

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B5345

Roman Chadim

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R10

HISTORIE A SOUČASNOST ARCHIVACE RTG OBRAZU

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Andrea Svobodová

PLZEŇ 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny jsem uvedl v seznamu zdrojů.

V Plzni dne 27. 3. 2013

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval Mgr. Andree Svobodové za vedení práce, poskytování cenných rad a materiálních podkladů.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a svým dcerám Kateřině a Karolině, které mě v průběhu studia doučily vše, co jsem během let zapomněl.

Anotace:

Příjmení a jméno: Chadim Roman

Katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

Název práce: Historie a současnost archivace RTG obrazu

Vedoucí práce: Mgr. Andrea Svobodová

Počet stran: číslované 43, nečíslované 28

Počet příloh: 1

Počet titulů použité literatury: 32

Klíčová slova: filmová radiografie, rentgenový film, přímá a nepřímá digitalizace, paměťové folie, archivace rtg obrazu

Souhrn:

Ve své práci shrnuji vývoj tvorby, získávání, ukládání a archivaci rentgenového obrazu od počátku objevu rentgenových paprsků po současnost.

Popisuji vznik a vlastnosti rentgenového záření. Dále se zabývám film-fóliovou radiografií, kterou prezentuje více než stoletá minulost zastoupená kazetami, zesilovacími fóliemi a samozřejmě temnou komorou, kde se celý vyvolávací proces odehrával.

V druhé části mé práce jsem se zaměřil na přímou a nepřímou digitalizaci, která postupným nástupem a rozvojem počítačové techniky vytlačuje klasický filmový proces. Zpracováním, archivací a sdílením digitálních dat se zabývám v kapitolách o systémech PACS, DICOM, NIS a HL7.

Abstract:

Surname and name: Chadim Roman

Department: Department of paramedical rescue work and technical studies

Title of thesis: History and the present of X-ray images archiving

Consultant: Mgr. Andrea Svobodová

Number of pages: numbered 43, not numbered 28

Number of appendices: 1

Number of literature items used: 32

Key words: film radiography, x-ray film, direct and indirect digitalization, storage film, x-ray image archiving

Summary:

In my work, I summarize the development of the creation, acquisition, storage and archiving of X-ray image from the beginning of the discovery of X-rays to the present.

Describe the formation and properties of X-rays. Furthermore, the remaining film-foil radiography, which presents more than a century past, represented by cassettes, films and of course amplification darkroom, where the whole developing process took place.

In the second part of my work I have focused on direct and indirect digitization, which gradual onset and development of computer technology displaces traditional film process. Processing, archiving and sharing of digital data in the chapters dealing with the systems PACS, DICOM, HL7 and NIS.

OBSAH

ÚVOD	10
1. RTG ZÁŘENÍ - HISTORIE OBJEVU, JEHO VZNIK A VLASTNOSTI	11
1.1 Wilhelm Conrad Röntgen.....	11
1.2. Objev rentgenových paprsků.....	12
1.3. RTG záření	13
1.3.1. Vlastnosti RTG záření	14
1.3.2 . Absorpce.....	14
1.3.3. Klasický rozptyl.....	14
1.3.4. Comptonův rozptyl	14
1.3.5. Luminiscenční efekt	15
1.3.6. Fotochemický efekt	15
1.3.7. Ionizace.....	15
1.3.8. Biologický efekt	15
1.4. Vznik RTG záření	17
1.4.1. Rentgenka	17
1.4.2. Katoda.....	18
1.4.3. Anoda.....	18
1.5. Rtg záření	18
1.5.1. Brzdné záření.....	18
1.5.2. Charakteristické záření	19
1.6. Rentgenový obraz.....	19
2. FILMOVÁ RADIOGRAFIE (SFR)	20
2.1. Rentgenové filmy	20
2.1.1. Fóliové filmy	20
2.1.2. Bezfóliové filmy	21
2.1.3. Filmy pro radiofotografii	22
2.1.4. Filmy pro spot kamery.....	23
2.1.5. Filmy pro multiformátové kamery	23
2.1.6. Filmy pro rentgenkinematografii.....	23
2.2. Zesilovací fólie.....	24
2.2.1. Zesilovací efekt.....	24
2.2.2. Štítové zesilovací folie.....	24
2.2.3. Skiagrafické zesilovací folie.....	25
2.2.4. Klasické zesilovací fólie	26
2.2.5. Elastické (ohebné) zesilovací fólie	27
2.2.6. Fólie pro simultánní tomografii	27
2.2.7. Vyrovnávací zesilovací fólie	27
2.3. Rentgenové kazety	28
2.3.1. Klasické kovové rentgenové kazety	28
2.3.2. Plastové rentgenové kazety	28
2.3.3. Speciální kazety	29
2.4. Zpracování rentgenového filmového materiálu	30
2.4.1. Temná komora	30
2.4.2. Suché pracoviště	30
2.4.3. Mokrý pracoviště	31
2.4.4. Světla komora	32

2.5. Vyvolávací proces	33
2.5.1. Latentní obraz	33
2.5.2. Vývojka	33
2.5.3. Mezilázeň.....	34
2.5.4. Ustalovač	34
2.5.5. Vyvolávání ručně.....	35
2.5.6. Vyvolávací automat	35
3. DIGITALIZACE.....	37
3.1. Sekundární digitalizace	37
3.2. CR - Computed Radiography (Nepřímá digitalizace).....	37
3.3. DR - Direct Radiography (Přímá digitalizace)	39
3.3.1. Přímá konverze (a-Se)	39
3.3.2. Detektor s nepřímou konverzí (a-Si)	40
3.3.3. CCD(Charge Coupled Device) detektor.....	40
3.3.4. CMOS(Complementary Metal Oxid Semiconductor) detektor.....	41
4. ARCHIVACE RENTGENOVÉHO OBRAZU	42
4.1. Archivace snímků.....	42
4.2. NIS (Nemocniční informační systém).....	42
4.3. PACS (Picture Archiving and Communications System).....	44
4.4. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)	46
4.5. HL7 (Health Level Seven)	47
5. VÝHODY A NEVÝHODY ANALOGOVÉ A DIGITÁLNÍ SKIAGRAFIE	48
5.1. Analogové zpracování rentgenového obrazu	48
5.2. Digitální zpracování rentgenového obrazu	49
6. DISKUSE.....	50
ZÁVĚR	52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	56
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	58
SEZNAM ZDROJŮ OBRAZOVÉ PŘÍLOHY	70

ÚVOD

Od počátku objevu rentgenového záření se rozvíjí snaha o zvyšování kvality získaných obrazů spolu s technickým rozvojem rentgenové diagnostiky. Řada vědců z nejrůznějších oborů a rentgenologů se snažila analyzovat faktory mající vliv na vytvoření a ovlivnění kvality rentgenového obrazu. Nedílnou součástí této problematiky byla také archivace těchto obrazů.

Celé minulé století až do dnešní doby byl hlavní komoditou film. Celý proces vzniku byl poměrně složitý a plně spadal do zodpovědnosti radiologického asistenta. Rentgenový obraz byl uložen pouze na filmu a v podstatě se řešily spíše problémy typu, jak zlepšit citlivost filmu, jak vylepšit rentgenové kazety nebo jak získat ze zesilovacích fólií ještě lepší a intenzivnější světlo.

Zatímco o vyšetřovacích metodách bylo napsáno mnoho, postupy vzniku rentgenového obrazu se takové pozornosti netěší. Dnes již málo kdo ví, jak to „chodilo“ v temné komoře, kde a jak se uchovávaly chemikálie určené ke zpracování, jak obrovské byly prostory určené k archivaci snímků a jak bylo někdy nemožné tam něco najít.

Obrovský rozvoj počítačové techniky počátkem tohoto století odstartoval revoluci v radiologii. Všechno je jinak a minulých sto let je pomalu zapomenuto. Vznikají nové obory a přístroje. S rozvojem této nové techniky jde ruku v ruce obrovské množství dat. Tato data je třeba zpracovat, prezentovat a hlavně někde bezpečně uložit. Radiologický asistent zmáčkne expoziční tlačítko a pak už jen upraví a odešle snímek do archivačního systému. Je to asi škoda, řekl bych, že dříve musel člověk více přemýšlet a také jeho podíl na vzniku snímku byl nezastupitelný. Ale jak se říká „pokrok nezastavíš“.

V této práci shrnuji vývoj ukládání rentgenového obrazu od počátku objevu rentgenových paprsků až do současnosti, kdy digitální systémy postupně nahrazují, a v nejbližší době plně nahradí klasický filmový materiál.

1. RTG ZÁŘENÍ - HISTORIE OBJEVU, JEHO VZNIK A VLASTNOSTI

1.1 Wilhelm Conrad Röntgen

Německý fyzik se narodil 27. března 1845 v malém městě Lennep nedaleko Düsseldorfu, jako jediné dítě obchodníka. Tři roky po jeho narození se rodina přestěhovala do holandského Apeldornu, kde žili příbuzní jeho matky. Zde získal holandské občanství a chodil do školy. V šestnácti letech odešel studovat Technickou školu do Utrechtu. Vedl si dobře, ale studia nedokončil. Byl vyloučen na základě falešného obvinění, že nakreslil na tabuli křídou karikaturu jednoho z pedagogů.

