DR). Výzkumná otázka zněla „Zvyšuje se množství vadných skiagramů se zvyšujícím se počtem vyšetření?“ Dokumentovala jsem výskyt chybných skiagramů v nemocnici České Budějovice za období leden 2013 až prosinec 2015.

Práce je rozdělena na historii vzniku zobrazovacích médií a zobrazování pomocí všech typů zobrazení. Chybné skiagramy jsem rozdělila dle vzniku na vady způsobené obsluhou, vady způsobené pacientem a na vady vzniklé při zpracování.

Při stoupajícím počtu vyšetření musí logicky stoupat i chybovost, tato úměra se však z dostupných statistik nepodařila prokázat neboť na počet vadných skiagramů mají velký vliv další faktory jako je zaškolení personálu a nákup nových přístrojů. Co se však prokázat podařilo je přímá úměra mezi počtem opakovaných vyšetření a chybou radiologického asistenta.

Při stále stoupajícím počtu vyšetření a se zaváděním nové přístrojové vyšetřovací techniky a při rotaci pracovníků (nástupy absolventů, jak radiologických asistentů, tak lékařů jejich zpracování) je výskyt chybných skiagramů v nesouladu se stoupajícím počtem vyšetření.

Sledování chybných skiagramů je v Nemocnici České Budějovice indikátorem kvality zobrazení, kdy je horní hranice stanovena na 2,5%. Ve sledovaném období se pohybuje v rozmezí od 0,2% do 1,76%. Pracovníci jsou každý měsíc a souhrnně jednou v roce seznamováni s počty a typy chybných skiagramů, aby se tyto chyby co nejvíce eliminovaly.

Klíčová slova

Radiologický asistent, skiagram, nepřímá digitalizace, přímá digitalizace, artefakt

Imperfections of the skiagrams

The purpose of my Thesis was to find and document occurrence of imperfect skiagrams in all types of radiographic views, this means classic films, computed radiography (CR) and direct radiography (DR). The research question is “Is there any correlation between number of imperfect skiagrams and number of total skiagrams taken?” I documented rate of imperfect skiagrams in hospital České Budějovice in the time between the years 2013 – 2015.

The Thesis is divided to two main sections: History of Display media and the principle of displaying with all types of displays. Imperfect skiagrams were sorted by origin to: Imperfections caused by operations, imperfections caused by patient and imperfections caused during processing.

In my thesis I found out that there is not direct correlation between increasing number of examinations and number of processed skiagrams. In the reporting period between 2013 – 2015 there is dependency only in year 2013. In the next two years there is discrepancy in the tracked parameter. The increasing number of examinations and the introduction of new investigative techniques and the rotation of employees (the onset of graduates, as well as radiologists and doctors, their incorporation) are the occurrence of erroneous skiagrams inconsistent with the increasing number of examinations.

The monitoring of imperfect skiagrams at the Hospital of České Budějovice is an indicator of the quality of displaying where the upper limit is set at 2.5%. In the reference period, it ranges from 0.2% to 1.76%. Employees are introduced every month and cumulatively once a year to the numbers and types of bad skiagrams to eliminate these errors as much as possible.

Key words

Radiologist assistant, Skiagram, Computed Radiography, Digital Radiography, Artifact

Obsah

Úvod	9
1 Teoretická část	10
1.1 Historie vzniku zobrazovacích médií	10
1.2 Princip zobrazování pomocí filmu	11
1.3 Princip zobrazování pomocí CR systémů	14
1.4 Princip zobrazování pomocí DR systému	18
2 Cíle práce a výzkumná otázka	21
2. 1 Cíl práce	21
2. 2 Výzkumná otázka	21
3 Metodika	22
4 Výsledky	23
4.1 Obecný úvod k vadám skiagramů	23
4.2 Vady na filmových skiagramech	24
4.2.1 Přehled možných vad při ručním zpracování	25
4.2.2 Přehled možných vad při strojním zpracování	27
4.3 Vady na skiagramech CR	28
4.3.1 Artefakty způsobené obsluhou můžeme dále rozdělit :	29
4.3.2 Artefakty vznikající při převádění latentního obrazu do jeho viditelné formy	35
4.3.3	42
Artefakty způsobené pacientem	42
4.4 Vady na skiagramech DR	43
4.4.1 Artefakty při kombinování snímků	44
4.4.2 „Ghosting“	46
4.4.3 Zpětný odraz	49
4.4.4 Vady způsobené obsluhou	50
5 Statistika	53
5.1.1 Vady skiagramů za rok 2013	54
5.1.2 Vady skiagramů za rok 2014	57
5.1.2 Vady skiagramů za rok 2015	61

6 Diskuze	65
7 Závěr.....	67
8 Seznam použitých zdrojů	68
9 Seznam zkratk	72
9 Seznam obrázků tabulek a grafů.....	73

Úvod

Ve své práci s názvem „Vady skiagramů“ jsem se zaměřila na výskyt chyb při zhotovování skiagramů, a to ve všech používaných systémech, tj. při použití klasických kazet filmových, CR kazet a DR, jejich dokumentaci a popis.

Výzkum mé práce je zaměřen na výskyt chyb skiagramů na RDO oddělení Nemocnice České Budějovice za roky 2013-2015.

1 Teoretická část

1.1 Historie vzniku zobrazovacích médií

Historie vzniku je zcela jistě spjata s objevem záření X (jak bylo zpočátku nazýváno) Wilhelmem Conradem Roentgenem v roce 1895. S jistou nadsázkou lze tvrdit, že první snímek, který vznikl – byl to skiagram manželky objevitele, lze nazvat prvním vadným skiagramem v dějinách lidstva (Svoboda, 1976).

Večer **8. listopadu 1895** experimentoval W.C.Roentgen s elektrickými výboji ve vakuových trubicích, když si povšiml, že kus papíru natřený tetrakyanoplatnatanem barnatým v blízkosti trubice začíná zářit. Zdánlivě zcela bez příčiny. Röntgen zkusil zakrýt výbojku kusem kartonu, ale papír opět zářil. Dnes víme, že se jedná o druh elektromagnetického záření o vlnové délce řádově 0,001 mm. Při dalších pokusech zjistil, že intenzita světla na papíru (stínítku) je úměrná tloušťce materiálu vloženého mezi trubicí a stínítko (Svoboda, 1976). Překvapující bylo, když do cesty paprskům vložil vlastní ruku: na stínítku se objevily jeho kosti.



Obr. 1- W.C.Roentgen a první publikovaný snímek - ruka manželky objevitele (zdroj www.aldebaran.cz)

Když člověk drží ruku mezi lampou a stínítkem, jsou vidět tmavší stíny kostí mezi světlejšími stíny ruky.

V dalších letech následovaly rychle za sebou technické objevy, které vedly ke zdokonalování zobrazovacích systémů a tím ke zkvalitnění obrazové dokumentace (Seidl 2012).

1906 B.Alexander: Plastické rentgenové snímky

1908 Groedel a Horn: Zesilovací folie

1912 Groedel: Film s oboustrannou emulzí

1948 Coltmann: Zesilovač rentgenového obrazu

Jako zdroj rentgenového záření se používá tzv. rentgenek neboli Coolidgeových trubic. Jedná se o skleněné vakuované trubice obsahující wolframovou anodu a žhavenou katodu. Na elektrody je přiváděno vysoké napětí (řádově 10-100 kV) (Ferda et al., 2015).

Vysoká teplota katody umožňuje termoemisi elektronů, které jsou přiváděným napětím vysoce urychlovány a dopadají na anodu. Tam prudce ztrácejí svou kinetickou energii, která se mění z 1 % v energii emitovaných fotonů rentgenového záření a z 99 % v teplo (Ferda et al., 2015).

1.2 Princip zobrazování pomocí filmu

Vznik a tvorbu rtg. obrazu provázela celá řada technických objevů, které byly dopracovány až do dnešní podoby plně digitalizovaných obrazů a to bez použití rtg. filmů. Ale základní princip metody je stále stejný a opírá se o detekci diferencovaně absorbovaného záření (Vomáčka et al., 2015).

Základem pro zobrazování jsou zesilovací fólie a speciální rtg. filmy. Účinek záření na rentgenový film – fotochemický efekt – je relativně malý, proto je třeba použít tzv. **zesilovací fólie** (Vomáčka et al., 2015). Tyto folie převádí rtg. záření na viditelné světlo, které dopadá na film. Na zčernání filmu se podílí vlastní rtg. záření asi 5%, luminiscenční světlo z fólií pak 95%. Tímto efektem se dosáhne podstatného snížení dávky rtg. záření. Převod rtg. záření na světelné se děje pomocí tzv. luminoforů. Klasickými luminoforními sloučeninami jsou CaWO_4 , ZnS , PbSO_4 .

Nově se používají luminofory ze vzácných zemin na bázi gadolinia, lanthanu, yterbia a halogenidů barya. Luminofory jsou zrna o velikosti 5 mikrometrů, emitují obvykle zelené (ZnS, vzácné zeminy) nebo modré světlo (CaWO₄, halogenidy barya). Protože používané filmy jsou senzibilizované jen na určitý druh světla, musí zesilovací fólie a film být bezpodmínečně citlivé na stejnou barvu, film a fólie musí mít stejnou spektrální citlivost. Použití zesilovací fólie vede vždy ke zhoršení obrazu. Obecně platí, že čím je větší zrno luminoforu, tím více zesiluje, a tím může být menší dávka rtg. záření, ale způsobí větší neostrost obrazu na filmu – obdobné je to u emulzní vrstvy filmu. Fólie se skládá z podložky-nosné vrstvy, která je z umělé hmoty, na ní je umístěna antireflexní vrstva, dále je nejsilnější vrstva luminoforů, na povrchu fólie je ochranná vrstva (Nekula, Chmelová, 2005).

Chemické složení luminoforů

ZnS, ZnCdS –sirník zinečnatý, sirník zinečnatokademnatý - pro štítové fólie

LaOBr:Tb – oxid – bromid lanthanitý – aktivovaný terbiem

- modře emitující fólie na bázi vzácných zemin pro použití s modrocitlivými filmy. Fólie mají proti klasickým fóliím z wolframenu vápenatého vyšší absorpci a vysokou konverzní účinnost a umožňují tak výrazné snížení dávky při stejně vysoké ostrosti kresby a rozlišení detailu.

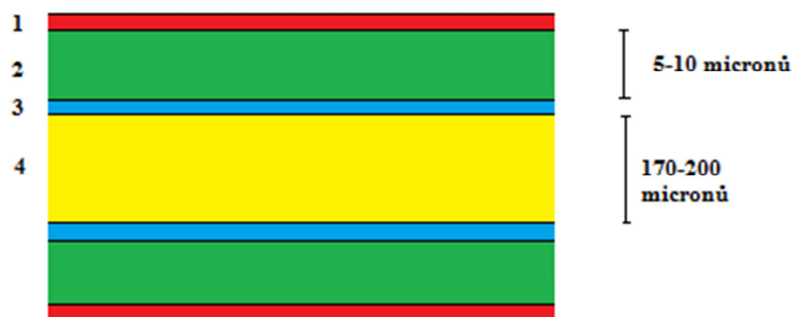
Gd₂O₂S:Tb – dioxid – sulfid gadolinitý – aktivovaný terbiem

- zeleně emitující fólie na bázi vzácných zemin. Tyto fólie patří k nejjemněji kreslícím a zeleně emitujícím fóliím na světovém trhu vůbec. Mají vysokou konverzní účinnost a umožňují tak výrazné snížení dávky (Nekula, Chmelová, 2005).

Zesilovací fólie jsou uloženy v kazetě, která má zavírací mechanismus, zámek. Zesilovací fólie jsou obvykle dvě, přední a zadní, mezi nimi je umístěn rtg. film. Přední fólie je blíže ke zdroji záření – rentgence, na zadní naléhá film, tato mívá často větší zesílení (Státní ústav radiační ochrany, 2001). Obě fólie osvítlí – ozařují příslušnou část filmu s oboustrannou emulzí, proto se obrazy, tedy rozprostření luminoforů, musí zcela přesně krýt. Zesilovací fólie rozdělujeme podle zesilovacího faktoru. To je číslo, které udává, kolikrát se může snížit množství záření při použití této fólie. Podle kvality se rozlišují a označují číselnou řadou 100, 200, 400 a 800. Nebo též fólie s faktorem 100, 200 atd. U maximálně zesilujících fólií (800) je faktor zesílení až 40. Zvláštním

druhem jsou mamografické kazety. Tyto mají pouze zadní fólii, film se používá speciální s jednou vrstvou emulze. U těchto typu kazet je žádoucí velká rozlišovací schopnost měkkotkáňových složek zachycených objektů. Zesilovací fólie a filmy jsou dodávány senzibilizované na jednu barvu v zeleném nebo modrém programu (Šmoranc, 2005).

Zobrazování na filmový materiál je hlavní charakteristikou analogového zobrazovacího systému. Filmy jsou citlivé na luminiscenční světlo fólií a na rtg. záření. Filmový materiál je v podstatě tvořen emulzí krystalů AgBr, které ale nemají pevnou vazbu, ale iontovou Ag⁺ a Br⁻. Po dopadu luminiscenčního nebo rtg. záření se v krystalech absorbuje a dochází k elektronovému vyrovnání Ag⁺ plus Br⁻ a kvantum záření za vzniku AgBr. (Blažek, Oskar 1980). Vzniká tak latentní filmový obraz. Při ustálení se musí neosvětlený AgBr z filmu odstranit, aby nedošlo ke znehodnocení filmu, který zčernal osvitěním AgBr. Vlastní filmy můžeme rozdělit na fóliové (se zesilovací fólií) a bezfóliové (bez zesilovací fólie). Ve velké míře se v radiodiagnostice používají fóliové filmy. Bezfóliové mají dnes použití v podstatě jen ve stomatologii a to jen u starších typů rtg. přístrojů (Šmoranc, 2005).



Obr. 2 - Schematické znázornění složení rtg. filmu, 1-ochranná vrstva, 2-emulzní vrstva, 3-pojivová vrstva, 4-polyesterová podložka

Fóliové filmy se skládají obvykle ze čtyř vrstev:

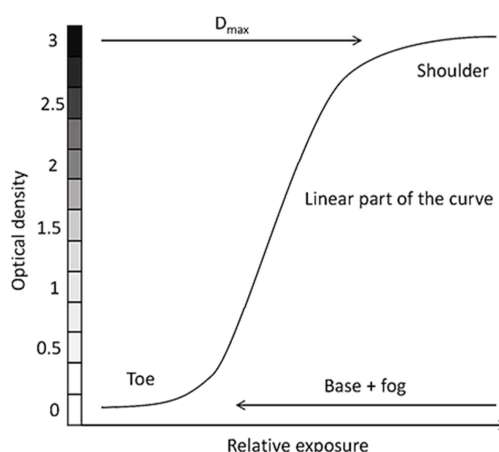
1. Podložka - je z polyesteru, musí být čirá a nehořlavá
2. Pojivová vrstva - spojuje emulzní vrstvu s podložkou
3. Emulzní vrstva - tvoří ji želatina, ve které jsou krystaly AgBr a příměsi

4. Ochranná vrstva - obvykle bývá z tvrzené želatiny

Fóliové a bezfóliové filmy mají obvykle emulzní vrstvu po obou stranách podložky, filmy pro mamografii ale mají jen jednu vrstvu. Standardní formáty filmů jsou samozřejmě shodné s formáty kazet (Dietze et al., 1969).

Bezfóliové filmy mají vysokou ostrost kresby, nemají přirozeně fóliové artefakty. Musí mít podstatně silnější emulzní vrstvu a z toho vyplývá nutnost vyšší expozice. V současné době se používají především u starších typů zubních rtg. přístrojů (Šmoranc, 2005).

Závislost zčernání filmu na expozici udává křivka zčernání, zvaná také charakteristická křivka.



Obr. 3 - Charakteristická křivka (zdroj: Watson, 2012)

1.3 Princip zobrazování pomocí CR systémů

Zobrazování pomocí CR systému, tzv. nepřímá radiografie, je v současné době nejrozšířenější zobrazovací technika používaná na pracovištích radiologie. Po skoro 100 let trvajícím analogovém filmovém zpracování se jedná o převratnou změnu v zobrazování s možností dodatečného upravování obrazu, tak zvaném postprocesingu (Ferda 2015). Dalším, a ne nevýznamným faktorem, je velká finanční úspora celého zpracovatelského procesu. Při analogovém systému je nutné mít celou řadu formátů foliových kazet, příslušné velikosti filmů, chemikálie, přístroj na zpracování filmů – vyvolávací automat, tepelně vyhovující místnost pro uskladnění filmového materiálu a následně další prostory pro archivaci filmů. S tímto souvisí celá řada dalších stavebních

požadavků. Komora pro výměnu filmů, vždy světlotěsná s inaktivním světlem, problémy s rychle stárnoucí - oxidující vývojkou v letním období, manipulace s chemikáliemi – výpary, další náklady s likvidací použitých chemikálií.

Toto vše zavedením nepřímé radiografie odpadá. Navíc je tu významný faktor finanční, i když vstupní investice není malá, návratnost je velmi rychlá. Dle informace z RDO Nemocnice České Budějovice tvořily vstupní náklady přechodu z filmového zobrazování na CR systém 1/3 nákladů na filmový materiál a chemikálie potřebné na roční provoz. V neposlední řadě zde figuruje rychlost získání konečného obrazu. U poslední generace vyvolávacích automatů byl filmový snímek k dispozici asi za 900-100 sekund po vložení filmu v temné části vyvolávací komory. U CR systému je k dispozici za cca 30 sekund, ovšem s možností dalších úprav.

Základem digitální radiografie je paměťová fólie, která má formát standartní filmové kazety, jak je znázorněno na obrázku 4.