Poté se studiu věnoval soukromě. Při závěrečné zkoušce bohužel onemocněl jeden ze členů zkušební komise a nahradil ho profesor z jeho bývalé školy. Wilhelm Conrad zkoušku neudělal. Nevzdal se, a jako mimořádný student se nechal zapsat na univerzitu, kde navštěvoval přednášky z botaniky, chemie a matematiky.

Od svého bývalého spolužáka se dozvěděl o Polytechnice v Curychu, kde zájemci o studium nemuseli mít maturitu, ale k přijetí stačila pouze vstupní zkouška. Přihlásil se a roku 1865 na podzim byl přijat. Zde získal po šesti semestrech studia diplom strojíního inženýra a na curyšské univerzitě rok nato ještě doktorát filozofie. Přesto, že se později věnoval experimentální fyzice, inženýrská kvalifikace mu posloužila při jeho experimentech a znalosti technika a konstruktéra mu pomohli při realizaci jeho pokusů, které sám vymyslel.

V roce 1869 se stal asistentem profesora fyziky Augusta Kundta. Po spolupráci v Curychu a Würzburgu společně odcházejí na nově zřízenou univerzitu ve Štrasburgu. Habilituje a začíná působit jako soukromý docent univerzitního ústavu. Rok nato přijímá místo profesora matematiky a fyziky na Vysoké škole zemědělské v Hehenheimu. Zde ale neměl možnost pracovat na svých experimentech, a tak se vrací, jako mimořádný profesor matematické fyziky, zpět k profesorovi Kundtovi do Štrasburku. V roce 1879 se stává řádným profesorem a ředitelem Fyzikálního ústavu univerzity v Giessenu. Od roku 1888 působí na würzburšské univerzitě, kde řídí její fyzikální ústav. Jako rektor vede dokonce celou školu jedno funkční období. Na konci devatenáctého století odchází do Mnichova, kde 10. února 1923 umírá. (15,16)

Pohřben je v Giessenu.



Obrázek č.1 Wilhelm Conrad Röntgen

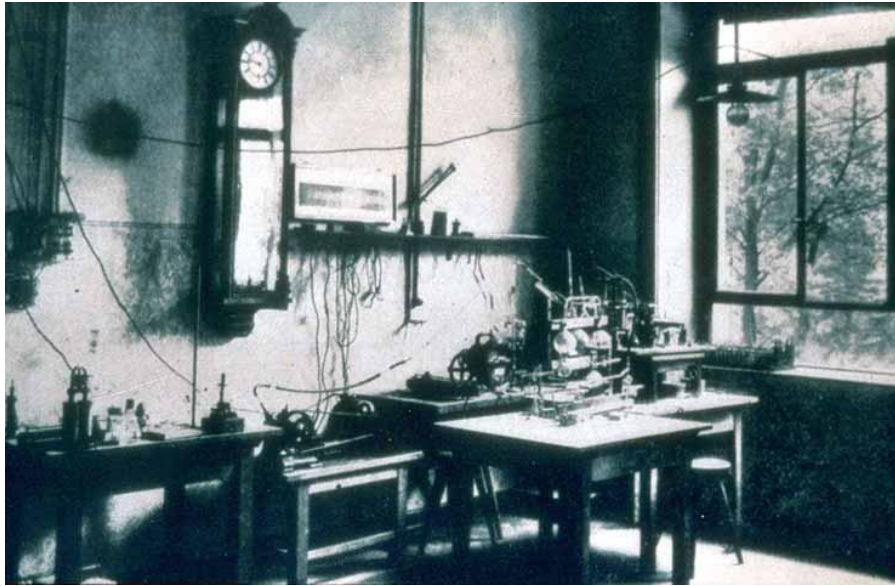
1.2. Objev rentgenových paprsků

V květnu 1894 se začal W.C. Röntgen zajímat o pokusy Philippa Lenarda s katodovými paprsky. V té době se o ně zajímala většina světových fyzikálních laboratoří, ale protože Röntgen byl velice důsledný experimentátor, který při začátku každé nové práce zopakoval pokusy svých předchůdců k získání zkušeností a návaznosti na ně, objevil jejich nové, dosud neznámé vlastnosti.

K zásadnímu objevu došlo 8. listopadu 1895. Toho večera Röntgen obalil katodovou trubici černým papírem, aby světelné jevy, způsobené katodovými paprsky vystupující z trubice tenkým hliníkovým okénkem, nerušilo světlo výboje. Přestože černý neprůsvitný obal nepropouštěl žádné viditelné ani ultrafialové záření, tak se ve tmě laboratoře bledězeleně rozzářily krystalky platnatokyanidu barnatého, které leželi na experimentátorově stole. Nebylo pochyb, že na skle výbojky, v místě kam dopadalo katodové záření, vznikají neznámé paprsky. Tyto paprsky nazval Röntgen „paprsky X“. V anglosaské literatuře se stále používá označení „X-Rays“, u nás používáme výraz „rentgenové záření“.

První rentgenový snímek zhotovil profesor Röntgen již měsíc po svém objevu, 22. prosince 1895. Byl to stínový obraz ruky své ženy Bertý a dále pak části hlavně lovecké pušky.

Svůj objev Röntgen uveřejnil v předběžném sdělení O novém druhu paprsků až 28. prosince 1895. Po uveřejnění v mnoha novinách a časopisech se 23. ledna 1896 konala jediná veřejná přednáška o objevu paprsků X ve fyzikálním ústavu pro wüzburskou Fyzikálně lékařskou společnost. Na této přednášce demonstroval Röntgen svůj objev vyfotografováním ruky profesora Alfreda von Köllikera novými paprsky. Ten navrhl, aby se paprsky nazývaly Röntgenovy.(15,16)



Obr.č.2 Laboratoř Wilhelma Conrada Röntgena

Studiem paprsků X se zjistilo, že vykazují pro různé látky různou prostupnost a dále pak způsobují zčernání fotografické emulze. Těto důležité vlastnosti bylo následně využito v medicíně, a dalo tak vznik novému oboru, radiologii. Rentgenové paprsky se začaly požívat v diagnostice pro zobrazování kostí nebo například k vyhledávání cizích předmětů v lidském těle. Postupem doby byla fotografická metoda rozvíjena, a tak je v současné době možné zobrazovat vnitřní orgány a cévy pomocí kontrastních látek, které jsou do nich vpravovány. Podle druhu kontrastní látky kterou použijeme, jsou snímkována místa buď světlá, nebo tmavá.

1.3. RTG záření

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění, jehož vlnová délka se pohybuje mezi 0,01-0,05 nm. Rentgenové záření prochází hmotou i vakuem, jeho intenzita slábne se čtvercem vzdálenosti od zdroje záření a šíří se přímočaře. Rentgenové záření má luminiscenční, fotochemický a biologický efekt a vyvolává ionizaci.(1)

1.3.1. Vlastnosti RTG záření

Při průniku hmotou se rentgenové záření zeslabuje a na tom se podílí absorpce, rozptyl a tvorba párů elektronů.

1.3.2. Absorpce

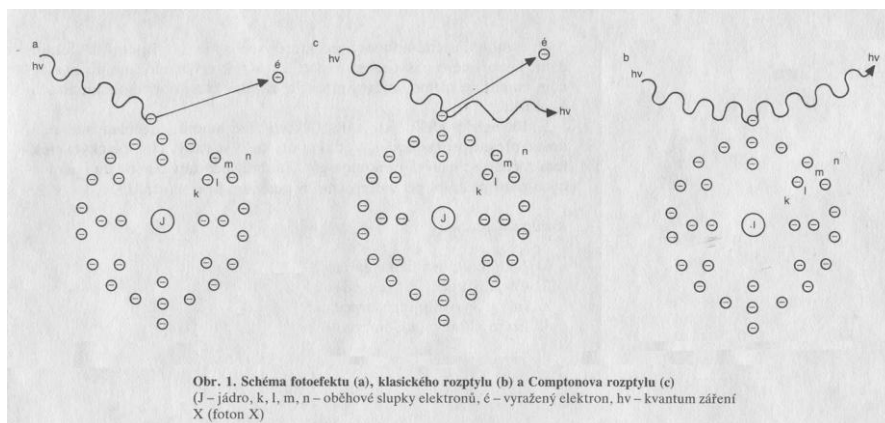
Absorpce se vysvětluje fotoefektem, při kterém foton narazí na některý oběhový elektron atomu, předá mu většinu energie a zaniká. Elektron, na který foton narazil, vylétne ze své slupky. Při vylétnutí mimo oblast silového pole atomu, dochází k ionizaci. Při setrvání elektronu v silovém poli atomu, se dostává atom do vybuzeného stavu a při návratu do klidového stavu je vyzářena energie. Ta je tím větší, čím byl elektron vypuzen na vyšší energetickou slupku atomu, a to znamená, že se i při absorpci tvoří sekundární záření.(1,4)

1.3.3. Klasický rozptyl

U klasického rozptylu se srazí rentgenové kvantum a obíhající elektron. Dojde k vychýlení rentgenového kvanta z původního směru bez ztráty energie a elektron se nevychýlí z dráhy.(1,4)

1.3.4. Comptonův rozptyl

U Comptonova rozptylu se po srážce kvanta záření s elektronem záření vychýlí z původního směru a dochází ke ztrátě části energie. Sražený elektron je vyražen z oběhové slupky. V případě obou typů rozptylu se sekundární záření šíří nejrůznějším směrem. Pokud má primární záření kratší vlnovou délku, sekundární záření má delší vlnovou délku, a pokud je primární záření kratší vlnové délky, tak tím více se sekundární záření šíří ve směru primárního záření.



Obr.č.3 Schéma fotoefektu, klasického a Comptonova rozptylu

Tvorba párů elektronů, tj. pozitron-elektronových párů, vzniká jen tam, kde se používá velmi tvrdé rentgenové záření, v řádu tisíců kilovolt. Toto záření se v rtg diagnostice nepoužívá.(1,6)

1.3.5. Luminiscenční efekt

Luminiscenční efekt je pro nás, z hlediska tvorby obrazu pomocí rentgenového záření nejdůležitější, protože při dopadu rentgenového záření na některé látky dochází k jejich světélkování. To může být dvojí. Fluorescence, při které látka světélkuje jen po dopadu krátkovlnného záření a fosforescence, kdy látka světélkuje ještě nějakou chvíli po dopadu záření. Světélkující látky se nazývají luminofory a jsou to ZnS, CdS, kyanid platnatobarnatý, wolfram vápenatý CsI a oxidy vzácných zemin, gadolinium a lanthan. Při luminiscenci je elektron vyražen kvantem X ze zevní oběhové slupky na některou slupku, která je blíže k jádru. Dojde k uvolnění energie, která se vyzáří v podobě světla. Tato energie je menší než energie při vzniku charakteristického záření, protože jde o přeskok na zevních drahách.(7)

1.3.6. Fotochemický efekt

Fotochemický efekt rtg záření z hlediska důležitosti tvorby obrazu zaujímá druhé místo. Rentgenové záření působí na halogenidy stříbra, AgBr a AgI, podobně jako světlo. Uvolňuje jejich vzájemnou vazbu a tím mění iont stříbra a iont bromu na neutrální atom stříbra a bromu. Vzniklé neutrální atomy pak můžeme vyvolat.(7)

1.3.7. Ionizace

Ionizace vzniká dopadem rentgenového kvanta na elektron atomu a jeho následnému vyražení mimo atom. Dochází k porušení elektrické rovnováhy atomu. Uvolněné elektrony se mohou srazit s dalšími elektrony neutrálních atomů, kdy jim předají část své energie. Vznikají tak sekundární elektrony, které na rozdíl od primárních nevyrazilo rentgenové kvantum, a tím dochází k další ionizaci.(7)

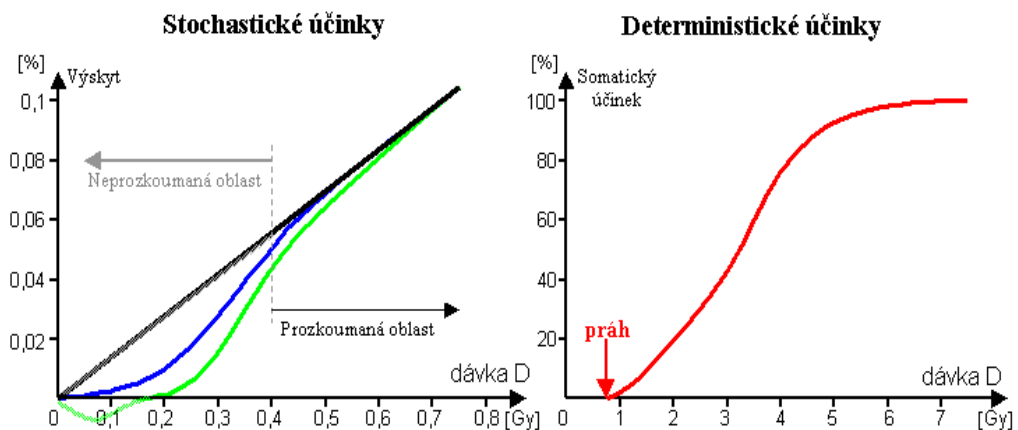
1.3.8. Biologický efekt

Biologický efekt znamená, že rentgenové záření je pro živý organismus nebezpečné a může způsobit trvalé poškození tkání a buněk. Při ozáření dochází k absorpci ionizujících částic, nebo vlnění atomy daného materiálu. Elektrony jsou

vyraženy z jejich orbit a tvoří se negativně nabitě anionty. Ionizované části molekul jsou vysoce reaktivní a vyvolávají mnoho chemických reakcí, které pak vedou ke smrti buňky a nebo ke změně v její genetické informaci.

Je tedy zřejmé, že biologický účinek záření je závislý na velikosti absorbované dávky a s ní také roste. Z hlediska vztahu dávky a účinku rozlišujeme dva typy radiobiologických účinků:

- Stochastické účinky - u kterých závažnost postižení a průběh vzniklého onemocnění nejsou závislé na výši dávky. Na absorbované dávce závisí pouze pravděpodobnost výskytu nádorového či genetického poškození. Tato onemocnění se vyskytují v populaci samovolně i bez vlivu záření a v konkrétních případech není možné indukované nádory a genetické změny odlišit od samovolně vzniklých, protože je jejich klinický obraz stejný. Ionizační záření pouze zvyšuje pravděpodobnost vzniku těchto onemocnění
- Deterministické účinky - které se klinicky projevují až po dosažení určité prahové dávky. S rostoucí dávkou se zvyšuje závažnost poškození. Základním patogenním mechanismem je snížení počtu buněk, tzv. deplece buněk, v ozářené tkáni a dále toxické látky vznikající při zániku a rozkladu velkého počtu buněk. V každé ozařované tkáni je určitá funkční rezerva, proto pokles buněk se stoupající dávkou zpočátku nezpůsobuje žádné funkční potíže, ale teprve při vyšších dávkách vede deficit buněk k somatickým potížím. Každá tkáň má jinou prahovou dávku projevu deterministických účinků, závislou na radiosenzitivitě buněk a funkční rezervě v tkáni.(18)



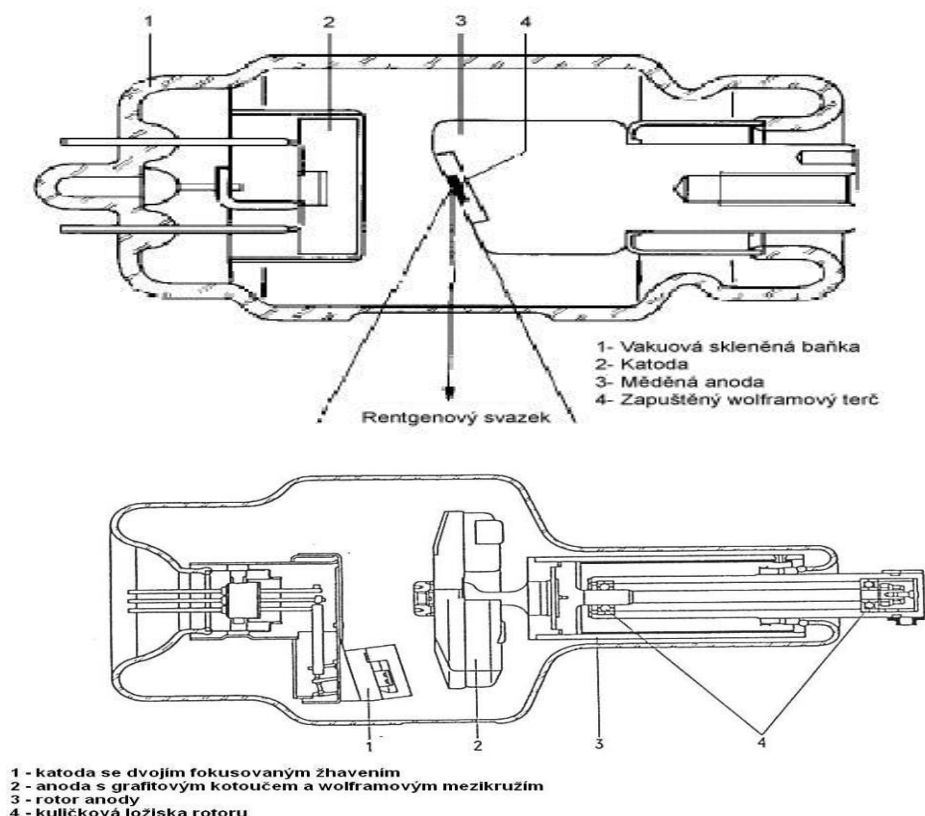
Obr.č.4 Závislost biologického účinku na velikosti absorbované dávky záření

1.4. Vznik RTG záření

Přirozené záření X, nebo-li rentgenové záření, vzniká např. na Slunci za vysokých teplot miliónů stupňů Celsia a šíří se do kosmu.

1.4.1. Rentgenka

Umělým zdrojem záření je rentgenka, kde vzniká rentgenové záření prudkým zabrzděním rychle letících elektronů hmotou o vysokém atomovém čísle.



Obr. č.5 Schéma rentgenky s pevnou a rotační anodou

Rentgenky původně vznikly z Crookesových trubic (obr.č.11) a byly to tzv. iontové rentgenky s anodou, katodou a antikatódou. Dnes se používají rentgenky se žhavenou katodou, Coolidgeovy lampy, které byly objeveny okolo roku 1913. Rok nato, 1914, byla sice objevena otáčivá anoda, ale do praxe byla zavedena až v roce 1929.