Obr. 4 – CR kazety

Paměťová fólie je složena z vrstvy mikrokystalů luminoforu CsJ, nebo halogenidů barya (F, Cl) obohacených europiem, (Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, 2003) které mají podstatně lepší citlivost než CsJ. Po dopadu

rentgenového záření na luminofor elektrony získají energii, která je vyšší, než by odpovídalo příslušné orbitě, a proto elektron přestupuje na orbitu s vyšší energetickou hladinou a nemůže se vrátit zpět. Tento jev se nazývá elektronová past, a následkem toho vzniká elektronový latentní obraz. Paměťová folie je uzavřena ve světlotěsné kazetě, velmi připomínající konvenční filmovou kazetu (Tateno et al., 1987).

Chemické složení luminoforu:

BAF_x – europiem obohacené barium fluor-chloridové krystaly

Kazeta se vloží do čtečky (digitizeru). Tepelnou fotostimulací pomocí ozáření červeným laserovým paprskem se elektrony vracejí do původní polohy a emitují přebytečnou energii jako viditelné (obvykle modré) záření – fluorescence- které přechází do fotonásobiče, kde je vzniklý proud elektronů zesílen. Analogo-digitální převodník mění elektrický analogový signál na digitální informace. Paměťová fólie se potom „vymaže“ intenzivním světlem a je připravena k dalšímu použití. U moderních fólií je možné provést až 30 000 expozic, respektive výrobce zaručuje 30 000 cyklů expozic a následného „vymazání“ při zachování standardní vysoké kvality. Stav excitace je poměrně nestabilní, takže je důležité skenovat paměťovou fólii co nejdříve. Moderní fólie neztrácejí informace 12-24 hodin. Výrobce doporučuje zpracovat fólii do 8 hodin. Na pracovištích k této prodlevě nedochází, neboť kazeta s fólií je zpracována okamžitě po exponování (Sedlář et al., 2014).

CR systém je velmi citlivý na nízkoenergetické záření, proto jeho zdroj ze sekundárního záření musíme odstranit kvalitními sekundárními clonami. Naopak citlivost vůči tvrdé technice (100 kV – 140 kV) je poměrně nízká (Tateno et al., 1987).

Rozlišovací schopnost je nepřímo závislá na velikosti zvoleného formátu, větší fólie má rozlišovací schopnost menší. Dále je rozlišovací schopnost závislá na poměru pixel/matrix. Je třeba si uvědomit, že všechny systémy založené na luminiscenci mají horší rozlišovací schopnost, protože dochází k určitému rozptylu světla. Také rychlost skenování má vliv na rozlišovací schopnost, s větší rychlostí klesá, pomalejším skenováním můžeme kompenzovat horší rozlišení velkých fólií. U mamografických fólií se používá skenování obou stran fólie, zvýší se tím rozlišovací schopnost. Součástí

digitizeru je počítač pro postprocessing, ovladač, skener čárového kódu a vlastní zdroj energie (Sedlář et al., 2014).



Obr. 5 – Digitizér

Podle skladby citlivé vrstvy rozeznáváme tři typy paměťových fólií:

- 1) fólie pro obecné účely
- 2) fólie s vysokým rozlišením
- 3) fólie se zvýšeným rozlišením

Na specializovaných pracovištích jsou v provozu speciální fólie a kazeta formátu 30x90 cm na zobrazení celé páteře. Kazety mají dvě fólie, jsou skenovány individuálně, poté jsou spojeny do jednoho obrazu speciálním softwarem. Použití je např. na ortopedickém oddělení pro stanovení skoliózy (Zuna, Poušek, 2000).

Výhodou CR je menší pořizovací cena, významným faktorem je možnost využití stávajících rentgenových přístrojů bez dalších úprav. Naopak nevýhodou je menší citlivost a pomalejší provoz než u systému DR (přímá radiografie). Citlivost systému CR se neustále zlepšuje, nicméně odpovídá zhruba citlivosti konvenční filmové zesilovací fólie 200. U systému firmy Kodak odpovídá citlivosti 240. Výsledkem

konverze na CR systém bývá nutnost upravit expoziční parametry ve smyslu zvýšení dávky (Tůma, Rejda, 1998).

1.4 Princip zobrazování pomocí DR systému

Principem přímé digitální radiografie je přeměna elektromagnetického záření na elektrický proud. Základem této přeměny jsou fotodiody, fyzikálním principem je to vnitřní forma fotoefektu. V polovodičovém krystalu elektrony z obalu atomu vytvářejí se sousedními pevnou vazbu. K uvolnění elektronu z pevné vazby je potřeba energie, kterou dodají fotony elektromagnetického záření, ale tato energie musí být větší než je vazebná energie.

Elektrony se začnou v krystalu volně pohybovat, místo uvolněného elektronu zůstává neobsazené. V literatuře se proto setkáváme s pojmem **elektron – díra**. Pokud je v krystalu určitá nehomogenita, jsou přiloženy dva různé polovodiče na sebe. V tomto místě vzniká určité vnitřní elektrické pole, které rozdělí komplex elektron-díra tak, že elektrony jsou směřovány do oblasti **N**, která se nabíjí záporně, a naopak oblast **P** kladně. Mezi nimi zůstává určité elektrické napětí. Napětí na každém pixelu je měřeno speciálním fototranzistorem (Společnost radiologických asistentů České republiky, 2012).

Velikost elektrického proudu v čipu závisí na intenzitě elektromagnetického záření, na ploše článku a na jeho účinnosti.

U CCD technologie je vzniklá elektrická energie uložena v podobě vázaného náboje. Elektrony totiž neodtékají okamžitě do přiloženého měřicího obvodu, ale jsou izolovány v nábojových zásobnících v elektricky izolované struktuře čipu. Elektrony jsou postupně odváděny a měřeny.

Základem DR je čip tvořený maticí světlocitlivých, polovodičových elementů, na jejichž počtu a velikosti závisí také rozlišovací schopnost detektorů. Detektor jich obsahuje několik milionů. Systémy pro DR zobrazení se obecně nazývají **flat panely** (Žára et al., 2005).

Typy systému DR:

1. CCD systém

Stínítko je rozděleno na několik polí, každé je snímáno jednou CCD kamerou s diskretizací (náhrada spojitého prostředí -kontinua- systémem diskrétních bodů) 1024x1024. CCD systém je obvykle doplněn komplementem kov-oxid a polovodič (CMOS – complementary Metal-Oxid-semiconductor). Účinnost tohoto systému je malá, asi 20%, výhodou je však větší odolnost proti šumu (Zenman, 2014).

2. Flat panel s nepřímou konverzí a-Si

Skládá se ze scintilační vrstvy CsJ nebo $Gd_2O_3:Tb$. Luminiscenční světlo dopadá na soustavu fotodiód, které jsou na bázi amorfního křemíku (amorfni forma zajišťuje homogenitu na velké ploše). Náboje jsou detekovány TFT snímači (thin-film tranzistor), po zesílení signálu přecházejí do A/D převodníku. Luminofory na bázi sloučenin gadolinia jsou citlivější a přesnější než CsJ. Krystalky jsou u Gd_2O_3 uspořádány do jehliček, které na sebe těsně naléhají, a tím se minimalizují ztráty z převodu (rozptylu světla). Určitou nevýhodou nepřímé konverze je rozptyl světla, který snižuje rozlišovací schopnost i citlivost (Krupa, Křístek, 2002).

3. Flat panel s přímou konverzí a-Se

Základ tvoří obvykle skleněný substrát, na němž jsou uloženy fotodiody – amorfni selen, TFT a kondenzátory pro uchování signálu. Signály opět přecházejí do A-D převodníku. Fyzikálním principem je opět fotoefekt, který vytváří systém elektron – díra. U DR s přímou konverzí dochází k velkému zahřívání systému, proto musí mít vlastní chlazení.

Detektory mohou mít maximální velikost 43x43 cm, menší jsou u zesilovačů obrazu a ve stomatologii. Menší detektory jsou obecně rychlejší než větší detektory. Běžně již existují přenosné flat-panely, které můžeme použít v blízkosti vlastního přístroje anebo je můžeme připojit na pojízdné přístroje.

Zesilovače obrazu u nejnovějších DSA přístrojů i skiaskopicko-skiagrafičtých kompletů jsou vybaveny flat-panelovým zesilovačem.

Hlavní výhodou DR přístrojů je rychlost získání obrazu, prakticky během několika sekund jej vidíme na monitoru. Citlivost je větší než u CR systémů, v současnosti

odpovídá zesilovacím fóliím až 800, systémy bez scintilace mají také lepší rozlišovací schopnost. Nevýhodou je to, že pro DR musíme mít nový přístroj v cenové relaci 3-5 miliónů Kč.

V současné době jsou na trhu přístroje jak základní skiagrafické, tak univerzální skiaskopicko-skiagrafické sklopné stěny, které jsou používány jak pro běžnou skiografii, tak pro skiaskopické výkony např. vyšetření trávicího traktu, ERCP. Speciální přístroje, např. pro angiografie jsou používány již 5-10 let.

Vyšší cena přístroje je kompenzována rychlostí vyšetření, snímek je k dispozici za 3-5 sekund po expozici s velkou škálou postprocesingových úprav. Další možností je redukce ostatních starších analogových přístrojů, jelikož později nebudou splňovat požadavky Národních radiologických standardů na osobní dávky pro pacienty (Zenman, 2014).

2 Cíle práce a výzkumná otázka

2.1 Cíl práce

Zjistit stav výskytu chybných skiagramů v Nemocnici České Budějovice, a.s.

2.2 Výzkumná otázka

Zvyšuje se množství vadných skiagramů se zvyšujícím se počtem vyšetření?

3 Metodika

Podkladem pro vypracování bakalářské práce byly zdokumentované registrace chybných skiagramů z Nemocnice České Budějovice, a.s. z let 2013 – 2015. Dále pak studium odborné literatury, sledování práce radiologických asistentů a konzultace prováděných technik s odborníky.

4 Výsledky

4.1 Obecný úvod k vadám skiagramů

Obrazové artefakty provázejí radiologické zobrazování od doby, kdy se začalo používat rtg. záření pro zobrazování struktur a tkání lidského těla. V zásadě lze rozdělit vady skiagramů na tři kategorie (Praktická Radiologie, 2016):

1. Vady způsobené obsluhou (radiolog. asistentem) před expozicí nebo během expozice
2. Vady způsobené pacientem – i když často to lze nazvat selháním, opomenutím vyšetřujícího ra. asistenta
3. Vady při zpracování , jak analogovém, tak digitálním

Vady na snímku zahrnuté pod bod **č. 1.** se ve své podstatě za celou dobu radiologického zobrazování příliš nezměnily, ani příčiny jejich vzniku.

Chybné skiagramy vznikají:

- chybnou projekcí dané oblasti,
- nesprávným nastavením expozičních parametrů, jak manuálně, tak pomocí expoziční orgánové automatiky
- nesprávným použitím primárních clon – přílišné clonění způsobí „ořezání snímku“, tímto nejsou zachyceny požadované anatomické struktury, naopak nepoužití primárních clon zvýší množství sekundárního záření, což způsobí zašednutí snímku, zvýšení dávky pro pacienta a výrazné zhoršení kontrastu mezi jednotlivými strukturami. Při použití DR systému nedochází významně ke zhoršení kvality obrazu, ale k podstatnému zvýšení dávky pro pacienta.

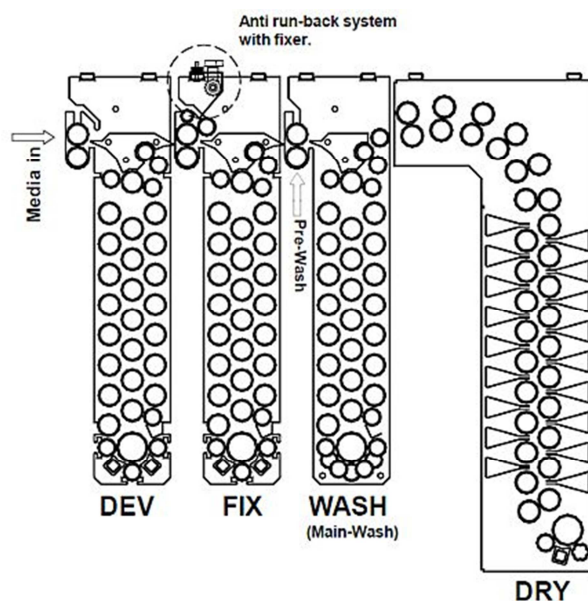
Vady zahrnuté pod bod **č.2.** se taktéž příliš nezměnily. Částečně jsou způsobeny nespolupracujícím pacientem v důsledku jeho nemoci, stáří, prodělaného akutního

traumatu, event. intoxikací alkoholem nebo jinými návykovými látkami anebo kombinací obojího.

Vady zahrnuté pod **bod 3.** zahrnují celé spektrum chyb, od pochybení obsluhy až po selhání techniky a to i s nástupem digitálních technologií.

4.2 Vady na filmových skiagramech

Vady na filmových skiagramech (dále jen na filmech) byly poměrně časté z důvodu jejich složení ale i velkým podílem lidské práce. Zvláště v „dávných“ dobách, kdy se filmy zpracovávaly ručně, a celý proces spočíval v opakované manipulaci s filmem, byla velká možnost znehodnotit film jak před vlastní expozicí, tak již po exponování (Ort, Strnad, 1997). Ještě koncem 80.let minulého století se filmy zpracovávaly tak, že se upnuly do kovových rámečků odpovídající velikosti a celý zpracovatelský proces byl v rukou laboranta. Jistý pokrok byl zaznamenán zavedením takzvaných „vyvolávacích automatů“ Byl to stroj s oddělenými lázněmi (vývojka, ustalovač, vodní lázeň) a se soustavou válečků, jimiž film procházel. Vady na filmovém materiálu mohly být již z výroby, dále mohly mít původ v transportu, ve způsobu skladování a hlavně při manipulaci (Chiu et al., 1995).



Obr. 6 – Schéma vyvolávacího automatu (zdroj: Chiu et al., 1995).

4.2.1 Přehled možných vad při ručním zpracování

1. **Černé body** – řádně nerozpuštěná vývojka, působení bakterií, kovový prach, postříkání suchého filmu vývojkou, bublinky plynu v ustalovači, vodní skvrny způsobené například pokapáním suchých filmů, nebo způsobené nerovnoměrným zasycháním filmu.
2. **Černé skvrny** – pronikání světla do kazet, do krabic s filmy, do zásobníku s filmy, nalehnutí filmu v rámečku na okraj tanku s lázněmi, kontakt filmu se sousedním filmem.
3. **Černé pruhy** – vodní pruhy, vznikají při upnutí suchého filmu do mokrých rámečků, stékající vývojka po filmu, který nebyl dostatečně dlouho v mezilázni s vodou, bromkaliové proužky pod neosvícenými místy při špatném pohybu filmu ve vývojce.
4. **Tmavé půlměsíčky** – otlak příliš dlouhých nehtů do struktury filmové emulze.
5. **Tmavé čáry** – vznikají zalomením filmu při neopatrné manipulaci.

- 6. Tmavé blesky** – vznikají jako výboj elektrostatického náboje na povrchu filmové emulze. Možné příčiny vzniku:
- Prudké vytažení filmu z krabice
 - Spontánní nabití filmu, který je přeschlý
 - Vysoká teplota a příliš suchý vzduch v temné komoře, velmi častý problém, který vznikal hlavně v horkých letních měsících.
- 7. Tmavé čáry** – vznikají při stroboskopickém efektu při nesprávné rychlosti pohybu sekundární mřížky v Buckyho cloně ve snímkovacím stole.
- 8. Tmavé mramorování** – nedostatečný pohyb filmu ve vývojce nebo v mezilázní, příliš krátké vyvolávání, nedostatečně rozpuštěná vývojka, skladování filmů ve vlhku.
- 9. Bílé body** – cizí těleso mezi fólií a filmem, defekty ve fólii, nerozpuštěné soli ustalovače, působení bakterií.
- 10. Bílé skvrny** – vodní skvrny na fóliích, potřísnění vyšetřovaného pacienta nebo vyšetřovacího nářadí kontrastní látkou, otisky mastných prstů na fólii, potřísnění suchého filmu ustalovačem, bublina na povrchu filmu ve vývojce, slepení filmů ve vývojce.
- 11. Světlé proužky** – působení mírného tlaku na film.
- 12. Šedý závoj** – film s prošlou expirací, přezáření mírným difuzním světlem nebo rentgenovým či jiným zářením.
- 13. Dichroitický závoj** – podle úhlu pozorování filmu, jestliže se díváme na film pod šikmým úhlem, jeví se závoj žlutozelený, pozorujeme-li film kolmo, pak se nám jeví závoj červenohnědý, znamená to, že ustalovač je kontaminovaný vývojkou, vývojka je kontaminovaná ustalovačem, málo kyselý ustalovač, film je příliš krátce v mezilázní.
- 14. Žlutý až hnědý závoj** – známka nedostatečného ustalování.

15. Potrhání emulze – velké rozdíly v teplotě lázní.

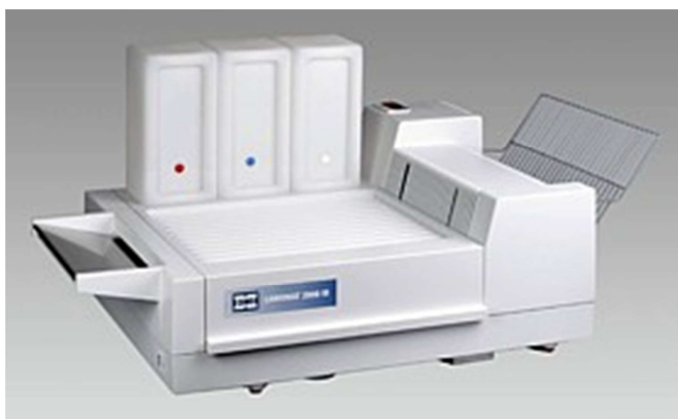
16. Odplavení emulze – mnohahodinová konečná lázeň, příliš vysoká teplota v sušícím boxu při nedostatečném pohybu vzduchu, příliš vysoká teplota lázní v temné komoře s velkou teplotou (Wicke et al., 1982).