Rentgenka se žhavenou katodou je skleněná, vevakuovaná trubice, obsahující katodu a anodu. Místo kudy vystupuje užitečný primární svazek se nazývá výstupní okénko rentgenky, má tloušťku 1 mm a obsahuje například u rentgenek určených pro mamografii berylium.(1,4)

1.4.2. Katoda

Katodu tvoří wolframové vlákno, které po nažhavení emituje elektrony. Polarita fokusační misky, která se nachází kolem katody, je shodná jako u emitovaných elektronů, takže elektrony se shlukují uprostřed fokusační misky, odkud jsou emitovány na anodu. Dnešní rentgenky mají běžně ve tvaru spirály dvě katody, a nebo jednu dělenou.(1,4)

1.4.3. Anoda

Anoda je elektroda, kde vzniká rtg záření a vysoké teploty okolo 2000 i více stupňů. Proto je nezbytně nutné, aby anoda byla z kovu o vysokém bodu tání a o vysokém atomovém čísle. Dnes se vyrábějí anody z wolframu nebo jeho slitin.(1,4)

1.5. Rtg záření

Aby vzniklo v rentgence rtg záření, musí dojít nejprve k nažhavení katody a následnému přivedení napětí desítek či stovek kV mezi katodou a anodou. Elektrony, které jsou okolo rozžhavené katody, se elektrickým polem dají do prudkého pohybu k anodě, kde dojde k nárazu. Zde se 1% kinetické energie přemění na rentgenové záření a 99% se změní v teplo. Dopadající elektrony na anodu mají obrovskou rychlost. Je to asi 165 000 km za hodinu při 100 kV. Čím je napětí mezi anodou a katodou větší, tím má rentgenové záření vznikající na anodě kratší vlnovou délku. Záření, které vzniká dopadem elektronu na anodu, dělíme ještě na brzdné a charakteristické.(7)

1.5.1. Brzdné záření

Brzdné záření, které produkuje rentgenka, má spojité spektrum od nulové až po maximální energii danou téměř hodnotou anodového napětí. Energie brzdného záření závisí na rychlosti, s jakou dochází k zabrzdění elektronů při dopadu na povrch anody. Elektrony pronikají různě hluboko do atomů materiálu anody a při tom vyzařují různé vlnové délky nebo energie atomů. Elektrony „měkce“ zbrzděné opakovanými mnohonásobnými rozptyly na vnějších elektronových slupkách atomů anody, vysílají fotony brzdného (ale i charakteristického) záření o nízké energii. Některé spadají do oblasti měkkého rtg záření, jiné do oblasti UV a viditelného světla, zatímco nízkoenergetické fotony se často absorbují v anodě a nevyletí ven. Čím hlouběji pak elektrony proniknou do nitra atomů anody, tím rychleji se mění Coulombovskými silami vektor jejich rychlosti a tím tvrdší brzdné záření je produkováno. Elektrony, které pronikly na úroveň slupky K a blíže k jádru, kde mohou být téměř jednorázově

zbrzděny, mají nejkratší vlnové délky. Různá míra brzdění elektronů vyvolává směs záření různých vlnových délek či energií fotonů a výsledkem je spojitě spektrum brzděného záření. V tomto spojitěm spektru jsou nejvíce zastoupeny fotony rtg záření o nízkých energiích. Malé procento v koncové části spektra odpovídá vysokým energiím blízkým energii dopadajících elektronů dané vysokým napětím mezi katodou a anodou rentgenky.(18)

1.5.2. Charakteristické záření

Kromě rtg záření se spojitěm spektrem je vyzařováno i určité menší množství charakteristického záření s čárovým spektrem (charakteristická dvojice píků K_a , K_b), jehož energie není závislá na anodovém napětí, ale je dána materiálem anody. Pro nejčastěji používaný wolfram jsou to píky 59,3 + 67,2 keV (a také pík L okolo 10 keV), které se projevují jako „hrbolky“ na spojitě křivce spektra.

Charakteristické záření vzniká:

- jako přímý proces impaktního fotoefektu na vnitřních energetických hladinách elektronového obalu v atomech materiálu anody. To znamená, že rychlé elektrony pronikající do nitra atomů vyrážejí vázané elektrony ze slupek K a L. Při přeskoku elektronů ze slupky L na uprázdněnou slupku K, (nebo ze slupky M na L) se pak rozdíl energií vyzařuje ve formě fotonů elektromagnetického záření - charakteristického záření.
- a jako nepřímý proces fotoelektrické absorpce brzděného záření. To znamená, že brzděné záření interaguje s dalšími atomy uvnitř látky anody fotonový fotoefektem, které vyráží elektrony z vnitřních slupek za následného přeskoku elektronů a emise charakteristického záření.

Impaktní elektronový fotoefekt a vyzařování fotonů nastává i při přeskocích elektronů ve vnějších slupkách, energie těchto fotonů je nízká a toto záření je překryto spojitěm brzděným zářením na začátku spektra.(18)

1.6. Rentgenový obraz

Rentgenový obraz je dvourozměrné zobrazení třírozměrného objektu. K jeho vzniku je třeba zdroj záření, vyšetřovaný objekt a plocha, na kterou promítneme a zviditelníme obraz. Luminiscenční plocha, xerografická plocha a nebo speciální deska pro digitální radiografii, a vzájemné postavení objektu, ohniska a filmu, ovlivňují zobrazení objektu.

2. FILMOVÁ RADIOGRAFIE (SFR)

Během minulých 100 let se ke snímkování používaly a dodnes ještě používají klasické rentgenové filmy. V současné době a v této podobě je tento systém, kazeta - film, na konci možností podstatného zlepšení, a díky jeho velké nevýhodě, fotochemickému zpracování, kdy potřebujeme temnou komoru, chemikálie, vyvolávací automat, a následnému zpracování, skladování, evidenci, nemožnosti postprocesingu a v dnešní době ekologické likvidace zpracovatelských roztoků, je postupně nahrazován digitálním systémem, který je teprve v počátcích své éry, ale rychlý vývoj a pokles cen počítačové techniky mu předurčuje velkou budoucnost.

Náklady na rentgenové filmy se každým rokem zvyšují už i proto, že celosvětové zásoby stříbra, které potřebujeme pro filmové emulze, trvale klesají.

2.1. Rentgenové filmy

2.1.1. Fóliové filmy

V radiodiagnostice se nejčastěji používají fóliové filmy, které mají jako hlavní základ podložku. Ta musí být sklovitě čirá, homogenní, stejnoměrně silná mechanicky pevná, rentgentransparentní, hladká, elastická, nebobtnavá a odolná proti vodě a chemikáliím.

V historii, v letech 1910 až 1930, se tato podložka vyráběla z celuloidu, což je vlastně nitrocelulóza. Měla velmi dobré mechanické vlastnosti, ale byla hořlavá a výbušná. Stárnutím vznikala nepříjemná vůně, nestejnobarevný jantarový závoj a stávala se lepkavou a křehkou. Toto způsobovalo nemalé potíže při archivaci a následné manipulaci, protože nitrocelulóza může začít hořet již při vyšších vlhkostech a teplotách převyšující 38 °C.(22)

Proto byla nitrocelulóza v letech 1920 až 1960 nahrazena nehořlavou podložkou, jejíž podstatu tvořil acetát a posléze triacetát celulózy. Oproti nitrocelulózkové podložce vykazuje triacetátová větší chemickou stabilitu a delší životnost, ale ne zas takovou, jaká byla potřeba. Při stárnutí vzniká zakyslá vůně z par kyseliny octové, tak zvaný „syndrom octa“ a chemické změny. Tyto změny se stářím zrychlují, až se tento chemický proces stává autokatalickým. Acetát nebo triacetát se srazí a emulze se oddělí od podložky ve formě trhlin. Film se stává křehkým, zkroutí se a popraská. (20,22)

V dnešní době, přibližně od roku 1950, se používají polyesterové podložky. Polyester vzniká polykondenzací na bázi polyethylentereftalátu a zaručuje dostatečnou pružnost (vyvolání ve vyvolávacích automatech), nemění rozměry a nevytváří v citlivé emulzní vrstvě jakékoli změny. Je tedy vysoce stabilní a téměř nepodléhá degradaci.(21)

Pojivová vrstva spojuje citlivou vrstvu s podložkou. Bývá většinou z čisté želatiny a nebo z umělých látek. Tato vrstva musí být velmi kvalitní, protože je-li vadná, tak se emulze trhá a odděluje v cárech od podložky.

Citlivá vrstva je také tvořena želatinou a umožňuje zviditelnění rentgenového obrazu. V ní se nacházejí jemně a pravidelně rozptýlené krystalky bromidu stříbrného a někdy i v několika procentech, jodidu stříbra. Dále se v ní nacházejí stabilizátory zajišťující stále stejné vlastnosti filmu po celou dobu jeho životnosti. Emulgátory, které mají zajistit stále stejné rozložení halogenidů v želatině. Tvrdidla zajišťují nesmývání citlivé emulze v teplých lázních a zamezují bobtnání citlivé vrstvy. Dále jsou zde konzervační látky a senzibilizátory. Složení a technologii výroby emulze většinou výrobci tají.

Na povrchu každé emulzní vrstvy je ochranná vrstva. Slouží k mechanické ochraně a je z tvrzené želatiny.

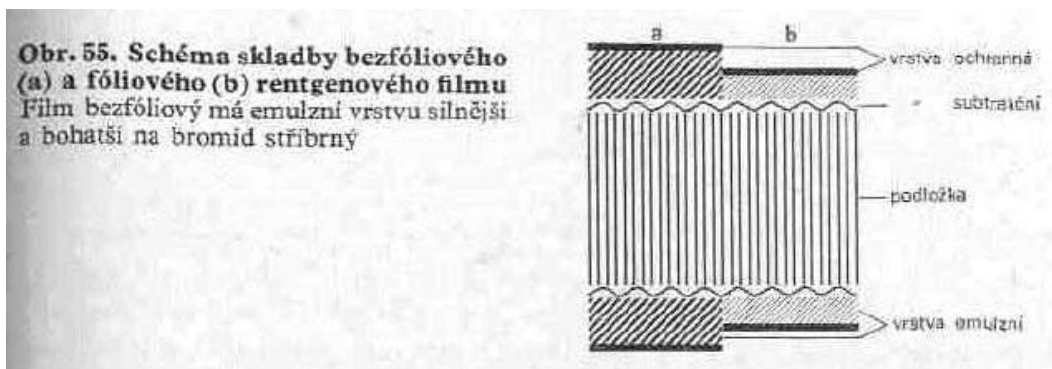
Emulzní vrstvy se nacházejí po obou stranách filmu (oboustranně lité). Toto zdvojení ve výsledku zvyšuje citlivost rentgenového filmu a kontrast získaného rentgenového obrazu. Silnější emulze s větším zrnem je citlivější na rentgenové záření i na viditelné světlo ze zesilovacích fólií. Foliový film má zvýšenou citlivost na modré a zelené světlo a vyrábí se ve velikostech 18 x 24, 24 x 30, 30 x 40, 20 x 40, 35,5 x 35,6, 35,6 x 43, 20 x 40, 20 x 60 a 30 x 90 cm. Formáty 13 x 18 a 15 x 40 cm se v dnešní době již nepoužívají.

2.1.2. Bezfoliové filmy

Složení vrstev je stejné jako u foliových filmů, ale emulzní vrstvy jsou silnější a jsou určeny pro práci bez zesilovacích fólií. Díky tomu má výsledný obraz vysokou ostrost a menší kontrast, protože odpadá neostrost způsobená zesilovacími foliemi. Tím, že nepotřebujeme kazety a filmy jsou baleny jednotlivě ve světlotěsných obálcích, můžeme je ohýbat (přizpůsobit zakřivení orgánu) a dostat je tak co nejbližší snímkanému objektu.

V dnešní době se bezfóliové filmy používají ve stomatologii. Dentální film je vysoce citlivý. Je uložen v plastovém pouzdře mezi papírovou a tenkou olovenou folií. Tato folie zabraňuje vzniku sekundárního záření a zkracuje expozici. Pouzdro s filmem má oblé rohy, aby nezpůsobilo poranění ústní dutiny. Dentální filmy se vyrábějí ve velikostech 3,1 x 4,1 cm (pro apikální a marginální projekci), 2,2 x 3,5 cm (dětský formát), 2,7 x 5,4 cm (speciální pro bitewing techniku) a 5,7 x 7,6 cm (pro okluzní projekci).

Pro mamografii se používají filmy jednostranně polévané. Také kazety do kterých se film dává, mají jen jednu folii, a to na zadní straně. To má za cíl snížit radiační dávku a zlepšit kontrast. Film se přikládá k folii emulzní vrstvou. Proto tyto filmy jsou opatřeny zářezem, aby obsluha v temné komoře věděla, jak film správně založit do kazety.(1,4)



Obr.č. 6 Bezfóliový a fóliový film

2.1.3. Filmy pro radiofotografii

Filmy pro radiofotografii jsou speciální filmy, svitkové nebo listové. Mají jednostrannou emulzi, citlivou na žlutozelené světlo štítové folie. Mají tuhou podložku, která má na jedné straně pojivovou, emulzní a ochrannou vrstvu. Na druhé straně je protizávojová vrstva bránící reflexu světla prošlého podložkou. Protizávojová vrstva se při vyvolání sama rozpustí a tím se odstraní.

V dnešní době se už takřka nepoužívají, protože byly vytlačeny digitálním záznamem.

2.1.4. Filmy pro spot kamery

Jsou to svitkové filmy šíře 100, 105 a 110 mm, jednostranně polévané, na okrajích perforované, citlivé na žlutozelené světlo (obr.č.12). Tyto filmy se vkládaly do speciálního zásobníku ve tvaru válce (obr.č.13, 14, 15). Ten se pak vložil do záznamového zařízení, ve kterém se film při záznamu přesouval do druhého zásobníku. Na konci směny se tento zásobník odnesl do temné komory a film se vyvolal za naprosté tmy.

2.1.5. Filmy pro multiformátové kamery

Multiformátové kamery jsou zařízení, v nichž se obraz z televizního monitoru přefotografovává na film. Film je ve formátu 8 x 10 palců, jednostranně polévaný s polyesterovou podložkou, tenkou jen asi 140 μm , a můžeme na něj uložit různý počet obrázků (1 - 25). Pro filmy se používají kazeta speciální konstrukce, kde se filmy zasouvají do drážek po obou stranách tenké desky. Multiformátové kamery se používaly u CT, ultrazvuku a angiografii.

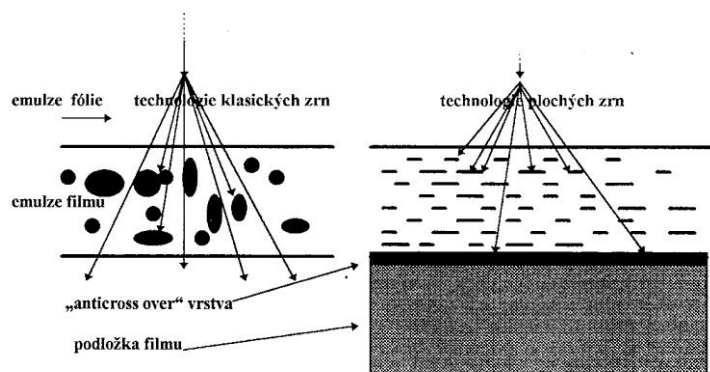
2.1.6. Filmy pro rentgenkinematografii

Používaly se jen na specializovaných pracovištích, kde byla potřeba rychlého záznamu při koronarografiích, a nebo vyšetřeních srdce. Filmy byly šíře 16 mm a 35 mm a citlivosti 21 až 25 DIN. Tato vysoká citlivost byla spojena s velkým zrnem filmu. Vyvolané filmy bylo pak možné promítat na speciálním zařízení různou rychlostí, nebo prohlížet políčko po políčku.

Co se týká filmů, tak se v posledních desetiletích nic podstatného nezměnilo.

Pouze při jejich využití ve skiografii lze zaznamenat dvě věci:

- Senzibilizace emulze do oblasti zeleného záření
- „Anticross over“ úprava zrn filmové emulze a podložky filmu, kde prvním krokem byla změna tvaru zrn emulze filmu z nepravidelných kulovitých útvarů na ploché destičky, které lépe absorbují světlo ze zesilovacích folií a zabraňují jeho pronikání přes podložku do emulze na protilehlé straně. Druhým krokem byla změna podložky tak, aby byla schopna absorbovat zbytkové světlo, které projde přes přilehlou filmovou emulzi.(31)



Obr.č.7 „Anticross over“ úprava

2.2. Zesilovací fólie

Zesilovací fólie převádějí pomocí luminiscenčního efektu rentgenové záření ve viditelné světlo, které ozáří film a zviditelní rentgenový obraz. Dále zvyšují účinek rentgenového záření na fotografický materiál a využívají schopnosti krystalů některých solí těžkých kovů převádět krátkovlnné rentgenové záření na delší vlnové délky (viditelné světlo).

2.2.1. Zesilovací efekt

Zesilovací efekt folií spočívá v tom, že rtg záření je v emulzi filmu absorbováno jen málo. Ale pouze absorbované záření nám způsobí zčernání filmu. Takže luminofor, který absorbuje rentgenového záření podstatně více, emituje světlo, které pak podstatně zesílí přímý fotochemický účinek rentgenového záření.

2.2.2. Štítové zesilovací folie

Štítové zesilovací folie se používají ve skiaskopii pro sledování pohybových dějů. Luminoforem je sirič zinečnatý (ZnS) nebo sirič zinečnatokademnatý (ZnCdS) a emitované světlo je žlutozelené.

Podložka štítové folie směřuje vždy k rentgence, luminiscenční vrstva k vyšetřujícímu nebo fotokameře.

Zpočátku tyto štítové folie měly malé rozměry. Proto vyšetřující musel používat speciální nástavce (obr.č.16), které mu následně sledovaný obraz zvětšovaly. Postupem doby získávaly folie větší rozměry, vznikl skiaskopický štít, takže se obraz dal pozorovat pouhým okem. Vyšetřovna musela být zatemněna a vyšetřující lékař se adaptoval na přitnutí okolo 20 - 30 minut. Musíme též zmínit velké dávky, které vyšetřující získal během vyšetření, protože stál nebo seděl v těsné blízkosti

vyšetřovaného ve směru svazku primárního záření (obr.č.17). Poměrně velkou část dávky tvořilo také sekundární záření z pacienta. Vysoké dávky a dlouhá adaptace na tmu, která výrazně prodlužovala délku vyšetření, vedly k tomu, že po 2. světové válce byl objeven zesilovač rentgenového obrazu, který umožnil v letech 1950 - 2005, zavedení televize, rtg kinematografie a později i videozáznamu.