4.2.2 Přehled možných vad při strojním zpracování

- 1. Šikmé založení filmu** – film bylo žádoucí vsunout do podávacích válečků kolmo při straně, kde se nacházela soustava hnacích ozubených válečků. Jestliže se film vložil šikmo, docházelo k ohybu nebo lomu, u velkých formátů (35x35, 35x43 cm), mohlo dojít i k zastavení posunu a k následnému potrhání emulze.
- 2. Proces najetí filmů na sebe** – jestliže se předchozí film z různých důvodů opozdil v posunu, nebo dokonce zastavil, následující film ho dostihnul, následovalo slepení obou filmů a zastavení posunu.
- 3. Opatření hnacích ozubených kol** – způsobovalo zpomalení průchodu filmu až zastavení a následné najetí filmů na sebe.
- 4. Vysoká teplota sušení** – špatné nastavení teploty, důsledkem bylo popraskání emulze.
- 5. Rychlá degradace (oxidace) vývojky** – velký problém v letních měsících, kdy v temných komorách teplota dosahovala až 28°C, výsledkem bylo „vyčerpání“ lázní a zšednutí filmu.
- 6. Černé pruhy a skvrny** – osvit filmů v temné komoře, způsobený vstupem nepovolané osoby nebo nedbalostí obsluhy, která opustila světlotěsnou část komory a ponechala otevřený zásobník na filmy.

- 7. Potrhání a poškrábání emulze** – po finální úpravě film pomalu opouští systém válečků již suchý, ale u výstupu stojí nedočkavý traumatolog nebo chirurg, který nepřiměřeným tahem způsobí poškození emulze.

Z výše uvedeného přehledu je patrné, že při zpracování filmů ruční technikou byla velká možnost vzniku zásadních chyb a vad na skiagramech. Vady skiagramů zpracovaných ručně nebo strojně byly víceméně podobné. Práce v temné komoře vyžadovala precizní a odpovědnou práci radiologického asistenta. Celková doba zpracování filmu od vyndání z kazety po usušení a označení byla přibližně **dvě hodiny**. S nástupem tzv. vyvolávacích automatů se doba zpracování významně zkrátila. První automaty zpracovaly film za **5-7 minut**, poslední generace automatů dokázala zpracovat film za **60 až 90 sekund**. Z hlediska obsluhy byla práce v temné komoře poměrně náročná. Laborant pracoval v takřka úplné tmě (osvětlení v temné komoře bylo možné pouze prostřednictvím inaktivního světla v barvě žlutozelené nebo tmavě červené), nezanedbatelná byla inhalace výparů z chemikálií, přestože byl v komorách zavedený systém aktivního odsávání (Praktická Radiologie, 2015).



Obr. 7 – Vyvolávací automat (zdroj: <https://www.vmk-rtg.cz>)

4.3 Vady na skiagramech CR

Vady na skiagramech CR systémů můžeme rozdělit na:

- 1) Artefakty způsobené obsluhou

- 2) Chyby vznikající při převádění latentního obrazu do jeho viditelné formy.
- 3) Artefakty způsobené pacientem

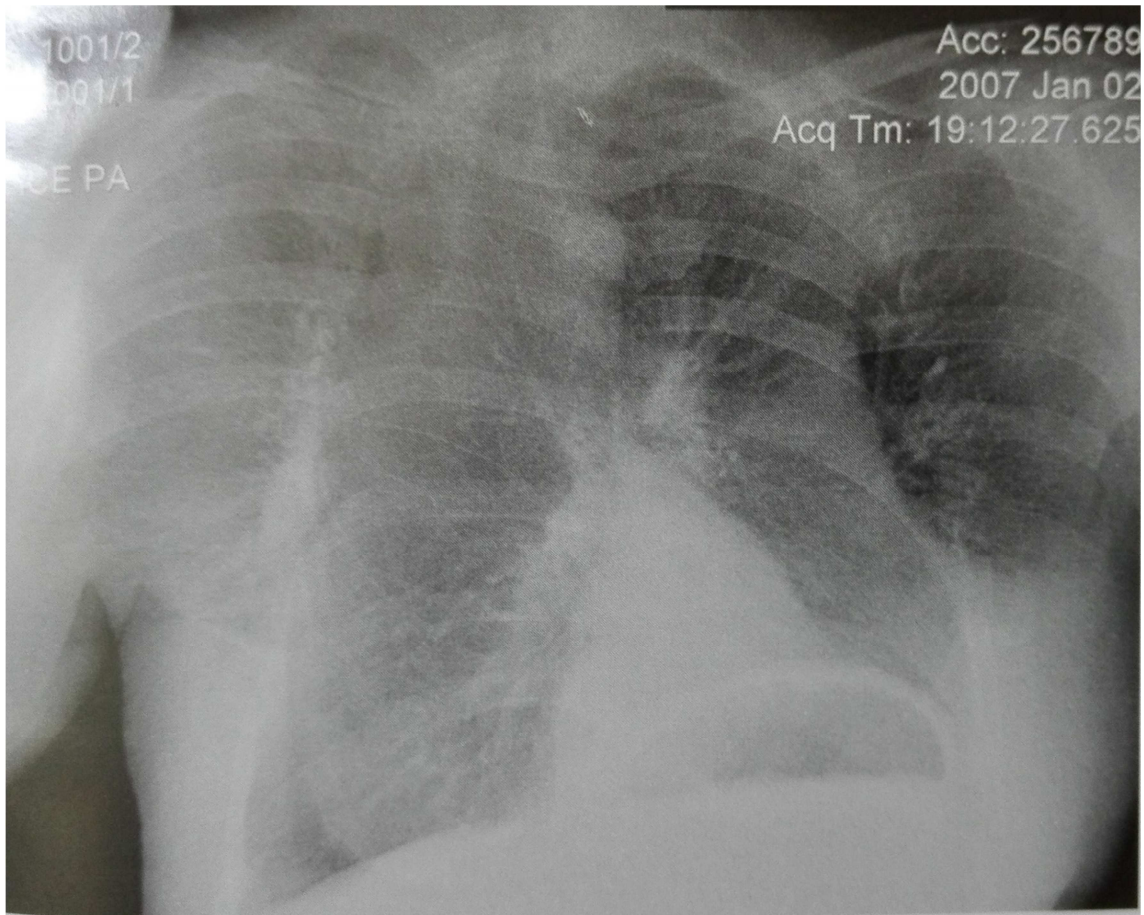
4.3.1 Artefakty způsobené obsluhou můžeme dále rozdělit :

- a) Nepřemazaná kazeta
 - b) Dvojexpozice
 - c) Expozice přes zadní stranu kazety
 - d) Chyby při volbě expoziční automatiky
 - e) Nepozornost při volbě vyšetření nebo postprocesingu
 - f) Nesprávné použití sekundárních clon
 - g) Znečištěná kazeta, potřísněná fólie
-
- a) Nepřemazená kazeta

Pokud je CR kazeta delší dobu mimo provoz (odstavení pracoviště pro poruchu, nebo tento formát je velmi málo používán v provozu), vznikají na paměťové fólii artefakty ve formě šedého zrnitého závoje. Původcem je dlouhodobé působení přirozeného radiačního pozadí. Dalším indikátorem je zvýšení hodnoty expozičního indexu na neexponovaném snímku. Tento artefakt se objeví i v případě odložení a zapomenutí CR kazety na vyšetřovně. Závoj je způsoben rozptýleným sekundárním zářením (Praktická Radiologie, 2013).

- b) Dvojexpozice

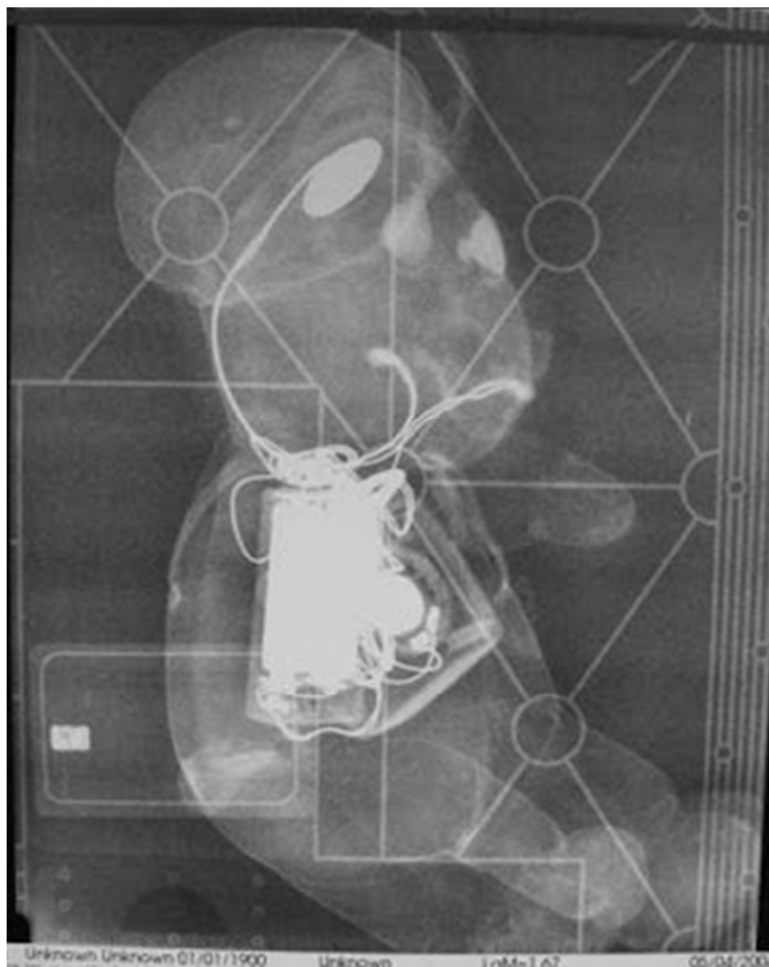
Artefakt způsobený dvojitou expozicí jednoho pacienta nebo při použití jedné kazety pro vyšetření dvou pacientů, aniž tato kazeta byla zpracována a následně vymazána. Dvojitá expozice jednoho pacienta se zpravidla projeví zdvojením kontur zobrazovaného objektu, i když je pacient v klidu, změně nepatrně polohu, nádech při zadržení dechu může být různě velký. Příkladem jsou zdvojené kontury klíčních kostí a žeber při zadopředním snímku plic.



Obr. 8 – Dvojexpozice (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

c) Expozice přes zadní stranu kazety

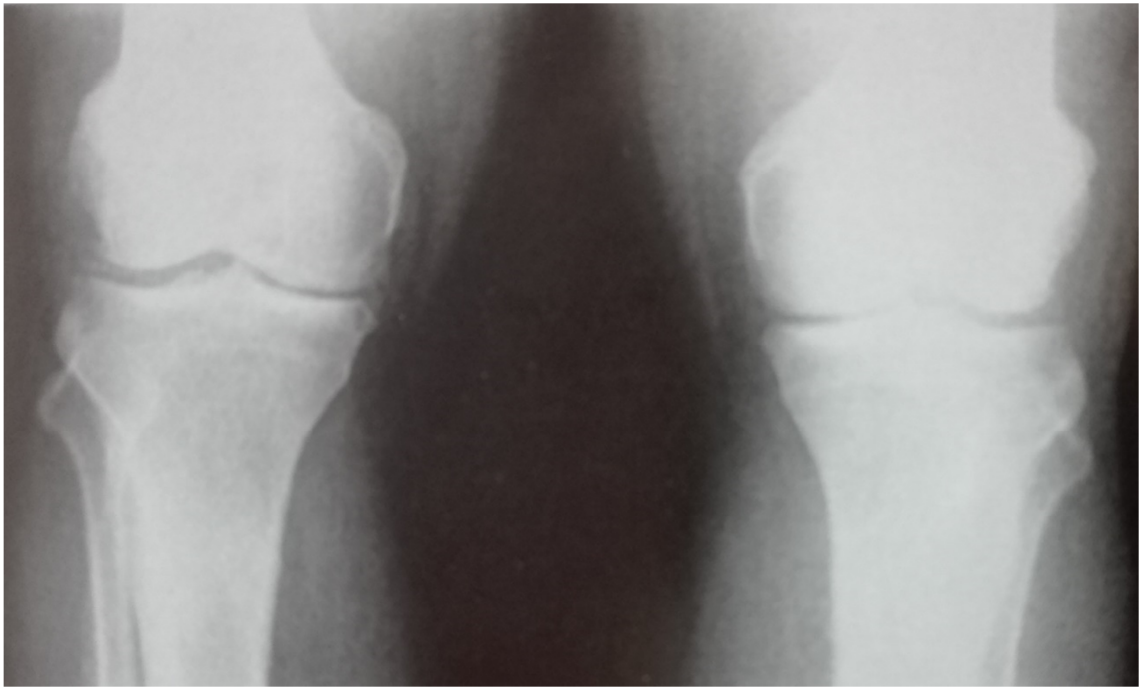
Příčina tohoto artefaktu je zřejmá. Při nepozornosti obsluhy (radiologický asistent) dojde k otočení kazety a pacient je snímkován na „rubovou“ plochu kazety. Nejčastěji k tomu dochází při snímkování plic na lůžku, obvykle na JIP klinických oddělení. Na snímku se objeví konstrukční prvky daného typu kazety, které se liší podle výrobce. Vždy je nutné, aby kazetu pod pacienta vkládal radiologický asistent, nikoliv personál.



Obr. 9 – Expozice přes zadní stranu kazety (zdroj: <https://www.researchgate.com>)

d) Chyba při volbě expoziční automatiky

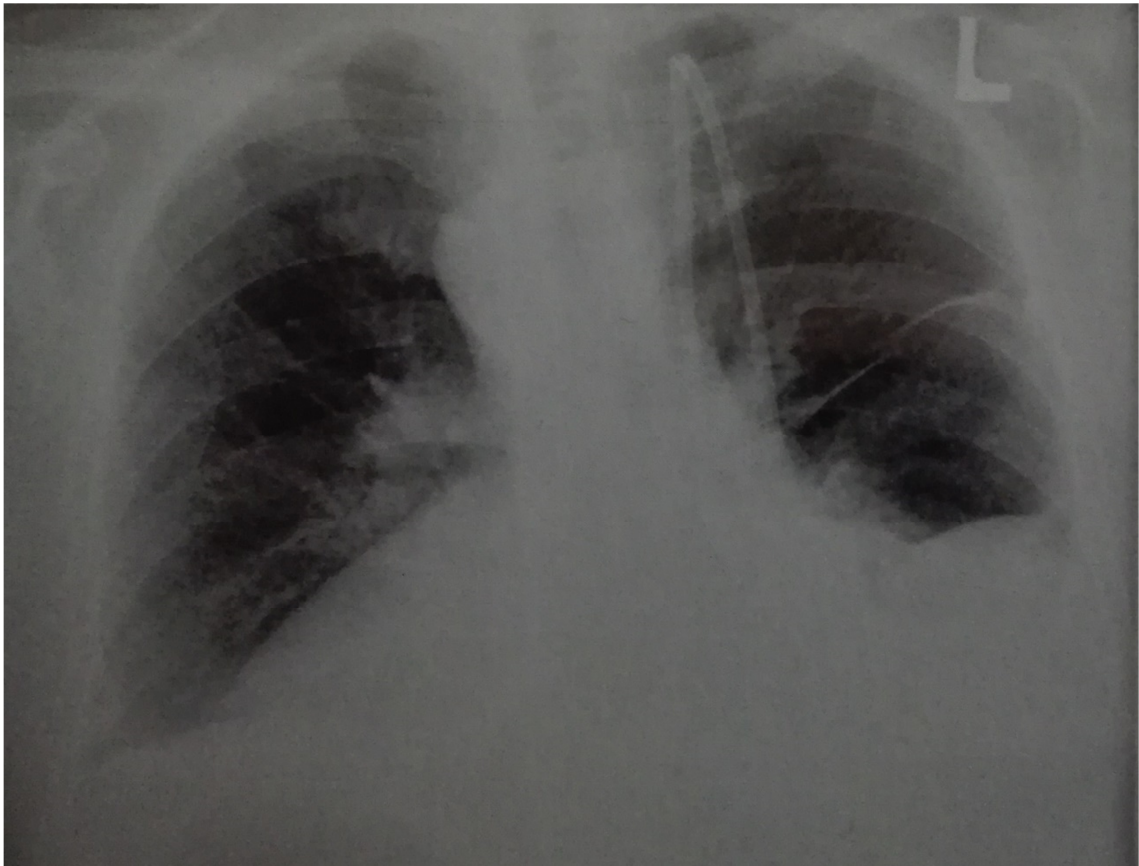
Může nastat situace, kdy si rad.asistent neuvědomí rozložení snímkových objektů v zobrazovaném poli. Důsledkem může být umístění aktivní komůrky expoziční automatiky do prostoru, kde není dostatečně silná vrstva zobrazovaných tkání, eventuálně primární svazek rtg. záření dopadá přímo na kazetu, aniž prošel tkáněmi pacienta a byl příslušně zeslaben. Typickým příkladem je srovnávací snímek kolenních kloubů, nebo kyčelních kloubů, s aktivací středové ionizační komůrky. Výsledný obraz je v oblasti zájmu podexponovaný.



Obr. 10 – Chyba při volbě expoziční automatiky (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

e) Nepozornost při volbě vyšetření, nebo při následné úpravě – postprocessing

Nebezpečná je nepozornost při zpracování vyšetření, kdy je zvolen nesprávný program na zpracování a úpravu snímku. Typickým příkladem je snímek plic na lůžku v předozadní projekci. Snímek je následně do digitizéru načten jako zadopřední. Tímto pochybením je snadno vytvořena dextrokardie (vzácný stav, kdy srdce je vývojově situováno zrcadlově opačně). Pochybení nastane při nízkém standardu stranového označování.



Obr. 11 – Špatná úprava snímku (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

f) Nesprávné použití sekundárních clon

Pokud snímkuje na kazetu objekt silnější než 15 cm, mělo by být pravidlem použít sekundární Lysholmovu clonu, která má být vložena mezi CR kazetu a objekt, resp. přímo na CR kazetu. Příkladem může být snímek lebky horizontálním paprskem u imobilního pacienta. Problém nastane, je-li clona umístěna zrcadlově obráceně, tj. svojí zadní stěnou k rentgence. V tomto případě dochází k neostrému zobrazení v okrajích snímku, protože směr lamel, které jsou jinak vějířovitě v cloně uloženy je právě opačný, s divergencí (rozbíhavostí) primárního rtg. svazku. Lamely na okraji mřížky fungují díky svému opačnému sklonu jako dokonalé stínění (Praktická Radiologie, 2017).

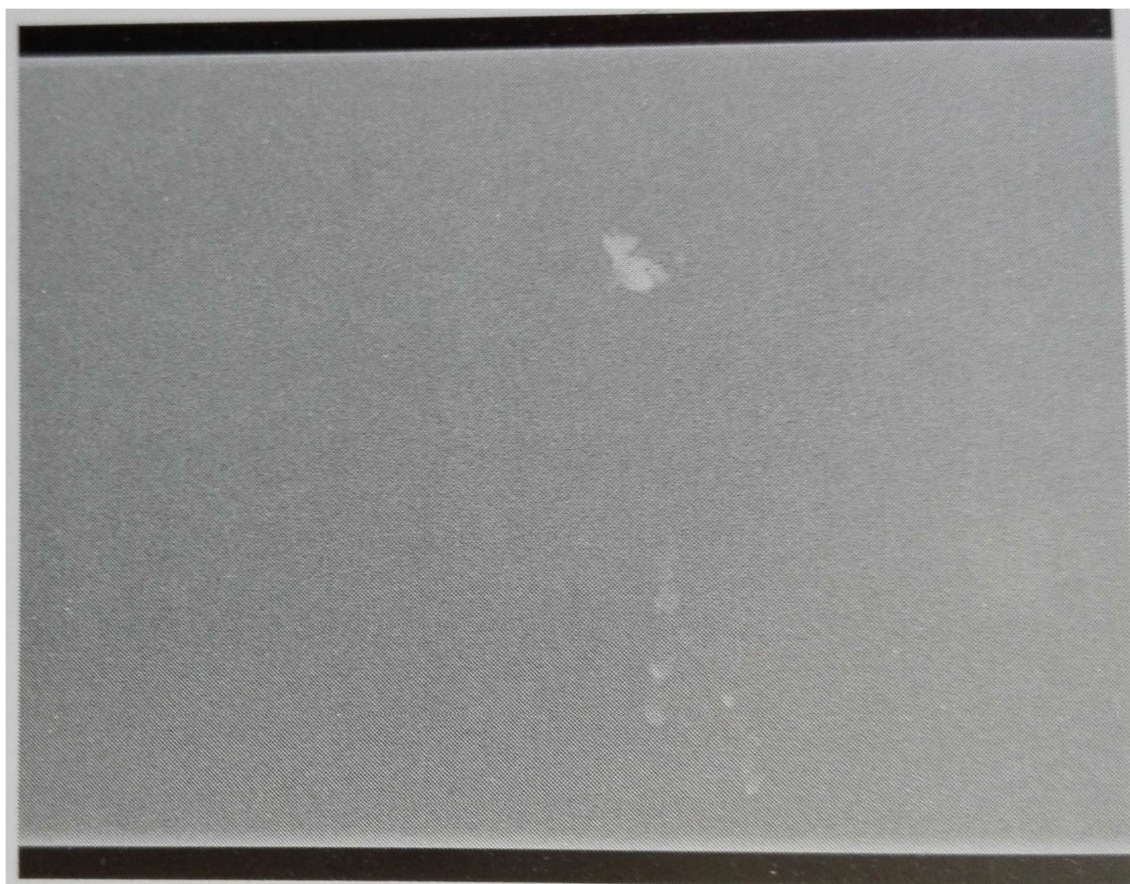


Obr. 12 – Nesprávné použití sekundárních clon (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

g) Znečištěné kazety, potřísněné fólie

Naprostu zbytečné jsou artefakty v diagnostickém zobrazování, jejichž příčina je v nedostatečné, nebo chybné údržbě kazet a paměťových fólií. Velmi často ulpí na povrchu kazety sádra z fixace končetin při kontrolním snímku pro repozici. Pokud není ihned tento materiál odstraněn, vytváří se při dalších expozicích výrazné artefakty, nehledě k možnému poškození mechanických částí digitizéru. Drobné částice nečistot se mohou přenést do vnitřních mechanických částí digitizéru, následně mohou vytvářet artefakty ve formě čar a linií přes celou plochu snímku při skenování latentního obrazu. Taktéž se mohou částice nečistot dostat na válečky mechanického posunu a přenášet se na další paměťové fólie jiných skenovaných kazet.

Artefakty mohou vytvářet i nesprávné postupy při čištění paměťových fólií, zvláště při použití neschválených čistících prostředků, jsou-li především na alkoholové bázi. Při snímkování na lůžku je vhodné zabalit kazetu do ochranného obalu. Tento obal slouží jako ochrana před znečištěním od různých tělesných tekutin (krev, moč, stolice, žluč) nebo od různých mastí, zvláště pak obsahují-li zinkový základ, pak vytvářejí kontrastní artefakty (Neuwirth et al., 1989).



Obr. 13 – Znečištění kazety (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

4.3.2 Artefakty vznikající při převádění latentního obrazu do jeho viditelné formy

a) Mechanická porucha

Při vložení kazety do digitizéru je systémem válečků vsunuta do přístroje, dojde k otevření zámku a zasunutí fólie do světlotěsné části ke zpracování. Je-li zámek opotřebován, nedojde k vysunutí fólie.

Velmi častým problémem, bývá nevsunutí nebo zaseknutí kazety. Důvodem jsou povytočené mikrošroubky, upevňující kovový rám na obvodu kazety. Zatočením šroubků do původní polohy tak, aby nepřesahovaly přes kovový okraj rámu se problém odstraní.

Porušení kovového ochranného rámu je příčinou zaseknutí kazety v přístroji velmi často je způsobeno opakovanými pády kazety na zem.

Další mechanická porucha podávacího systému může být způsobena celkovým opotřebením přístroje.

Nejčastější porucha podávací mechaniky bývá způsobena obsluhou. Na kazetě je pracovníkem zapomenuta stranová značka (P,L) přilepená lepicí páskou . Společně jsou vloženy do digitizéru a následuje zablokování celého mechanického systému (Levy, 2012).

b) Reziduální obraz na snímku

Na paměťové fólii se může projevit reziduální (zbytkový) obraz předešlého zobrazení. Jedná se o důsledek špatného a nedostatečného smazání během zpracování snímku. Většinou se jedná o problém v technickém stavu digitizéru. Chybí většinou v nedostatečném osvětlení a tím následném vymazání zbytkové informace. Porucha je v halogenových zářivkách, které jsou buď nefunkční, nebo nedávají dostatečný jas (Mettler, 2014).

c) Vady mající původ v digitálním převodu

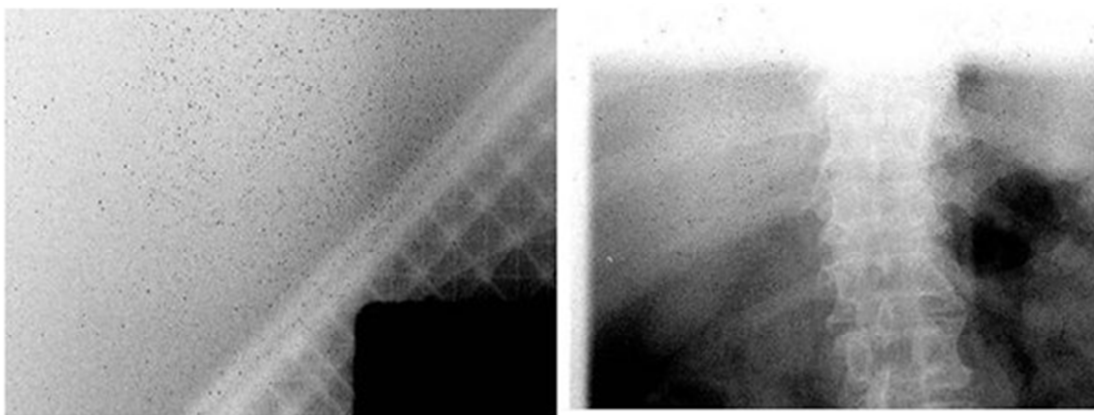
d) Vodorovné pásy

e) Vodorovné čáry

f) Svislé pásy

g) Svislé čáry

h) Různé artefakty

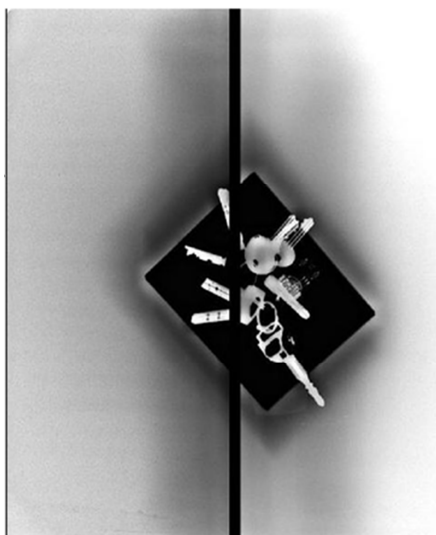


Obr. 14 – Černé tečky (zdroj: <http://www.ajronline.org/>)

Černé tečky, jsou způsobeny elektro-statickými výboji z angličtiny ESD (Electro-Static Discharge). Tyto černé tečky vznikají velice krátkými a ostrými záblesky (jiskrami), které se projeví v PMT (photomultiplier tube) - fotonásobiči skrz modrý filtr. Tento efekt způsobuje několik faktorů, mezi dva nejvýznamnější patří „podmínky prostředí“ (suchý vzduch, nízká vlhkost) a „tření obrazovky s mechanickým systémem“ (vnitřní prostor kazety, posuvný mechanismus jednotky, atd.)

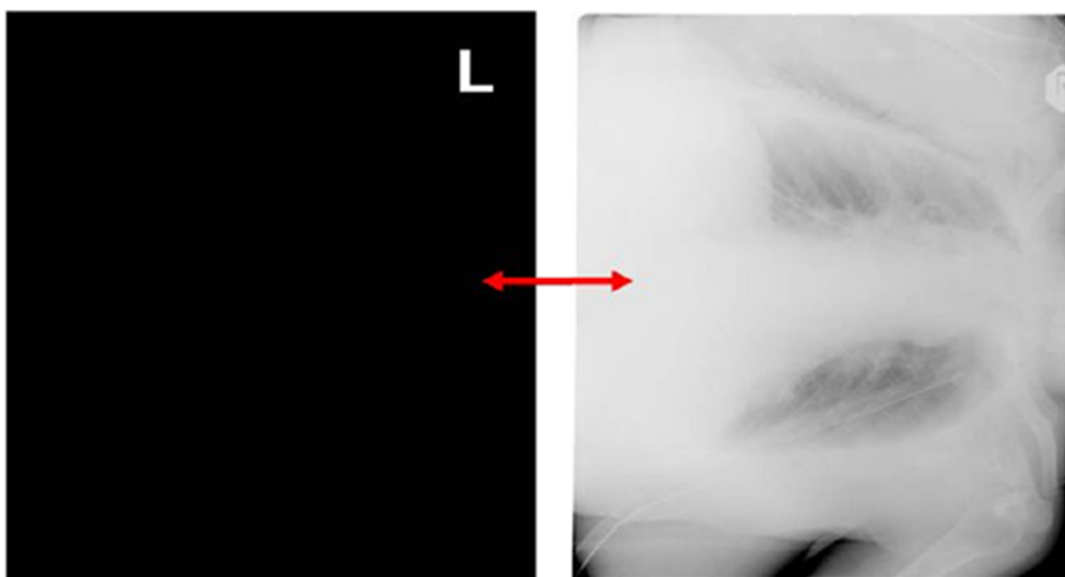
Tento efekt lze eliminovat čištěním desky antistatickými prostředky. Frekvence čištění záleží na prostředí a četnosti používání.

Při velkých expozičních hodnotách pod určitým úhlem, (není dodržena kolmost primárního svazku), může vznikat černá čára uprostřed snímku díky stínění. K řešení tohoto problému je třeba použít jiného filtru (Praktická Radiologie, 2014).



Obr. 15 – Svislá čára na snímku (zdroj: Zenman, 2014)

Při použití kovových stranových značek mohou některé obrázky zčernat.



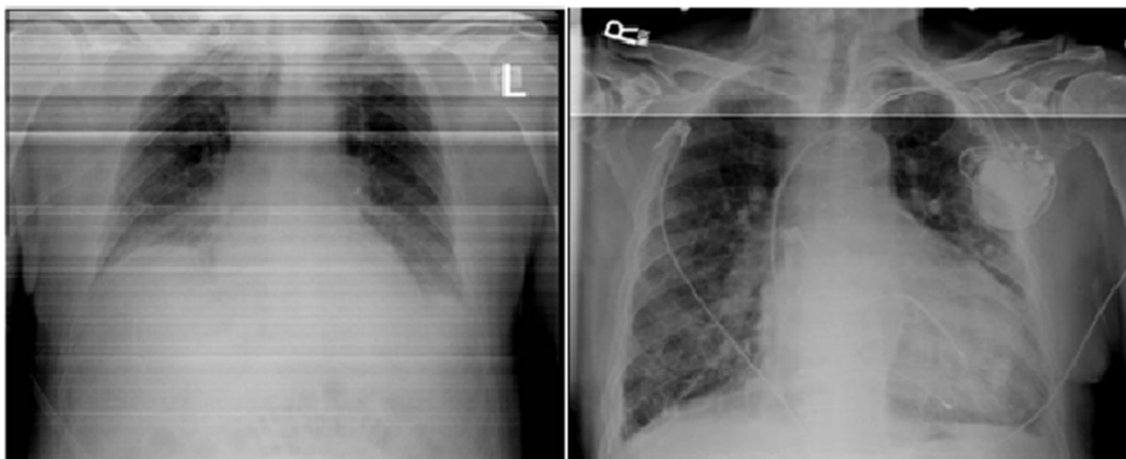
*Obr. 16 – Zčernání snímku při použití stranových značek (zdroj:
<http://www.ajronline.org/>)*

Tenké linky uprostřed obrázku - mohou být způsobené zrníčkem prachu na fólii, po skenování laserovým paprskem se typicky tvoří tenké čáry. Je-li proveden snímek na lůžku je tenká čára je způsobena plastovou konstrukcí postele, protože kazeta je položena do speciálního držáku na kazety pod lůžkem pacienta.



Obr. 17 – Tenké linky uprostřed snímku způsobené konstrukcí lůžka (zdroj: <http://www.ajronline.org/>)

Tenké linky na obrázku mohou být způsobeny pohybem systému během skenování. Problém je v opotřebované mechanice držáků a táhel, které vysouvají desku ke skenování.



Obr. 18 – Artefakty způsobené během vysouvání desky (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

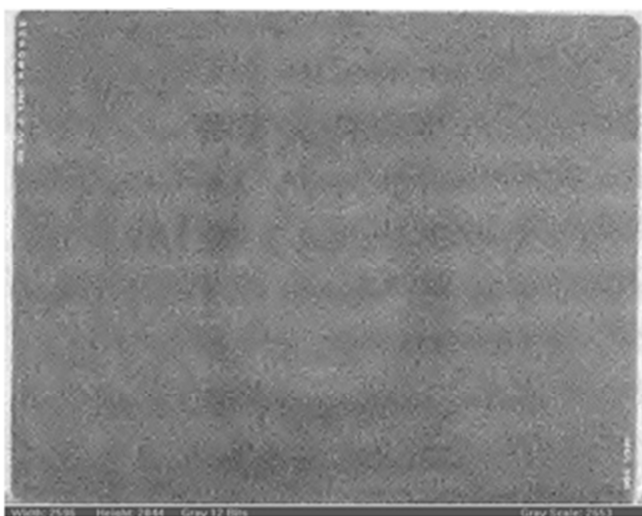
Přístroj nefunguje správně při vysokých dávkách, obrázek je zrnitý.

Chyba je ve zdroji (rentgence), možných příčin je více, např. vadné nebo nefunkční velké ohnisko, nemožnost nastavení velkých expozic.



Obr. 19 – Zrnitost snímku, chyba rentgenky (zdroj: Watson, 2012)

Při vložení desky s fólií do kazety „obráceně“ vznikne následující artefakt.



Obr. 20 – Artefakt vzniklý při špatném vložení desky (zdroj: Watson, 2012)

Tenké linky, které se objevují díky elektronickému šumu přicházejícího z EPROM. **EPROM** je angl. zkratka pro Erasable Programmable Read-Only Memory. Jedná se o semipermanentní typ paměti typu ROM-RAM, jejíž obsah je mazatelný ultrafialovým zářením (UV), proto se někdy označuje také jako **UV-EPROM**.