Skiaskopický štít se skládá z ochranné plastické podložky, štítové folie a olovnatého skla. Olovnaté sklo muselo mít schopnost zadržet záření 90 -100 kV při 3 mA, což odpovídá běžné skiaskopii břicha. Skiaskopický štít nepotřebuje zvláštní údržbu a vydrží poměrně dlouhou dobu. Chráníme jej pouze před intenzivním přímým světlem. Z tohoto důvodu je štít zakryt neprůsvitnou plastickou deskou. Mechanická očista, většinou od kontrastní látky, je samozřejmostí.

V dnešní době je štít součástí zesilovače obrazu, ze kterého je obraz převeden televizním řetězcem na monitor. Na nejmodernějších skiaskopických zařízeních nahradila televizní digitální kamera. Díky ní je pak obraz ze zesilovače digitalizován a může být následně zpracován pomocí počítačové techniky

Štítová folie by měla mít co největší jas, solidní rozlišovací schopnost a dobře zobrazovat absorpční poměry objektu. Musí také emitovat světlo, které je spektrálně vhodné pro barevnou citlivost a rozlišovací schopnost lidského oka. Zrno zesilovacích štítových folií má velký vliv na jejich kvalitu. Větší zrno zesilovací folie zajišťuje větší jas, ale zároveň snižuje ostrost kresby. Větší jas také způsobuje delší dozařování, které je nežádoucí z důvodu zhoršení pozorování pohybových dějů.(1,7)

2.2.3. Skiagrafické zesilovací folie

Skiagrafické zesilovací folie se používají v podstatě od počátku objevu rentgenového záření. Již Conrad Röntgen použil ke zviditelnění paprsků X primitivní zesilovací folie na bázi kyanidu plantnatobarnatého a do roku 1918 byly zesilovací folie již standardně používány při skiagrafii.

Zesilovací folii tvoří podložka z kvalitního kartonu nebo umělé hmoty. Přední strana podložky je hladká a je na ní nanесena reflexní vrstva z oxidu titanu, která odráží světlo na film. Na tuto vrstvu je nanесena vrstva luminoforů, které jsou pravidelně rozptýleny v bezbarvém pojivu. Tato vrstva je homogenní a všude stejně silná. Krystaly luminoforu jsou velké 3 - 12 μm a emitující vrstva má v průměru okolo 25 vrstev. Na povrchu zesilovací folie je ochranná vrstva z laku o tloušťce 6 - 60 μm , která chrání folii před mechanickým poškozením a vlhkostí.

Nejrozšířenější a také nejdéle používané jsou folie emitující modré světlo. Luminofor je tvořen wolframanem vápenatým (CaWO_4) a vyrábějí se v třídě citlivosti 100 a 200.

Až teprve v posledních dvou až třech dekadách byly objeveny a uvedeny do praxe luminofory na bázi vzácných zemin. Tyto se vyrábějí ve čtyřech třídách citlivosti: 100, 200, 400 a 800. Luminofor na bázi lanthanu (LaOBr:Tb), aktivovaný terbiem, emituje světlo v oblasti 470 nm, to je v oblasti modrého světla. Luminofory na bázi gadolinia ($\text{GD}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$) a yttria ($\text{Y}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$), aktivované terbiem, transformují fotony rtg záření na viditelné světlo s maximem v oblasti 550 nm, to znamená v oblasti zeleného světla. Zatímco luminofory na bázi baria (Ba FCl:Eu^{2+} a $\text{BaSO}_4\text{:Eu}^{2+}$) emitují světlo s maximem 370 - 380 nm, tedy v oblasti ultrafialového záření.(31)

Zavedení fólií ze vzácných zemin do praxe vedlo vzhledem k jejich vyšší citlivosti, ke snížení dávek v oblasti napětí rentgenky 40 - 75 kV, při zhotovování skiagramů. Používání těchto fólií vyžaduje film, který je senzibilizován na příslušné světlo, které tyto folie emitují. Do praxe se tak dostaly zelenocitlivé „ortho“ filmy, které mají širší spektrum citlivosti.(31)

Také finanční stránka přechodu na „lepší program“ není zanedbatelná, a tak některé pracoviště zůstávají na „modré klasice“, nebo přecházejí rovnou na digitalizaci.

2.2.4. Klasické zesilovací folie

Rentgenové filmy mají emulzi po obou stranách podložky. Proto musíme použít při snímkování vždy dvou zesilovacích fólií. V dřívějších dobách se vyráběly o různé tloušťce. Přední folie, umístěná za přední stranou kazety, byla tenčí, s nižší gramáží, protože skrze ni muselo projít ještě dostatečné množství rentgenového záření, aby obě emulze filmu byly stejně osvětleny. Zadní folie byla silnější a měla vyšší gramáž.

Před rokem 1989 se folie dodávaly samostatně a musely se vlepovat do kazet. Z počátku lepidlem, daným přesně výrobcem, později to byly lepicí pásky, umístěné na straně přiléhající ke kazetě. Proto musely být folie přesně označeny (obr.č.18), aby nedocházelo k jejich záměně. Dnes dodávané folie můžeme použít jako přední i zadní. A po roce 1989 se začaly folie dodávat již jako součást kazet, takže odpadlo složité dodatečné vlepování a nebezpečí záměny.

Známe tři typy zesilovacích fólií. Jemně kreslicí folie poskytuje ostrý obraz při nízkém zesilovacím účinku. Vysoce zesilující folie má nižší ostrost při vysokém

zesílení. Univerzální fólie jsou kompromisem za cenu středního zesílení a střední ostrosti obrazu.

2.2.5. Elastické (ohebné) zesilovací fólie

Podložka elastických zesilovacích fólií je plastická a na ní je nanesen luminofor, nebo je luminofor přímo součástí této podložky (je do ní vtělen), pak hovoříme o tzv. fóliích samonosných. Elastické fólie ve spojení s elastickou kazetou používáme ke snímkování nerovných nebo zakřivených částí snímkaného objektu. Svým přizpůsobením těmto tvarům umožňují zmenšení vzdálenosti objekt-film na minimum. Například v případě snímkování lokte nebo kolene, kdy nemocný nemůže narovnat končetinu.(1,7)

2.2.6. Fólie pro simultánní tomografii

Simultánní tomografie umožňuje jednou expozicí zhotovit dva i více (až sedm) tomogramů najednou. Objekt je zachycen ve stejné fázi a ve stejné projekci. Většinou se používá na snímkování plic.

Fólie proto tvoří sadu, kde mají jednotlivé folie různý zesilovací efekt. Vzdálenější fólie mají větší zesilovací efekt, protože se musí kompenzovat úbytek záření daný vzdáleností od ohniska a absorpcí záření v předcházejících etážích fólií. V dnešní době se simultánní tomografie prakticky nepoužívá, protože ji nahradilo CT.(4)

2.2.7. Vyrovnávací zesilovací fólie

Vyrovnávací zesilovací fólie mají plynulý zesilovací efekt. Část fólie zesiluje více, než druhá část. Strana s menším zesilovacím účinkem se označuje znaménkem -, strana s menším účinkem +. Poměr u dvoustupňovitého zesílení bývá obvykle v poměru 1 : 2 až 1 : 4. Tyto fólie používáme ke snímkování částí těla, které vykazují zřetelné rozdíly v absorpci záření, a my potřebujeme tyto rozdíly vyrovnat, aby výsledný snímek měl rovnoměrné zčernání. Vyrovnání zesilovacího efektu se provádí buď různou intenzitou barvy fólie, nebo postupným zvyšováním gramáže. V praxi se tyto fólie používají na snímkování celé páteře ve stoje nebo dolních končetin pro potřeby ortopedie.(1)

2.3. Rentgenové kazety

Rentgenové kazety jsou světlotěsná pouzdra ve kterých jsou zesilovací fólie a mezi ně se vkládá rentgenový film. Skládají se z rámu, přední a zadní stěny. Až do konce osmdesátých let se vyráběly kovové kazety (obr.č.19). Ty potom nahradily kazety plastové.

2.3.1. Klasické kovové rentgenové kazety

Rám kovové kazety je ocelový nebo z lehkých slitin. Tvoří pevnou kostru a současně slouží jako světlotěsný labyrint, který zbraňuje pronikání světla do kazety na film. Zadní stěna je vlastně otevíratelné víko (takové malé dveře zasazené do pantů), opatřené zámkem ve formě západek, per nebo pák. Je vyztužena vnitřními prolisy, aby nedocházelo k deformaci kazety. Přední stěna je vyrobena z rentgentransparentního materiálu, nejčastěji hliníku. Musí být také velmi pevná a musí odolávat mechanickému poškození, chemikáliím a vlhkosti. Vnitřní stěny rentgenové kazety jsou pokryty tmavým nátěrem, který slouží k omezení reflexů.