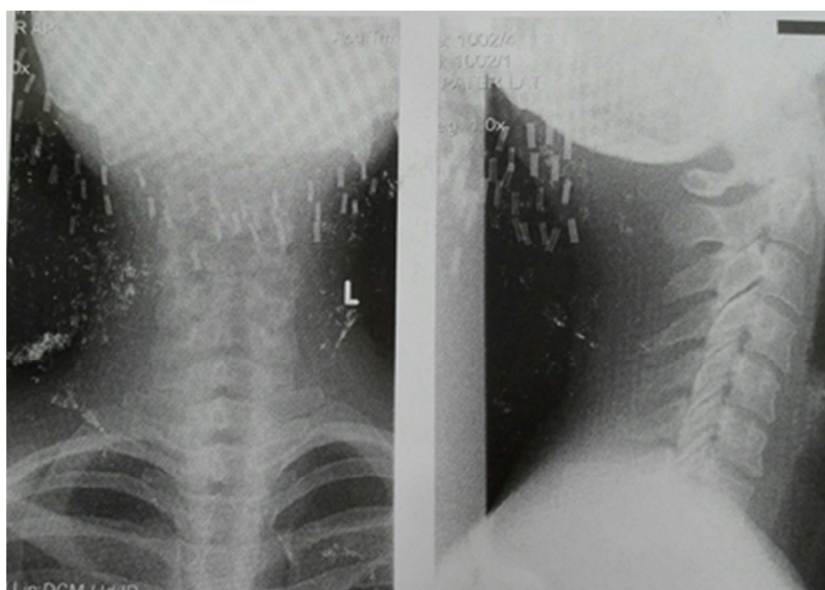
Obr. 21 – Tenké linky vzniklé elektronickým šumem (zdroj: Mettler, 2014)



Obr. 22 – Černé skvrny na snímku hrudníku způsobené špatnou kalibrací skeneru (zdroj: Cardiac Imaging, 2016)

4.3.3 Artefakty způsobené pacientem

Velkou většinu artefaktů vytvoří sám pacient přicházející na vyšetření, které není schopen radiologický asistent odhalit nebo odstranit. Příkladem jsou nastavované vlasy nebo gelové nehty. Jinou skupinou jsou artefakty způsobené fixačními pomůckami nebo rekonstrukčním materiálem po prodělaných úrazech. Lze se s nimi setkat v různých částech těla, velkých kostech, v celé ose páteře (kovový materiál – dlahy, šrouby), (Merkunová, Orel, 2008). Samostatnou kapitolou jsou artefakty z vakuových dlah u pacientů po polytraumatech. Fixační dlahy se mohou nacházet na jednotlivých končetinách, nebo se jedná o celotělové fixační vakuované matrace. Akutní úrazový stav pacienta vyžaduje rychlé vyšetření, zjištění stavu skeletu, nebo nelze dlahu sejmout pro evidentní porušení kontinuity skeletu (Mettler, 2014).



Obr. 23 – Nastavované vlasy (zdroj: Mettler, 2014)

4.4 Vady na skiagramech DR

S potenciálem snížení dávky pro pacienta a vylepšenou kvalitou obrazu, mnoho radiologických oddělení zakoupí systémy digitální radiografie (DR) s flat panelem (detektorem) namísto systémů všudypřítomné počítačové radiografie (CR – Computed radiography). Spolu s možnými rozdíly v účinnosti existují rozdíly v získávání a zpracování snímku mezi DR a CR, které mohou vytvářet artefakty, které jsou jedinečné pro DR. Při použití termínu „artefakt“ zahrnují také problémy, jako je zpoždění obrazu, které souvisí s fyzikálními omezeními detektorů. Doporučené postupy pro minimalizaci těchto artefaktů mohou někdy negovat potenciální zvýšení účinnosti DR v porovnání s CR.

Každý model systému DR má předpoklad na jiný projev nebo stupeň artefaktu. I když dodavatelé používají stejný hardwarový detektor, rozdíly v kalibraci nebo zpracování obrazu mohou způsobit různé výsledky nebo artefakty. Stanovení standardních testů a kontrolních limitů pro identifikaci nebo prevenci klinicky významných artefaktů může být náročné. Mnoho různých typů artefaktů je společných jak pro CR, tak pro DR, včetně podexpozice a nadměrné expozice, kolimace a moiré [česky moaré (z franc. Moiré), je rušivý optický efekt, který vzniká překrýváním nebo interferencí dvou pravidelných a jen málo odlišných rastrů.]

DR je náchylný k mnoha stejným artefaktům jako CR, včetně artefaktů souvisejících se zpracováním obrazu nebo mřížkou. Tato kapitola se zabývá dalšími artefakty specifickými pro DR (např. detekční lag, chybná kalibrace, zpětný odraz). Kromě příkladů artefaktů je v kapitole zmíněna strategie pro eliminaci těchto artefaktů.

I když různé systémy mohou mít podobný hardware, mohou být více či méně náchylné k artefaktům v závislosti na tom, jak prodejce zpracovává funkce, jako je načasování expozice, korekce šumu, zpracování obrazu nebo stínění detektoru. Některé artefakty mohou vyvolat obavy o bezpečnost pacientů (např. dvojité nebo nesprávně označená laterality způsobená zpožděním). Jiné by mohly zakrýt nebo změnit vzhled diagnosticky relevantního nálezu.

Pro zajištění dobré péče o pacienta je důležité pochopit omezení detektorů a flat panelů a používat zařízení způsobem, který nevyvolává artefakty. Stejně jako u všech

osvědčených postupů v oblasti radiologie je zapotřebí začlenit zařízení pro získávání snímků do programu kontroly kvality. Stejně důležitá je také znalost vizuálního vzhledu artefaktů a tím rozeznat artefakt od nálezu a zajistit správnou diagnózu (American Journal of Roentgenology, 2015).

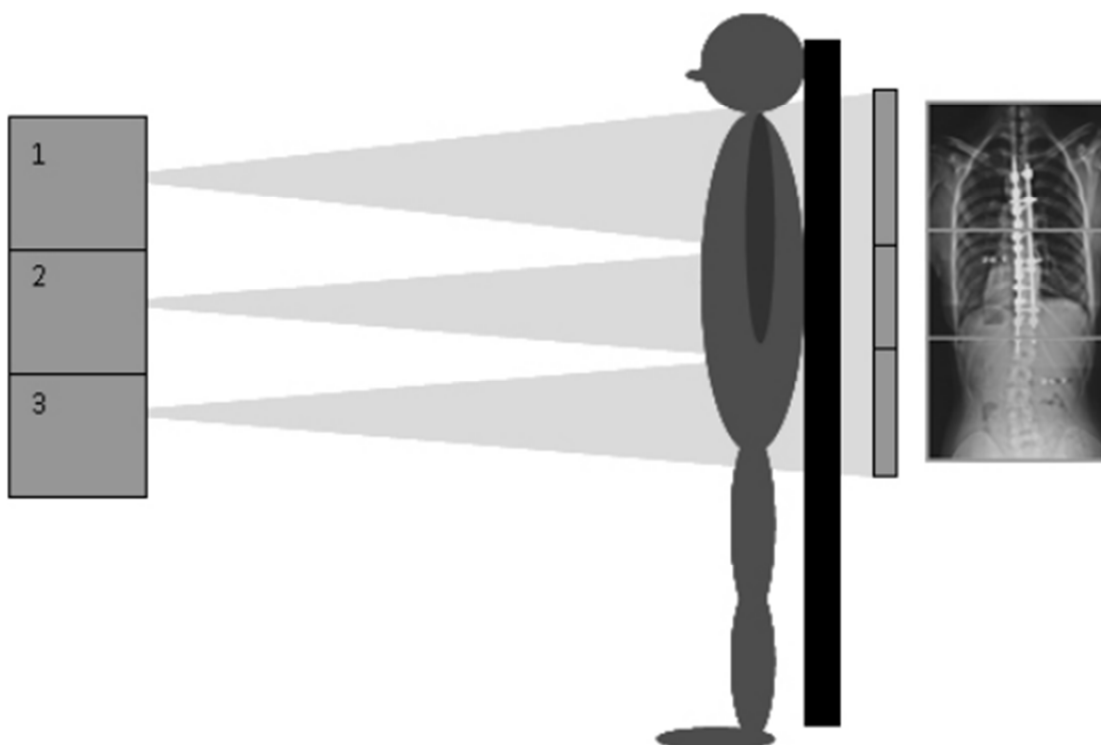
4.4.1 Artefakty při kombinování snímků

Často je potřeba získat obraz delší než typická délka CR kazety nebo DR detektoru (43 cm), zejména pro rentgenografické zobrazování páteře nebo nohou. Kombinování snímků, nazývané také „stitching“ nebo „patching“, se provádí různými metodami pro CR a DR.

Pro vytvoření dlouhého snímku pomocí CR je několik kazet uspořádáno do jediného držáku. Desky se překrývají přes okraje, jsou stacionární a pro expozici dvou nebo tří desek je použita jediná rentgenová expozice. Po zobrazení se obrazy kombinují na základě referenčních značek, které se na snímcích zobrazují a udávají umístění překrytí.

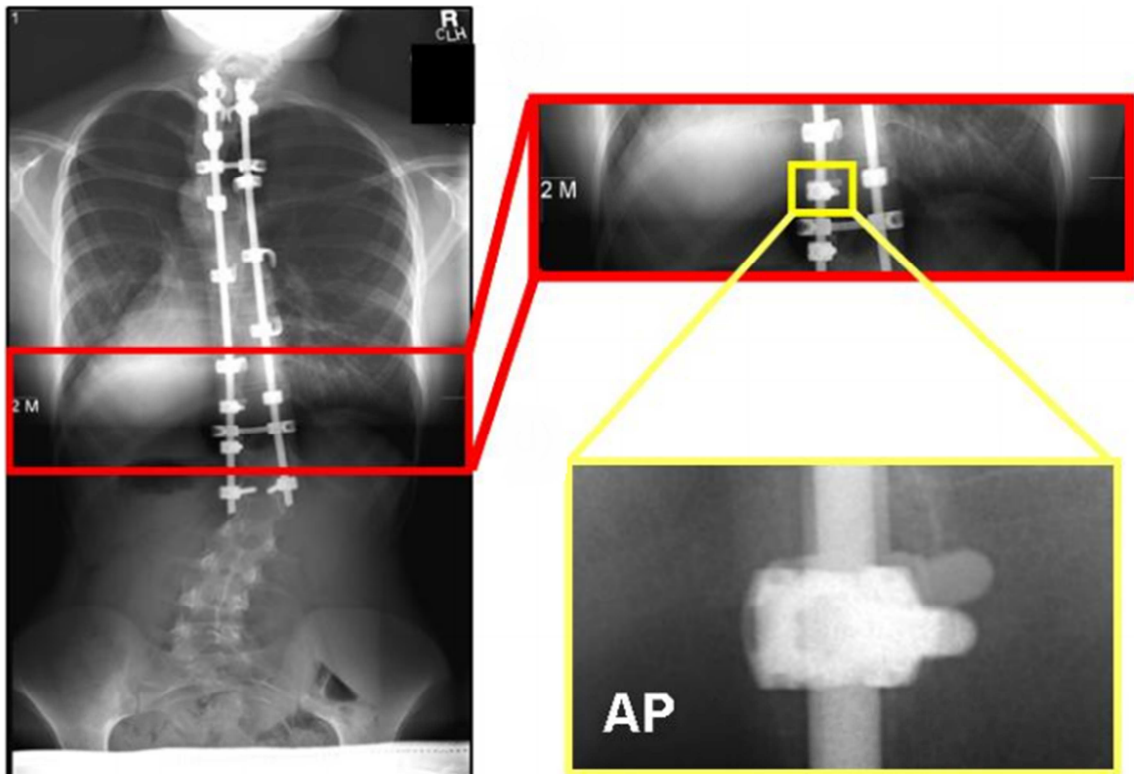
V DR, jedna z dostupných metod vytváří jeden obraz složený z několika menších pomocí synchronního krokového pohybu rentgenového zdroje a detektoru. Jednotlivé promítací obrazy získané v každé poloze detektoru se pak automaticky sestaví do jednoho kompozitního obrazu na základě označení olověnou značkou.

Jak je znázorněno na obrázku 25, aby byla zahrnuta veškerá anatomie pacienta, jsou oblasti v blízkosti horního a spodního okraje detektoru zahrnuty do dvou přilehlých snímků. Anatomie v oblasti překrytí rentgenového paprsku bude promítnuta dolů v horní poloze rentgenového zdroje a bude promítána nahoru do dolní polohy rentgenového zdroje. Když jsou sousední expozice kombinovány, výsledný obraz překryje a spojí dva výstupky stejné anatomie, což může mít za následek obrazové artefakty (American Journal of Roentgenology, 2015).



Obr. 24 – Princip „stitchování“ (zdroj: Mayo Clinic, General Radiographic Image Artifacts)

Při vyšetření na skoliózu ukázaném na obr. 26 byly pořízeny dva snímky se synchronním krokovým pohybem rentgenové trubice a detektoru. Šroub byl umístěn v překrývající se oblasti obou výstupků. Po spojení snímků, byly viditelné různé výstupky šroubu. Kombinování snímků v oblasti překrytí vedlo k různým hustotám obrazu, což představuje projekci šroubů. Ačkoli tato situace vytvořila obraz, který byl zjevně vadný, je možné, že při jiných podmínkách, může vzniknout jemnější superpozice šroubových obrazů, čímž vznikne artefakt, který napodobuje vzhled uvolněného šroubu.



Obr. 25 – Artefakt při stichování snímku skoliózy (zdroj: Mayo Clinic, *General Radiographic Image Artifacts*)

Je možné použít alternativní metodu snímkování, která tomuto artefaktu zabráňuje. Touto metodou se získávají snímky natočením rentgenové trubice v místě ohniska tak, aby odpovídala umístění detektoru pro každou expozici. V této konfiguraci se všechny oblasti snímku, které se překrývají, zobrazují stejnou geometrií projekce, takže není vytvořen žádný artefakt (American Journal of Roentgenology, 2015).

4.4.2 „Ghosting“

Ghosting nastává, pokud obraz z předchozí expozice je přítomen v expozici současné.

V systému DR se v pravidelných intervalech odečítá signál uložený v detektorovém poli. Ne všechny zachycené elektrické náboje z první expozice jsou uvolněny jediným čtením a zbytkový náboj může být uvolněn během následného odečtu, což má za následek přenesení předešlé projekce do té současné.

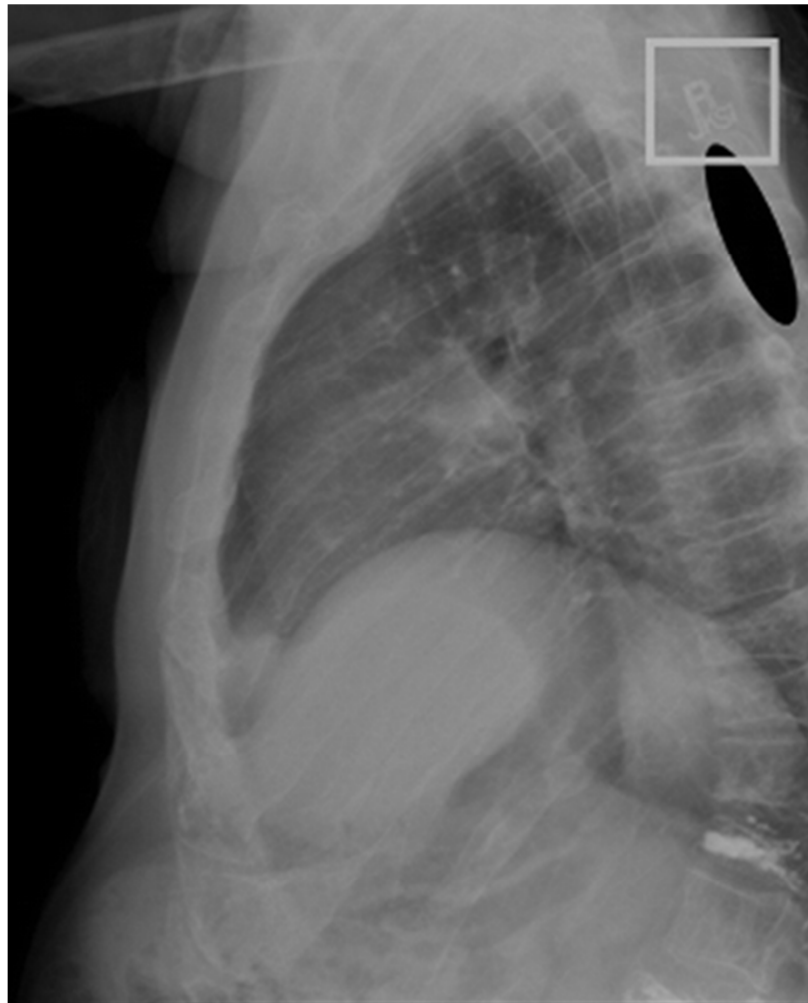
Všechny DR detektory budou generovat zpoždění, tedy zpětnou projekci snímku, obecně však většina zpoždění nebude klinicky relevantní, neboť byla minimalizována uplynulou dobou mezi expozicemi nebo jinou metodou, která toto kompenzuje. To však neznamená, že se tyto artefakty nemohou objevit v klinické praxi (American Journal of Roentgenology, 2015). Příkladem může být obr. 27, který je pořízen jako tři individuální expozice, které jsou pořízeny rychle za sebou, aby se zabránilo vyosení při pohybu pacienta.

V horní části snímku je vidět tmavá část kolem těla, (v elipse), která se promítá i do snímku prostředního. Je to dáno tím, že úroveň expozice na prvním snímku je daleko větší než na druhém.



Obr. 26 – Ghosting (zdroj: Mayo Clinic, General Radiographic Image Artifacts)

Obr. 27 ukazuje viditelný zbytkový obraz olověných značek, ukazující iniciály provádějícího radiologického asistenta z dříve získaného snímku. V předchozím snímku byla oblast olověných značek vystavena neoslabeným rentgenovým paprskům. Vzhledem k přítomnosti značky na druhé straně obrazu může dojít k potenciálnímu zmatku. Snímek olověné značky je snadno viditelný díky ostrým čarám a vysokému kontrastu. Oblasti zbytkového signálu z jiných objektů by však mohly být umístěny způsobem, který by mohl ovlivnit interpretaci obrazu, aniž by se objevil jako artefakt.



Obr. 27 – Zbytkový obraz olověné značky (zdroj: Mayo Clinic, General Radiographic Image Artifacts)

Tento artefakt může mít klinický dopad, pokud zakryje důležité rysy v následujícím obrázku, napodobuje klinické zjištění nebo naznačuje špatnou laterální. Naštěstí tento jev klesá v čase, takže v následných expozicích se zbytkový obraz olověných značek nezobrazí. Tento jev není navíc typicky pozorován klinicky, pokud

není snímán objekt s vysokým kontrastem v oblasti s vysokou expozicí a je rychle následován jiným obrazem, který přenese obraz do oblasti s nižším ozářením.

Eliminovat tyto artefakty lze v zásadě dvěma způsoby: Protože se zvyšuje intenzita signálu s expozicí, snížíme množství záření na detektor snížením úrovně expozice a kolimací. Zadruhé, protože se snižuje množství signálu s časem, zvyšujeme časový interval mezi expozicemi .

4.4.3 Zpětný odraz

Mobilní detektory DR mají mnoho výhod. Je možné provádět širší škálu vyšetření než se statickým detektorem DR, čímž v mnoha případech eliminujeme potřebu dalších zobrazení CR. Tím, že detektor je mobilní je zde kladen důraz na hmotnost a ergonomii. Snaha minimalizovat hmotnost detektoru však může znamenat zmenšené stínění na zadní straně detektoru. To, spolu s náročnou konfigurací a vysokou expozicí může vytvářet podmínky pro vytváření snímků, které jsou kontaminovány zpětným zářením (American Journal of Roentgenology, 2015).

Obecně tyto artefakty vznikají u snímání s vyššími expozicemi potřebnými pro větší pacienty, čímž vzniká významné množství rozptýleného záření. Rozptýlené záření, které dopadá na zadní část detektoru, může vytvořit artefakt, jako na obr.29.



Obr. 28 – Projekce detektoru do snímku břicha (zdroj: Mayo Clinic, General Radiographic Image Artifacts)

4.4.4 Vady způsobené obsluhou

Vady způsobené obsluhou se vyskytují u DR systémů také, ale poměrně v malém množství. Tyto vady se vyskytují poměrně zřídka, neboť přístroje disponují plnou orgánovou automatikou, nicméně pochybení ze stran obsluhy ani zde nelze vyloučit. Světlé pruhy vpravo a nahoře (ořezání formátu) na obr. 30 jsou způsobeny pootočenou primární clonou.



Obr. 29 – Snímek břicha s artefakem (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

Na obr. 31 jsou vidět světlé pruhy na horní straně snímku způsobené tím, že pacient nebyl personálem upozorněn na odložení prádla před snímkováním. Světlé pruhy představují gumu u kalhot.



Obr. 30 – Artefakt – světlé pruhy na horní straně snímku (zdroj: Nemocnice České Budějovice)

5 Statistika

Statistické údaje jsem zpracovala za období leden 2013 až prosinec 2015. Jsou převzaty z radiologického oddělení nemocnice České Budějovice a.s.. Do dat jsou zahrnuty skiagramy zhotovené jak na rtg. statických přístrojích, tak na přístrojích pojízdných.

Pro detekci a objasnění původu chyb je na oddělení zavedeno rozlišení původu chyb pomocí zkratk, které jsou zapisovány při vzniku do elektronické žádanky pacienta, do příslušné kolonky. Při měsíčním hodnocení lze vygenerovat počet a typ chybného skiagramu i se jménem příslušného pracovníka.

5.1 Rozdělení vadných skiagramů dle chybových zkratk

CHYL – chyba radiolog. asistenta, způsobená chybnou projekcí, nezachycení celé požadované části objektu, chybné zvolení programu a tím pádem podexponování nebo přeexponování snímku. Příkladem je záměna snímku plic a srdce vleže za snímek vstoje (požadavek kardiochirurgů před operací), záměna snímku vleže (pro potřeby urologů při podezření na kámen v močových cestách) za snímek vstoje. Při snímku břicha vleže na boku nezachycení celého břicha (od bránice po symfýzu).

CHYP – chyba způsobená vyšetřovaným pacientem. Hodně vad je způsobeno pacienty v podnapilém stavu, v poslední době i kombinací alkoholu a drog. Nejčastěji se jedná o pohybovou neostrost, kdy nespolupracující pacient se vlivem motorického neklidu dostává mimo oblast vyšetřované oblasti. Mnoho chyb je způsobeno pacienty při akutním úrazu z autonehod a pádů z různých příčin. Pacienti jsou v šoku z traumatu, z krevních ztrát a spolupráce je mnohdy svízelná. Pacienti jsou obvykle přivezeni vozidlem rychlé záchranné služby, mají na končetinách nebo pod celým tělem fixační vakuovou matraci, tudíž je zde předpoklad výskytu artefaktů z fixačních pomůcek. Dalším specifikem je snímkování dětí. I velmi malé dítě vnímá cizí prostředí, má strach, je neklidné a spolupráce je velmi obtížná.. Nejčastěji se vyskytuje pohybová neostrost a nemožnost provedení přesných projekcí.

CHYM – tato zkratka označuje chybu přístroje. Pod tímto pojmem lze zahrnout selhání přístroje, zobrazovacího řetězce nebo zobrazovacího média. S postupnou

digitalizací se chybovost zmenšuje. Zvýšený výskyt lze pozorovat po instalaci nové techniky nebo s příchodem nových pracovníků.

CHYZ – tato zkratka je zavedena pro chybnou žádanku. Tím je myšleno chybné jméno, rodné číslo, chybná diagnóza, špatně zvolený požadavek na zobrazení orgánu. Jelikož se za sledované období vyskytl velmi malý počet - do 10 žádank, a tato problematika nesouvisí s tématem, nebyl tento parametr sledován.

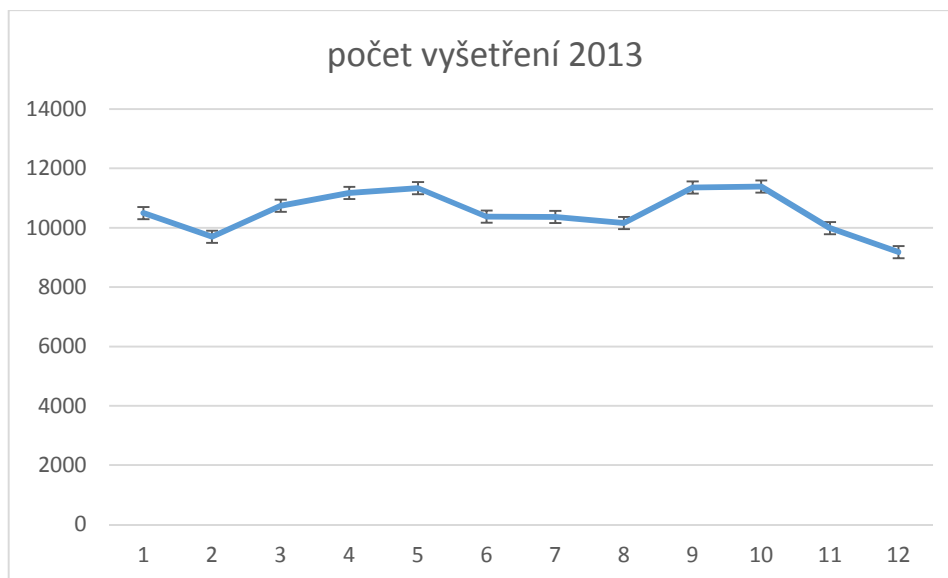
5.1.1 Vady skiagramů za rok 2013

V následující tabulce 1 jsou přehledně znázorněny počty vyšetření, počty opakovaných vyšetření, procentuální podíl opakovaných vyšetření, chyby radiologického asistenta, chyby způsobené pacientem, a chyby způsobené přístrojem za sledované období roku 2013. Žádná ze sledovaných hodnot v daném období nijak významně nekolísá.

Tab.1 – Přehled vadných skiagramů za rok 2013

Datum	Jan-13	Feb-13	Mar-13	Apr-13	May-13	Jun-13	Jul-13	Aug-13	Sep-13	Oct-13	Nov-13	Dec-13
Počet vyšetření	10496	9699	10747	11170	11337	10375	10366	10163	11357	11385	9985	9175
Počet opak. vyšetření	47	36	41	55	41	37	34	19	37	35	22	14
Počet opak. vyšetření v %	0.4	0.37	0.38	0.85	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
CHYL	24	25	32	39	25	26	26	15	20	21	18	10
CHYP	19	9	9	14	16	9	7	4	17	14	2	4
CHYM	4	2	0	2	0	2	1	0	0	0	2	0

Graf 1 ukazuje, že počet vyšetření v roce 2013 kolísá v rozmezí 9175 (prosinec) a 11385 listopad. Z grafu je patrný úbytek počtu vyšetření na začátku a konci roku a v období letních prázdnin. Což lze připisovat vyššímu počtu dovolených na straně pacientů. Na ose X grafu jsou zobrazeny jednotlivé měsíce, na ose Y pak počet vyšetření.



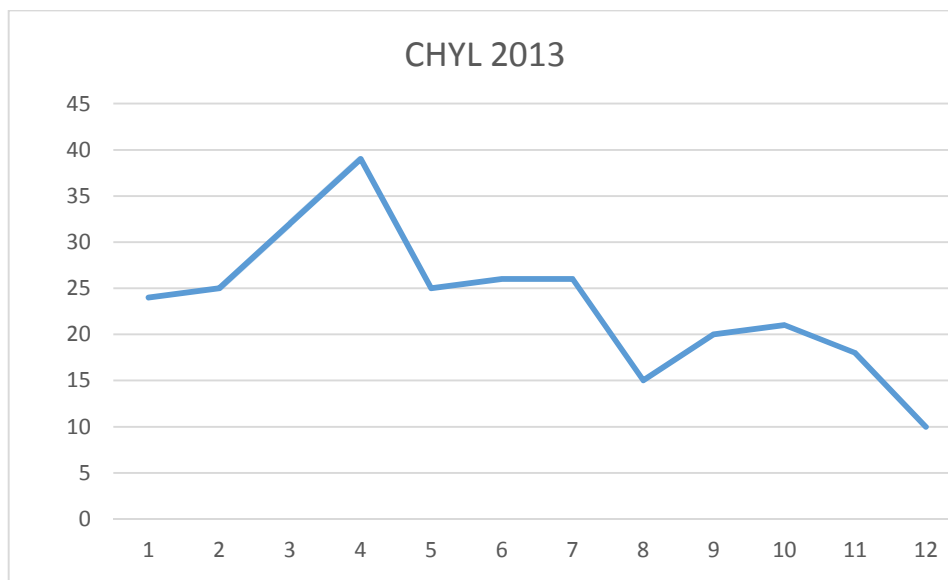
Graf 1 – Počet vyšetření za rok 2013

Počet opakovaných vyšetření znázorněných v grafu 2, se pohybuje od hodnoty 14 (prosinec) po hodnotu 55 (duben). V procentech od 0,2 do 0,85, což je stále hluboko pod stanovenou hranicí kvality 2,5%.



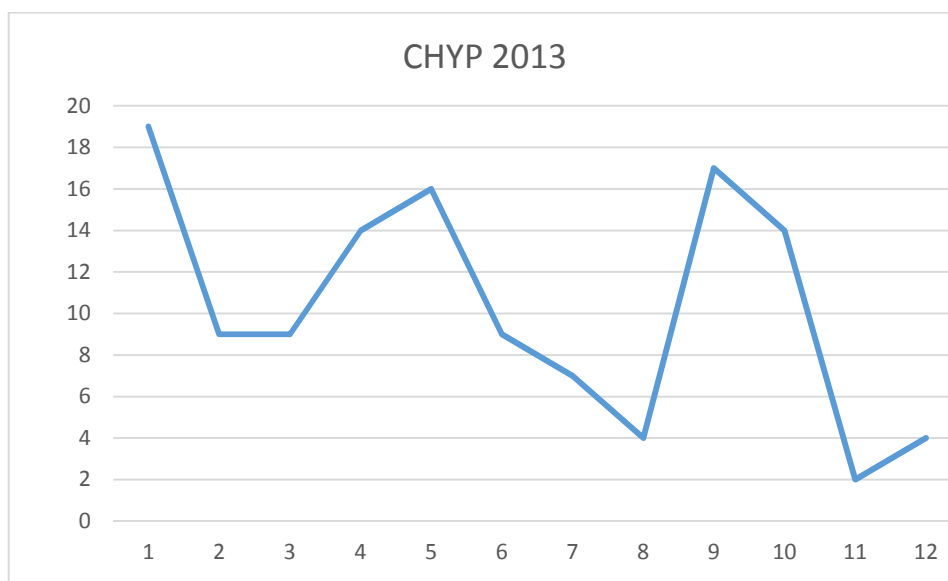
Graf 2 – Počet opakovaných vyšetření za rok 2013

Graf 3 znázorňuje počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2013 a pohybuje se v rozmezí 10 (prosinec) a 39 (duben). Je zajímavé si všimnout tvaru křivek grafu 2 a grafu 3, kde se tvar téměř kopíruje, z čehož by se dalo usuzovat, že v daném období je počet chyb radiologického asistenta přímo úměrný počtu opakovaných vyšetření.



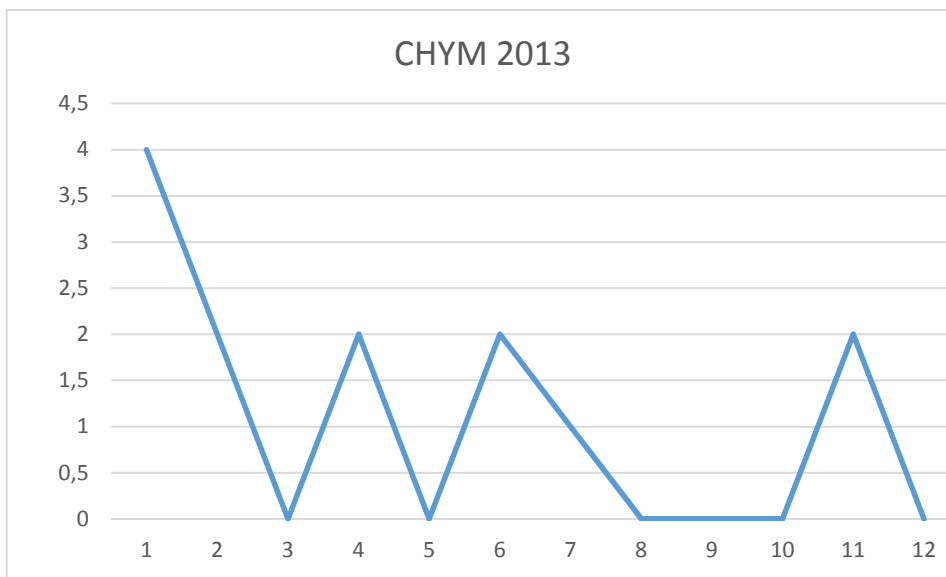
Graf 3 – Počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2013

Graf 4 znázorňuje počet chyb způsobených pacientem za rok 2013 a pohybuje se v rozmezí 2 (listopad) a 19 (leden).



Graf 4 – Počet chyb způsobených pacientem za rok 2013

Graf 5 znázorňuje počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2013 a pohybuje se v rozmezí 0 (březen, květen, srpen, září, říjen, prosinec) a 4 (leden) . Počet chyb způsobených přístrojovou technikou je zanedbatelný v tomto sledovaném období.



Graf 5 – Počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2014

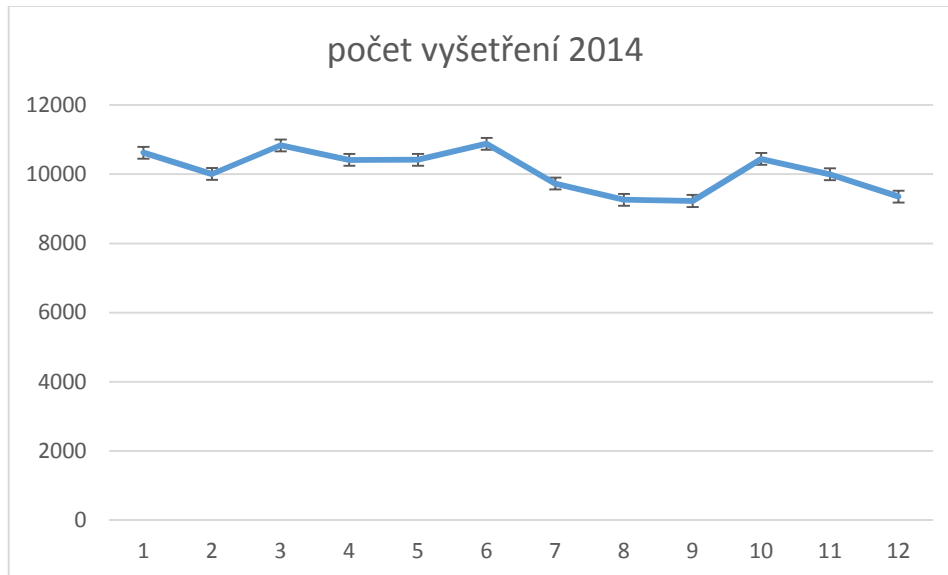
5.1.2 Vady skiagramů za rok 2014

V tabulce 2 jsou přehledně znázorněny počty vyšetření, počty opakovaných vyšetření, procentuální podíl opakovaných vyšetření, chyby radiologického asistenta, chyby způsobené pacientem, a chyby způsobené přístrojem za sledované období roku 2014. Žádná ze sledovaných hodnot v daném období nijak významně nekolísá.