Na zadní stěně u kazet pro skiografii je nalepena tenká olověná fólie tloušťky 0,5 - 1,0 mm. Ta slouží k absorpci nepohlčeného rentgenového záření prošlého kazetou, které by mohlo vyvolat zpětný osvit filmu, tzv. „back scatter“. Kazety, které byly používány v pomalých sériografech na skiaskopických stěnách (obr.č.20), olověné fólie neměly, protože motor sériografu by tak těžké kazety neutáhl.

Dále je uvnitř kazety na této olověné fólii nalepena elastická podložka tloušťky 1,0 - 1,5 cm. Ta je z vlněné plsti (filcu) (obr.č.21) nebo z molitanu (obr.č.22) a stlačením, po zavření kazety, zajišťuje dokonalé a rovnoměrné přitlačení obou fólií na film. Pro snazší centraci je na přední straně kazety vyznačen kříž nebo rýhy. Na zadní stěně je potom nalepený papírový nebo plastový štítek, na kterém je vyznačen druh zesilovacích fólií uvnitř kazet. (7)

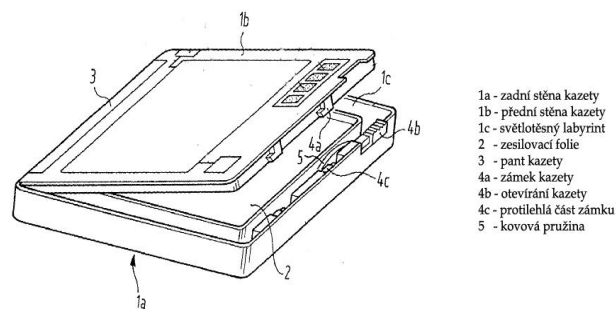
2.3.2. Plastové rentgenové kazety

Rentgenové kazety, které se používají v současné době, jsou již kompletně celé z tvrdého plastu (Novoduru). Mají nízkou hmotnost. Jsou až o 30% lehčí než klasické kovové kazety (kazeta 35 x 43 cm má váhu pouze 1,6 kg). Jsou pevné a vyznačují se dlouhou životností i ve velmi extrémních podmínkách (obr.č.23, 24).

Dlouhý pevný plastový pant, speciální zámkové a unikátní gumové rohy zajišťují, že se kazeta neotevře ani po pádu na zem. Zcela homogenní a s časem neměnný přítlak

zesilujících fólií na film, který potlačuje lokální neostrosti, vytváří speciální konstrukce pomocí magnetické síly. To znamená, že na vstupní straně kazety je zesilovací fólie nalepena na plovoucí kovové fólii. Na zadní straně kazety je protilehlá fólie nalepena na zmagnetizované destičce s gumovou podložkou. Po zavření kazety zmagnetizovaná destička na sebe protilehlou kovovou fólii přitáhne, čímž dochází k pevnému přitlaku zesilovacích fólií k filmu.

U klasických kovových kazet, byl přitlak tvořen mechanicky a časem docházelo k jeho opotřebení. Plastové kazety mají také velmi nízké zeslabení záření vstupní stranou kazety. Ekvivalent je 1,35 mm Al při 60 kV oproti 1,75 mm Al při 60 kv u klasických kovových kazet. Kazety mají již integrovány zesilovací fólie a dodávají se v rozměrech od 13x 18 cm do 35 x 43 cm. Na zadní stěně kazety je ještě umístěno okénko pro označení filmu údaji o pacientovi ID kamerou. (23)



Obr.č.8 Plastová kazeta

2.3.3. Speciální kazety

Dlouhé kazety jsou určeny pro snímkování dlouhých kostí horních a dolních končetin a celé páteře ve stoje. Vzhledem ke svým velkým rozměrům jsou kovové, mají magnetický přitlak. Dodávají se ve standardním provedení až do velikosti 30 x 120 cm. Na přání do nich výrobce může zabudovat souřadnicový rastr, který zobrazí na rentgenový film jemnou pravoúhlou čtvercovou síť s velikostí kroku 5 cm a slouží ke zjednodušení diagnózy při stanovování vzdáleností a úhlů, nebo sekundární mřížku (Lysholmovu clonu).

Elastické kazety, které v dnešní době nahradily speciální zakřivené kazety, jsou vyrobeny z měkkého, dokonale světlotěsného plastu černé barvy. Uzávěr mají na způsob zipu a používají se na místa kde nelze použít klasickou rovnou kazetu (např.

snímek kolene ve flexi). Používají se jak na bezfóliové snímky, tak i na snímky se zesilující fólií.(23)

2.4. Zpracování rentgenového filmového materiálu

Ve zpracování rentgenového filmového materiálu byla temná komora jeho nedílnou součástí, protože se zde za pomoci chemikálií a ostatních pomůcek zviditelňoval latentní obraz

2.4.1. Temná komora

Temná komora byla, a v současné době ještě někde je, důležitou součástí rentgenového pracoviště. Je to místnost, kde se zpracovává negativní filmový materiál. Dle ČSN 341720, z roku 1970, musela mít temná komora velikost nejméně 10m² x 3m, přirozené osvětlení a větrání oknem, energetické přívody a stálou teplotu 18 - 20 stupňů Celsia. Teplota musela být stálá, protože vyšší nebo nižší teplota by ovlivňovala teplotu chemikálií a to by pak mělo vliv na samotný vyvolávací proces.(4)

Přístup do temné komory zajišťoval buď labyrint, nebo světelná propust. Obě tyto varianty měly své pro a proti. Labyrint umožňoval volný vstup do temné komory bez dveří, ale bylo k tomu potřeba velkého prostoru. Oproti tomu světelná propust není náročná na prostor, ale protože se většinou skládala z místnosti naléhající na temnou komoru, musely být dveře opatřeny mechanickým zabezpečením proti otevření obou dveří současně, a nebo alespoň spínači světel, kdy personál musel být zaškolen tak, aby nedocházelo k náhodnému vniknutí světla do temné komory a osvitu filmů.

Temná komora se dělila na dvě sekce, suché a mokré pracoviště.

2.4.2. Suché pracoviště

Je to část temné komory, kde se filmy, na manipulačním stole, vybíjely a nabíjely do kazet, označovaly signafotem a umísťovaly do rámečků.

Manipulační stůl měl speciální desku, která nesměla způsobovat elektrostatickou elektřinu. Dále musela být deska dostatečně tvrdá a velká, aby se na ní vešly i ty největší kazety. Vzadu byla lišta, aby filmy a identifikační kartičky nezapadávaly za stůl. Z vlastní zkušenosti vím, že hledat potmě film nebo identifikační kartičku byl někdy opravdu velký oříšek. V dolní části byl velký vyklápěcí šuplík, rozdělený přihrádkami na jednotlivé sekce, kam se ukládaly filmy podle formátů. Velmi to usnadňovalo práci při nabíjení kazet.

Na stole byl ještě signafot (obr.č.25, 26). Z počátku to byla jenom bedna se žárovkou, která se nacházela uvnitř. Nad žárovkou bylo průhledné okénko. Tam se položil papír s napsaným jménem pacienta, datem snímkování a pracovištěm, které snímek zhotovilo. Zmačknutím tlačítka došlo k osvitu filmu a tím jeho označení. Z tohoto důvodu se na kazety pokládaly kousky olova nebo olověné gumy, aby místo pro označení zůstalo prázdné. Na některých pracovištích rovnou vyřezávali do zesilovací fólie okénko. Koncem osmdesátých let se začal signafot vyrábět sériově (obr.č.27, 28). Na něm si pracovník již mohl navolit délku a intenzitu osvitu. V devadesátých letech, s rozvojem moderních plastových kazet, byly signafoty vystřídány ID kamerami (obr.č.29, 30), které umožňovaly značení filmů za světla. Kazeta se do nich jen zasunula a označení proběhlo bez nutnosti vyndat film z kazety. Je pravdou, že úplně v dřevních dobách, se filmy nejdříve popsaly tužkou a po usušení se před archivací popisovaly bílou tuší, násadkou s redisperem. Sám jsem tohle zažil při vojenské službě v osmdesátých letech v Karlových Varech a musím říct, že popisování bílou tuší vyžadovalo spoustu umění a trpělivosti.

Po označení se film umístil do rámečků příslušného formátu, které byly zavěšeny nad stolem (obr.č.31). V každém rohu je malý zámeček s hrotem (obr.č.32). Po vložení filmu se zámeček zavřel, hrot propíchl film, a tím došlo k uchycení filmu. Film musel být řádně napnut (obr.č.33), aby nedocházelo k jeho prověšení, kdy by se mohl nalepit na stěnu tanku nebo se slepit s ostatními filmy, a tím se znehodnotit. Po zavření všech čtyřech zámků se film v rámečku ponořil do vývojky (obr.č.34).(4)

2.4.3. Mokrý pracoviště

To tvořilo druhou sekci temné komory. Většinou na něm pracoval jiný zaměstnanec než na suchém pracovišti, aby nedocházelo k potřísnění kazet filmů a rámečků ještě před vložением do vývojky. Z vlastní zkušenosti ale vím, že většinou tam pracoval jediný zaměstnanec, a člověk byl rád, že si filmy nemusí vyvolávat sám a tím se zdržovat.