Tab.2 – Přehled vadných skiagramů za rok 2014

Datum	Jan-14	Feb-14	Mar-14	Apr-14	May-14	Jun-14	Jul-14	Aug-14	Sep-14	Oct-14	Nov-14	Dec-14
Počet vyšetření	10619	10005	10833	10414	10416	10880	9728	9262	9226	10440	9996	9352
Počet opak. vyšetření	43	34	31	25	24	21	23	15	22	24	11	24
Počet opak. vyšetření v %	0.4	0.34	0.29	0.24	0.23	0.2	0.23	0.16	0.24	0.23	0.11	0.26
CHYL	25	27	22	17	15	11	17	8	16	15	6	15
CHYP	18	7	8	8	8	6	6	6	5	8	5	7
CHYM	0	0	1	0	1	4	0	1	1	1	1	2

Graf 6 ukazuje, že počet vyšetření v roce 2014 kolísá v rozmezí 9226 (září) a 10880 červen. Z grafu je opět patrný úbytek počtu vyšetření na konci roku a v období letních prázdnin. Což lze připisovat vyššímu počtu dovolených na straně pacientů.



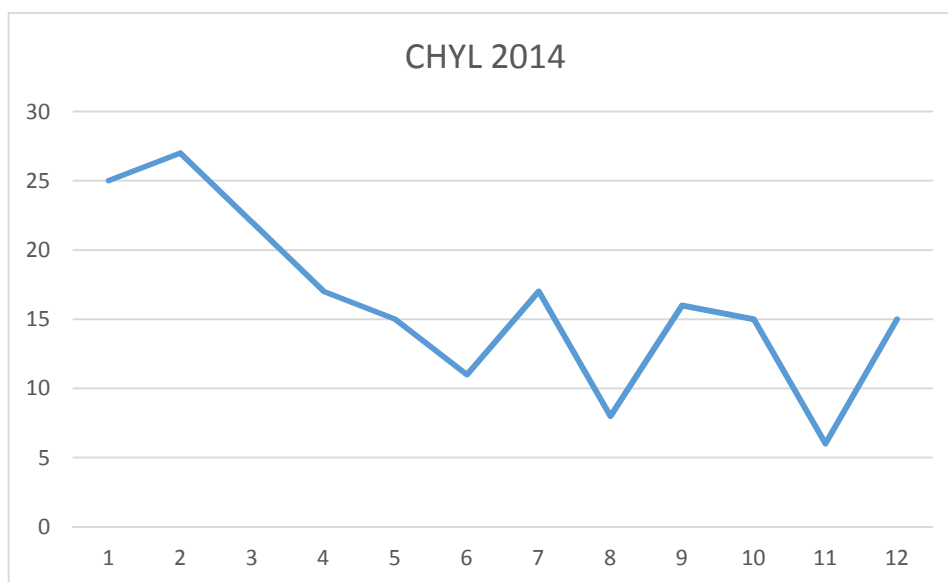
Graf 6 – Počet vyšetření za rok 2014

Počet opakovaných vyšetření znázorněných v grafu 7, se pohybuje od hodnoty 11 (listopad) po hodnotu 43 (leden). V procentech od 0,11 do 0,4. Je zajímavé sledovat druhý rok po sobě klesající tendenci počtu opakovaných vyšetření od začátku roku.



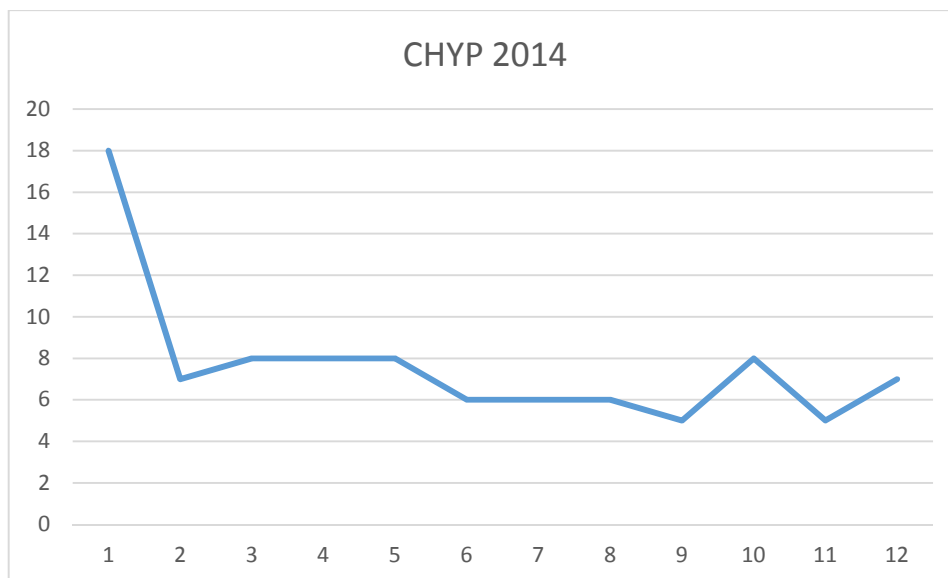
Graf 7 – Počet opakovaných vyšetření za rok 2014

Graf 8 znázorňuje počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2014 a pohybuje se v rozmezí 6 (listopad) a 27 (únor). Opět si lze všimnout tvaru křivek grafu 7 a grafu 8, kde se tvar téměř kopíruje, z čehož by se dalo usuzovat, že v daném období je počet chyb radiologického asistenta přímo úměrný počtu opakovaných vyšetření.



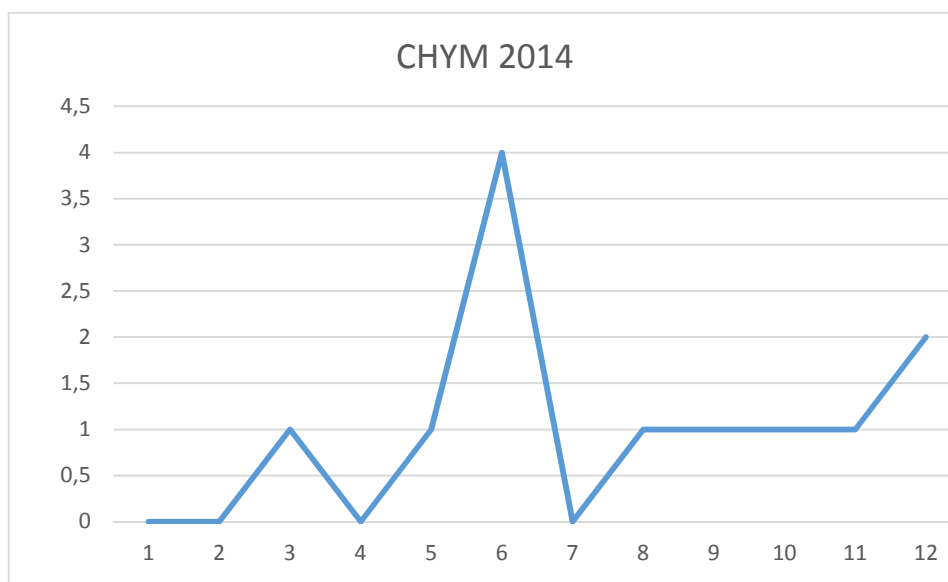
Graf 8 – Počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2014

Graf 9 znázorňuje počet chyb způsobených pacientem za rok 2014 a pohybuje se v rozmezí 5 (září, listopad) a 18 (leden).



Graf 9 – Počet chyb způsobených pacientem za rok 2014

Graf 10 znázorňuje počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2014 a pohybuje se v rozmezí 0 (leden, únor, duben, červenec) a 4 (červen) . Počet chyb způsobených přístrojovou technikou je zanedbatelný v tomto sledovaném období.



Graf 10 – Počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2014

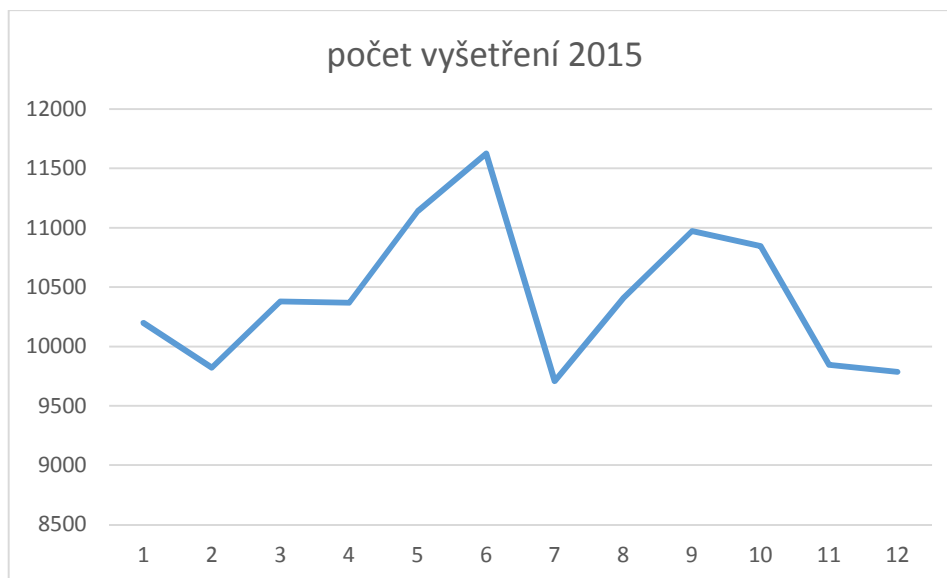
5.1.3 Vady skiagramů za rok 2015

V tabulce 3 jsou přehledně znázorněny počty vyšetření, počty opakovaných vyšetření, procentuální podíl opakovaných vyšetření, chyby radiologického asistenta, chyby způsobené pacientem, a chyby způsobené přístrojem za sledované období roku 2015. Z hodnot je zřejmý výrazný pokles počtu vyšetření mezi červnem a červencem, zároveň se razantně zvyšuje počet opakovaných vyšetření. Tento výkyv byl způsoben hned několika faktory, špatně nastavenou elektronickou žádankou, nákupem a instalací 4 nových plně digitálních přístrojů v pavilonu C a v pavilonu CH, z toho jednoho pojízdného a potřebným zapracováním techniků na těchto nových přístrojích. Zároveň u dvou přístrojů byli povoláni aplikační technici, kteří museli přenastavit obrazovou část řetězce, jelikož díky původnímu nastavení bylo generováno více vadných skiagramů, zároveň v tuto dobu nastupovali noví absolventi, kteří potřebovali čas na zapracování.

Tab.3 – Přehled vadných skiagramů za rok 2015

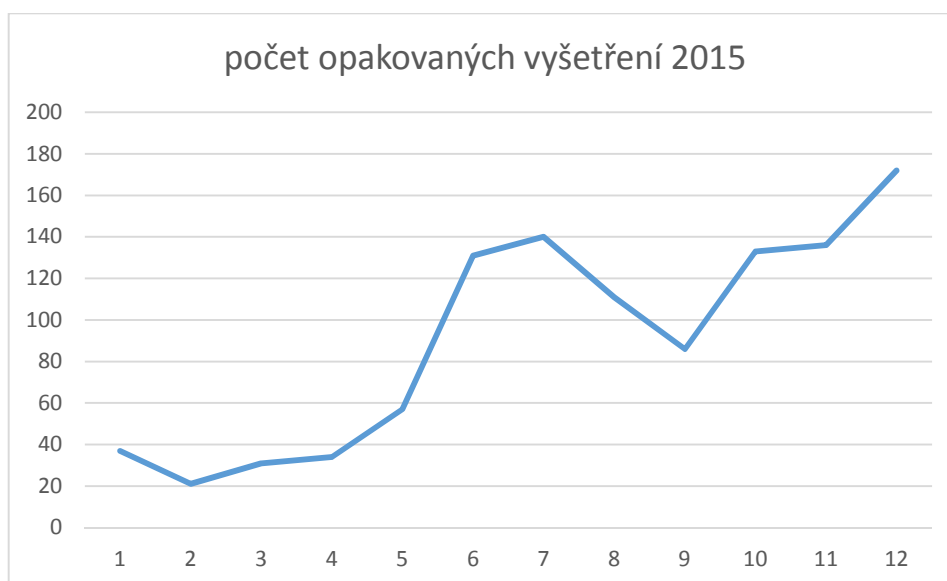
Datum	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15
Počet vyšetření	10199	9822	10380	10368	11141	11625	9708	10408	10972	10846	9845	9786
Počet opak. vyšetření	37	21	31	34	57	131	140	111	86	133	136	172
Počet opak. vyšetření v %	0.36	0.21	0.3	0.33	0.51	1.12	1.44	1.1	0.78	1.23	1.38	1.76
CHYL	23	14	20	16	28	82	106	89	66	95	106	110
CHYP	7	5	10	15	17	40	28	22	20	36	26	59
CHYM	3	2	1	3	2	9	6	0	0	2	4	3

Graf 11 ukazuje, že počet vyšetření v roce 2015 kolísá v rozmezí 9708 (červenec) a 11625 červen. Z grafu je opět patrný úbytek počtu vyšetření na konci roku a v období letních prázdnin. Což lze připisovat vyššímu počtu dovolených na straně pacientů.



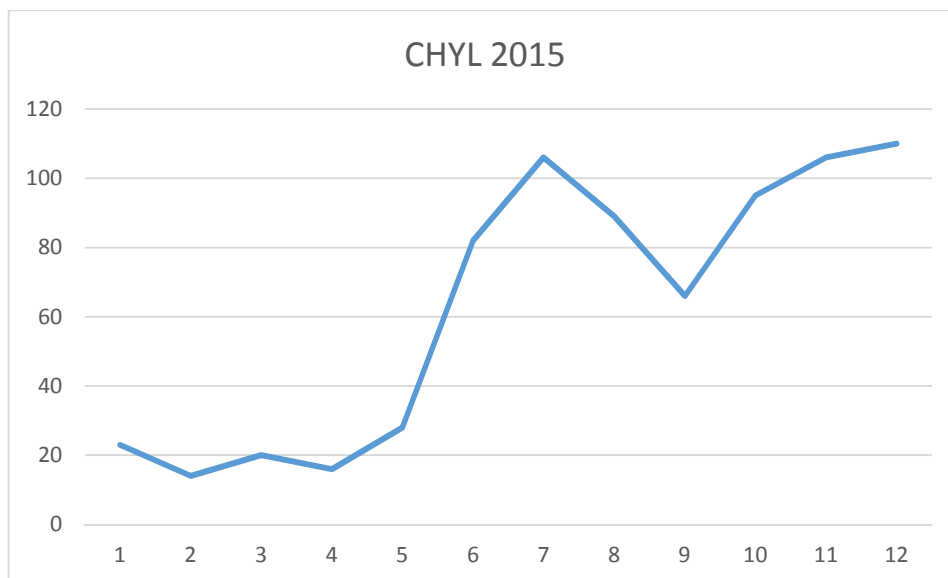
Graf 11 – Počet vyšetření za rok 2015

Počet opakovaných vyšetření znázorněných v grafu 12, se pohybuje od hodnoty 21 (únor) po hodnotu 172 (prosinec). V procentech od 0,21 do 1,76. Tento nárůst je popsán u tabulky 3.



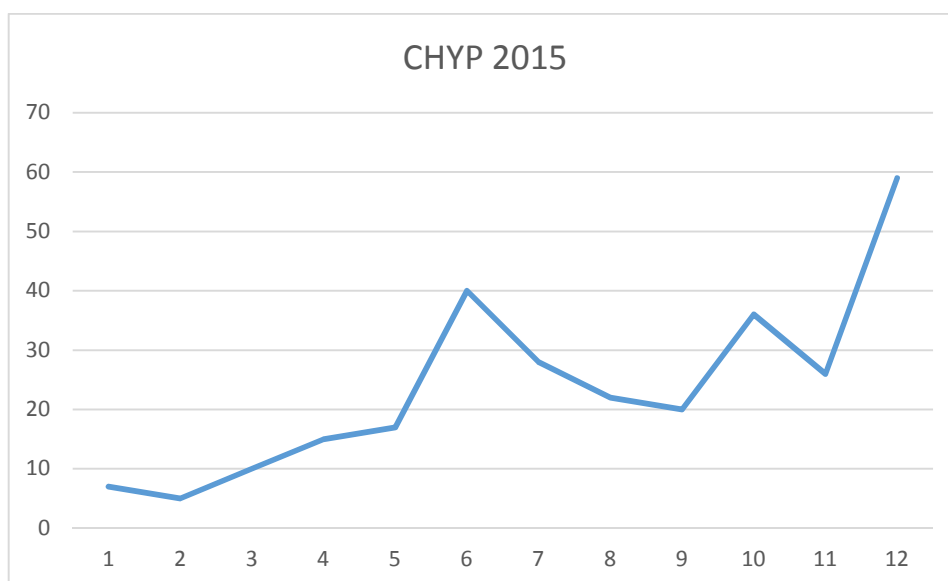
Graf 12 – Počet opakovaných vyšetření za rok 2015

Graf 13 znázorňuje počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2015 a pohybuje se v rozmezí 14 (únor) a 110 (prosinec). Opět si lze všimnout tvaru křivek grafu 12 a grafu 13, kde se tvar téměř kopíruje, z čehož by se dalo usuzovat, že v daném období je počet chyb radiologického asistenta přímo úměrný počtu opakovaných vyšetření. Rostoucí tendence a skok v měsíci červnu je popsán u tabulky 13.



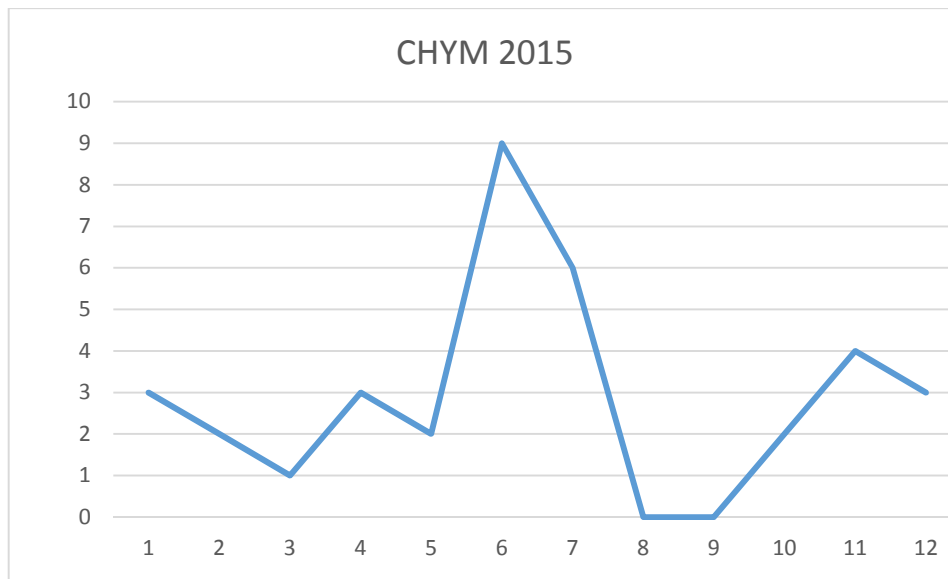
Graf 13 – Počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2015

Graf 14 znázorňuje počet chyb způsobených pacientem za rok 2015 a pohybuje se v rozmezí 5 (únor) a 59 (prosinec).



Graf 14 – Počet chyb způsobených pacientem za rok 2015

Graf 10 znázorňuje počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2015 a pohybuje se v rozmezí 0 (srpen, září) a 9 (červen) . Počet chyb způsobených přístrojovou technikou je zanedbatelný v tomto sledovaném období.



Graf 15 – Počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2015

6 Diskuze

Ve své práci jsem zdokumentovala a objasnila příčiny vzniku chyb na skiagramech. Vycházela jsem ze statistických údajů chybných skiagramů na RDO Nemocnice České Budějovice a.s., v letech 2013 – 2015. Celkový počet chyb má takřka shodnou křivku (kromě roku 2015) výskytu za sledované období. Je to zřejmě dáno opakovaným střídáním ročních období, v létě je znatelný pokles v době dovolených a prázdnin (zranění a akutní onemocnění jsou diagnostikovány mimo spádovou oblast nemocnice?), vzestup je znatelný na podzim a v zimě (pády, zimní sporty, autonehody). V prosinci počet opět klesá.

Skiagramy jsou pořizovány na odborných pracovištích nemocnice, které jsou umístěny ve několika budovách.

Skiagramy jsou pořizovány na statických i pojízdných přístrojích.

Počet přístrojů a jejich rozmístění:

Dolní areál:

Ortopedické oddělení - 1x statický přístroj, 1x pojízdný přístroj

Horní areál:

Budova CH - 2x statický přístroj, 3x pojízdný přístroj

Budova C - 3x statický přístroj, 2x pojízdný přístroj

Budova I – 1x statický přístroj

DEO JIP - 1x pojízdný přístroj

NEO JIP - 1x pojízdný přístroj

Celkem: Statické přístroje - 7x (z toho 2 univerzální skiagraficko-skiaskopické stěny)

Pojízdné přístroje - 8x (z toho jeden s flat panelem , přímá digitalizace – DR)

Při shromažďování dat jsem zjistila, že od června 2015 došlo ke zjevnému nárůstu chybových skiagramů. Po konzultaci s vedoucím radiolog. asistentem Mgr. Hejnou jsme došli ke zjištění, že chybou IT oddělení nemocnice byla špatně nastavená tabulka elektronické žádanky a nedostatečně proškolený personál. Pracovníci radiolog. oddělení byli poučeni a instruováni, jak správně vykazovat chybné skiagramy.

Ve své práci jsem zdokumentovala a popsala vyskytující se chyby skiagramů na klasických filmech, na skiagramech pořízených na CR kazetách a na systémech DR. Obrazovou dokumentaci vad u filmových skiagramů jsem již nemohla prezentovat pro nedostupnost klasických filmů. Jejich používání bylo v nemocnici v Českých Budějovicích ukončeno v roce 2004. Dokumentace skiagramů pomocí techniky CR je naproti tomu velmi bohatá, protože CR kazety se používají dosud, hlavně pro pořizování snímků u lůžka. Dokumentace u DR systému je naopak chudší, a to ze dvou důvodů. Prvním je krátká doba používání, přibližně 2 až 3 roky, druhým důvodem dle mého názoru je velmi sofistikovaný, plně digitální systém zobrazení, který podstatně eliminuje výskyt vadných skiagramů.

Odpověď na výzkumnou otázku není tak jednoduchá, jak se na první pohled mohlo zdát. Ze statistiky nelze s určitostí vyvodit, závislost počtu vyšetření na počtu opakovaných vyšetření, tedy vyšetření u kterých došlo k chybě. To je dáno několika faktory, za prvé velmi malým počtem opakovaných vyšetření vzhledem k celkovému počtu vyšetření, za druhé vlivem nových přístrojů a problémem elektronickou žádankou a tím pádem nutnosti školení personálu umocněném nástupem nových radiologických asistentů se skokově navýšila chybovost. Co ze statistiky vyplývá s určitostí je závislost opakovaných vyšetření na chybě personálu, kde platí přímá úměra. Toto je velice důležité zjištění, neboť ostatní faktory se napravují jen těžko. Proto bych formulovala odpověď na výzkumnou otázku takto: Z dostupných dat se nepodařilo prokázat zvyšující se počet vadných skiagramů při zvyšujícím se počtu celkových vyšetření. Podařilo se však prokázat konstantní podíl chyb radiologických asistentů na počtu opakovaných vyšetření.

7 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zjištění výskytu chybných skiagramů v nemocnici České Budějovice. Výzkumná otázka měla za cíl zodpovědět, zda se zvyšuje výskyt vadných skiagramů v souvislosti se zvyšujícím se počtem vyšetření. Dle dat a grafů lze vyvodit tyto závěry. Křivky počtů celkových vyšetření jsou přibližně stejné v letech 2013 a 2014 vykazují nápadnou podobnost. Počet vyšetření v roce 2015 vykazuje velké výchyly způsobené z důvodů změny v zápisu a archivaci chyb, je tu možnost zvýšeného výskytu chyb po instalaci nových plně digitálních přístrojů v pavilonu C a v pavilonu CH v počtu 4 kusů z toho jeden pojízdný, kdy dochází k postupnému zapracování personálu. U dvou přístrojů musely být povoláni aplikační technici, kteří museli přenastavit obrazovou část řetězce, jelikož bylo generováno více vadných skiagramů, zároveň v tuto dobu nastupovali noví absolventi, kteří potřebovali čas na zapracování, obecně při nástupu nových pracovníků je zvýšený výskyt chyb.

Dosažené výsledky lze využít v praxi, díky popisu vzniku vad skiagramů lze těmto vadám lépe předcházet a díky zjištění, že na počet vadných skiagramů mají větší vliv faktory popsané výše než celkový počet vyšetření se lze na takové faktory připravit a částečně je eliminovat.

8 Seznam použitých zdrojů

1. Blažek, Oskar a kol. Klinická diagnostika. Avicenum 1980. 432 s. ISBN 08-063-08
2. Chudáček, Z. Radiodiagnostika 1. část. IPVZPZ. Brno 1995. ISBN 80-7013-114-4
3. Seidl, Zdeněk a spol. Radiologie pro studium i praxi Praha, Grada Publishing 2012. 368s. ISBN 978-80-247-4108-6
4. Dietze, Rolf a spol. Physik und Praxis der Roetgenaufnahme-technik. VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 1969. 842 s.
5. Svoboda, Milan. Základy techniky vyšetřování rentgenem. Druhé vydání. Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n.p. 1976. 604 s. ISBN 08-013-76
6. Praktická Radiologie, ročník 2013, 36 s. ISSN 1211-5053
7. Praktická Radiologie, ročník 2014, 36 s. ISSN 1211-5053
8. Praktická Radiologie, ročník 2015, 36 s. ISSN 1211-5053
9. Praktická Radiologie, ročník 2016, 36 s. ISSN 1211-5053
10. Praktická Radiologie, ročník 2017, 36 s. ISSN 1211-5053
11. Vomáčka, Jaroslav a kol. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Univerzita Palackého v Olomouci 2015. 160 s. ISBN 978-80-244-3126-0
12. FERDA, J., et al., 2015. Základy zobrazovacích metod. Praha: Galén. 148 s. ISBN 978-80-7492-164-3.
13. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, Částka 11, 2003. Indikační kritéria pro zobrazovací metody, [online]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacniochrana/formulare/zobr_metody.pdf.

14. American Journal of Roentgenology, Diagnostic Imaging and Related Sciences [online]. Dostupné z: <http://www.ajronline.org/>
15. Cardiac Imaging: Part 1, MR Pulse Sequences, Imaging Planes, and Basic Anatomy [online]. Dostupné z: <http://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.10.7231?src=recsys>
16. Mettler FA. Introduction. In: Mettler FA, ed. Essentials of Radiology. 3rd ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2014
17. Watson N. General notes. In: Watson N, ed. Chapman & Nakielny's Guide to Radiological Procedures. 6th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2012
18. Zenman EM, Schreiber EC, Tepper JE. *Basics of radiation therapy. In: Niederhuber JE, Armitage JO, Doroshow JH, Kastan MB, Tepper JE, eds. Abeloff's Clinical Oncology. 5th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Churchill Livingstone; 2014*
19. 1. C. CHIU, L. LIPCAMON, J. D. YIU – CHIU, V. S. Clinical computed tomography for the technologist. New York: Raven Press, Ltd. 1995. 208 s. ISBN: 0 – 7817 – 0235 – 6
20. NEKULA, J. CHMELOVÁ, J. Vybrané kapitoly z konvenční radiologie. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě 2005. 98 s. ISBN: 80 – 7368 – 057 – 2
21. ŠMORANC, P. Rentgenová technika v lékařství. 1. dotisk Pardubice: Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola 2005. 264 s. ISBN: 80 – 85438 – 19 – 4
22. Krupa, P., Křístek, J.: PACS – nevyhnutelná budoucnost. Česká radiologie 5/2002, Roč. 56., 314 s. ISSN 1210-7883

23. MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008, 302 s. Psyché (Grada). ISBN 978-802-4715-216
24. ORT, Jaroslav. STRNAD, Sláva. Radiodiagnostika. Vyd. 1. Ilustrace Jana Faronová. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1997, 124 s. ISBN 80-701-3240-X.
25. Wicke, L., Firbas, W., Schmiedl, R. Atlas of Radiologic Anatomy. Urban & Schwarzenberg, Baltimore - Munich 1982, ISBN-10: 0806721138, ISBN-13: 9780806721132
26. Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. Zásady postupu lékaře při indikaci k zobrazovacím výkonům, RENTGEN bulletin. Vydal: SURO září 2001
27. Tatenó Y., Iinuma T., Takano M. (ed s.): Computed radiography. Springer-Verlag Tokyo 1987. 185 s. ISBN 4-431-70021-8, 3-540-70021-8, 0-387-70021-8 16.
28. Tůma S., Rejda Z.: Úvahy nad koncepcí bezfilmového přenosu obrazových informací, Česká radiologie, ročník 52, č.1, s. 19-22, 1998, ISSN 1210 – 7883
29. Zuna, I., Poušek, L.: Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice. ČVUT, Praha 2000. 76 s., ISBN 80-01-02152-1
30. Žára, J. et al.: Moderní počítačová grafika. Computer Press, Praha 2005. 628 s., ISBN 80-251-0454-0

31. Neuwirth, J. et al.: Počítače v radiologii. IDV SZP, Brno 1989. 170 s., ISBN 80-7013-016-4

32. LEVY, Angela D. Postmortem Radiology and Imaging: Techniques in Postmortem Radiology and Imaging, Role of Postmortem Radiology and Imaging in Specific Causes of Death. Medscape [online]. 2004-2015. 2012 [cit. 2015-07-20].

Dostupné z: <http://emedicine.medscape.com/article/1785023-overview#a3>

33. SEDLÁŘ, M., E. STAFFA a V. MORNSTEIN. Zobrazovací metody využívající neionizující záření [online]. 1. elektronické vydání. Masarykova univerzita, 2014, 211

34. Společnost radiologických asistentů České republiky, o.s. Legislativa [online]. [cit. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://www.srla.cz>

35. EISENBERG, Ronald L., Dennis A.C. a May Ch.R. Radiographic positioning. Boston, MA : Little, Brown and Company, 1995. ISBN 0-316-22499-5.

9 Seznam zkratek

A-D	analogo digitální
AgBr	bromid stříbrný
CCD	zařízení s vázanými náboji
CR	výpočetní (nepřímá) radiografie
CsJ	cesiumjodid
DR	digitální (přímá) radiografie
DEO	dětské oddělení
ERCP	endoskopická retrográdní cholangiopankreatografie
Flat panel	plošný detektor
IT	informační technologie
JIP	jednotka intenzivní péče
kV	kilovolty
NEO	neonatologické oddělení
P,L	pravá, levá
RDO	radiologické oddělení
USB	univerzální sériová sběrnice
WO	fotoelektrický senzor

9 Seznam obrázků tabulek a grafů

Obr. 1- W.C.Roentgen a první publikovaný snímek - ruka manželky objevitele.....	9
Obr. 2 - Schematické znázornění složení rtg. filmu, 1-ochranná vrstva, 2-emulzní vrstva, 3-pojivová vrstva, 4-polyesterová podložka.....	12
Obr. 3 - Charakteristická křivka.....	13
Obr. 4 – CR kazety.....	14
Obr. 5 – Digitizér.....	16
Obr. 6 – Schéma vyvolávacího automatu.....	24
Obr. 7 – Vyvolávací automat.....	27
Obr. 8 – Dvojexpozice.....	29
Obr. 9 – Expozice přes zadní stranu kazety.....	30
Obr. 10 – Chyba při volbě expoziční automatiky.....	31
Obr. 11 – Špatná úprava snímku.....	32
Obr. 12 – Nesprávné použití sekundárních clon.....	33
Obr. 13 – Znečištění kazety.....	34
Obr. 14 – Černé tečky.....	36
Obr. 15 – Svislá čára na snímku.....	37
Obr. 16 – Zčernání snímku při použití stranových značek	37
Obr. 17 – Tenké linky uprostřed snímku způsobené konstrukcí lůžka.....	38
Obr. 18 – Artefakty způsobené během vysouvání desky.....	38
Obr. 19 – Zrnitost snímku, chyba rentgenky.....	39
Obr. 20 – Artefakt vzniklý při špatném vložení desky.....	39
Obr. 21 – Tenké linky vzniklé elektronickým šumem.....	40
Obr. 22 – Černé skvrny na snímku hrudníku způsobené špatnou kalibrací	

skeneru.....	40
Obr. 23 – Nastavované vlasy.....	41
Obr. 24 – Princip „stitchování“.....	44
Obr. 25 – Artefakt při stitchování snímku skoliózy	45
Obr. 26 – Ghosting.....	46
Obr. 27 – Zbytkový obraz olověné značky.....	47
Obr. 28 – Projekce detektoru do snímku břicha.....	49
Obr. 29 – Snímek břicha s artefakem.....	50
Obr. 30 – Artefakt – světlé pruhy na horní straně snímku	51
Tab.1 – Přehled vadných skiagramů za rok 2013.....	53
Graf 1 – Počet vyšetření za rok 2013.....	54
Graf 2 – Počet opakovaných vyšetření za rok 2013.....	54
Graf 3 – Počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2013	55
Graf 4 – Počet chyb způsobených pacientem za rok 2013	55
Graf 5 – Počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2014.....	56
Tab.2 – Přehled vadných skiagramů za rok 2014.....	56
Graf 6 – Počet vyšetření za rok 2014.....	57
Graf 7 – Počet opakovaných vyšetření za rok 2014	57
Graf 8 – Počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2014.....	58
Graf 9 – Počet chyb způsobených pacientem za rok 2014	59
Graf 10 – Počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2014.....	59
Tab.3 – Přehled vadných skiagramů za rok 2015.....	60
Graf 11 – Počet vyšetření za rok 2015.....	61
Graf 12 – Počet opakovaných vyšetření za rok 2015.....	61

Graf 13 – Počet chyb způsobených radiologickým asistentem za rok 2015.....	62
Graf 14 – Počet chyb způsobených pacientem za rok 2015.....	62
Graf 15 – Počet chyb způsobených přístrojovou technikou za rok 2015.....	63