Mokrý pracoviště tvoří tanky na vývojku, mezilázeň, ustalovač, konečnou vypírací lázeň, smáčedlo a někdy i tank na odkapávání (obr.č.35). Tanky měly různou velikost. Pokud bychom označili tank na vývojku jako 1. Tak tanky na mezilázeň a smáčedlo měly objem $\frac{1}{4}$ a tanky na ustalovač a odkapání 2 - 3. Tanky se nesměly zaměnit a řadily se v daném pořadí, vývojkou k pracovnímu stolu. Byly vysoké a umístěné v mělké vaně z plastu nebo kovu. Tanky měly výpustní kohout a vana odpad.

Sloužily k vypouštění chemikálií. Po zpřísnění norem se pak už chemikálie nevypouštěly do odpadu, ale čerpaly se do barelů, které jednou za měsíc odvážela vybraná firma k likvidaci. K tankům byla přivedena studená voda na mezilázně a teplá voda pro rozdělování vývojky a ustalovače.

Pro práci na suchém i mokřém pracovišti bylo nezbytné správné osvětlení. Temná komora má dva okruhy. Okruh pro stropní světlo a negatoskop a okruh filtrovaného, inaktivního, světla. Inaktivní světlo vzniká průchodem přes barevné filtry (obr.č.36). V dřívější době se používaly filtry tmavě červené barvy, poté olivově zelené a nástupem zeleného programu se pracoviště musela vrátit opět k červeným filtrům. Na našem pracovišti jsme používali filtry ORWO. Zpočátku dunkelkammerschutzfilter Nr.208 Dunkelrot (obr.č.38), potom dunkelkammerschutzfilter Nr.117 Gelbgrün matt (obr.č.39). Žárovky ve svítidlech, aladinkách (obr.č.37), byly slabé, maximálně o příkonu 25 W. Všechna světla měla napětí 220 Voltů, kromě světel nad mokřým pracovištěm. Zde bylo dáno normou napětí 24 Voltů z důvodu práce s vodou. Při výměně, se žárovky nesměly zaměnit, protože umístěním 24 Voltové žárovky do 220 Voltové objímky mělo za následek její výbuch a možné zranění pracovníka, protože aladinky byly umístěny ve výšce 1 metr nad suchým i mokřým pracovištěm, což bylo nad hlavou pracovníků. Velmi důležitá byla také kontrola těchto filtrů a světel, protože při poškození docházelo k ozařování filmů a tím k jejich znehodnocení.(4)

2.4.4. Světlá komora

Světlá komora sloužila ke konečnému zpracování a úpravě filmů. Byly zde odkapávací tanky nebo držáky na mokré snímky v rámečkách. Stůl na vyndání již usušených filmů z rámečků. Sušička filmů pro co nejrychlejší zpracování filmů ve statimových případech. Pokud se vyvolávalo ručně, byl umístěn ve světlé komoře ještě negatoskop a stůl s psacím strojem pro lékaře, který musel co nejrychleji napsat urgentní výsledek ještě z mokrého filmu. Tento negatoskop se většinou umísťoval nad vypírací tank nebo bazén. Měl speciální držáky na rámečky, aby voda mohla odkapávat přímo do bazénu. Tento bazén mohl být ještě propojen s temnou komorou tak, že se filmy v rámečkách mohly posílat do světlé komory bez nutnosti opuštění temné komory. Toto se odbouralo vyvolávacími automaty, ze kterých filmy vycházejí již suché. Pak bylo možno snímky odnést lékaři na jakékoli určené místo.

Pokud rentgenové pracoviště přímo sousedilo s temnou komorou, budovaly se ve zdech vhozy (obr.č.40). Těmito vhozy se kazety mohly dopravit přímo do komory, bez nutnosti opouštět pracoviště, a tím samozřejmě zrychlit pracovní proces.(4)

2.5. Vyvolávací proces

2.5.1. Latentní obraz

Změna, kterou způsobí rentgenové záření nebo světlo ze zesilovacích fólií v emulzi filmu, je neviditelná. Tato neviditelná vrstva se nazývá latentní obraz a je tvořena kovovým stříbrem. Negativní obraz získáme teprve až po jejím vyvolání.

Světlo dopadající na emulzi vyrazí z iontu halového prvku (Br-) valenční elektron, který získává vyšší energii a pohybuje se dále krystalem. Časem se může znovu spojit s atomem Br, nebo se může zachytit na některém poruchovém místě mřížky krystalu, tzv. centru citlivosti. Toto místo nabije elektron záporně a začnou se k němu přibližovat kladně nabitě mezimřížkové ionty Ag⁺. Naopak neutrální atomy halogenu se uvolňují z krystalických vazeb a difundují. Tím se uvolní další stříbrné ionty nenavázané v krystalické mřížce. Ty putují k záporně nabitému poruchovému místu, které funguje jako elektronová past, přijímají elektron a mění se v atomy kovového stříbra. Tento děj se neustále opakuje, až dojde k nahromadění dostatečného množství atomů kovového stříbra a vytvoří se vyvolávací centrum. To pak umožní redukci halogenidu stříbrného na kovové stříbro.(1,4)

Je tedy velmi důležité, aby při výrobě emulze vznikly v krystalech AgBr poruchy, protože bez nich by nemohl vzniknout latentní obraz.

2.5.2. Vývojka

Vývojka je základní lázeň mokrého pracoviště. Při vyvolávání dochází k redukci bromidu stříbrného, který byl naštěpen světlem nebo zářením. Redukované amorfní stříbro pak zůstává na filmu, kde má různou intenzitu zčernání podle intenzity osvitu nebo ozáření. Uvolněný brom se stává součástí vývojky a vytváří v ní společně s kaliem (bromid draselný) a natriem (bromid sodný). To znamená, že vyvoláváním filmů se zvyšuje množství zpomalovače a tím postupně narůstají vyvolávací. Proto se vývojka musí pravidelně regenerovat. Rentgenové vývojky pracují rychle a velmi kontrastně. Ačkoli se složení jednotlivých výrobců liší, obsahují určité základní chemikálie: organické redukční látky, zásady, konzervační látky, látky usměrňující vyvolávací postup a látky protizávojové.

Z redukčních látek je to hlavně metol (monometylparaminofenosulfát), hydrochinon, fenidon a pyrokatechin. Většinou se nepoužívá jenom jedna z těchto látek ale směs, protože se tyto látky navzájem doplňují. Některé vyvolávají dobře i málo exponovaná místa (metol), jiné zase vyvolávají slabě exponovaná místa při zachování velkého kontrastu (hydrochinon).

Zásady urychlují vyvolávací proces. Používají se silné zásady louhu sodného, sody nebo potaše a jsou důležité pro optimální práci redukčních látek. Čím je vývojka zásaditější, tím rychleji probíhá vyvolávací proces.

Konzervační látky zamezují oxidaci vývojky. Většinou se používá siřičitan nebo pyrosiřičitan sodný. Ty se oxidací mění na síran sodný a zamezují přeměnu hydrochinonu na chinon. K zamezení oxidace používáme i mechanické prostředky. Tanky na vývojku bývají úzké a hluboké, a pokud se s vývojkou nepracuje, musí být stále zakrytá.

Zpomalovač, bromid draselný, umožňuje i provyvolání hlubších vrstev emulze, a dále pak chrání neosvětlený bromid stříbrný před rychlým vyvoláním. Nadbytek zpomalovače ve vývojce prodlužuje vyvolávací čas a tím dochází ke snižování kontrastu. Někdy může i dojít k vytvoření dichroitického závoje. Je to neodstranitelný zákal, který je tvořen koloidním stříbrem ve vrstvě a má na pohled žlutou nebo žlutozelenou barvu.

Protizávojevé látky, benztriazol nebo nitrobenzimidazol, pak omezují tvorbu chemického závoje.(1,4)

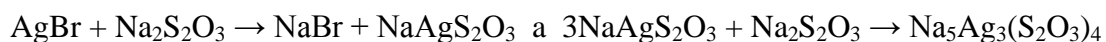
2.5.3. Mezilázeň

Úkolem mezilázně je zastavit vyvolávací proces. Film musíme opláchnout, odstranit z něj všechny stopy vývojky, popřípadě kyselým roztokem zneutralizovat vývojku nasáklou v emulzní vrstvě. V tanku na mezilázeň máme buď přivedenou protékající studenou vodu, a nebo roztok zředěné kyseliny octové nebo citrónové.

2.5.4. Ustalovač

Podstatou ustalování je rozpuštění a následné odstranění neosvětleného bromidu stříbrného z citlivé vrstvy, aby nedocházelo na světle k jeho dalším změnám. Působením ustalovače vzniká sloučenina sirnatanu stříbra a natria, která je rozpustná ve vodě. Proto jsou ustalovače tvořeny roztoky sirnatanu sodného ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$), doplněného přísadou siřičitanu sodného nebo draselného.

Podstata vyvolávacího procesu je popsána rovnicemi:



Sůl NaAgS_2O_3 , vytvořená v první fázi, která je ale ve vodě velmi těžko rozpustná, se dále pak mění v sůl $\text{Na}_5\text{Ag}_3(\text{S}_2\text{O}_3)_4$ ve vodě lehce rozpustnou. Proto při krátkém ustálení nebo při nedostatku sirnatanu v lázni, může dojít k tomu, že se zastaví proces vzniku rozpustné soli, která z filmu nejde odstranit, a vzniknou bílé neprůhledné skvrny.

Po dostatečném vyčeření (vymizení bělavého zákalu) se film ponoří asi tak na 30 minut do vypírací lázně o teplotě 20 - 30 stupňů. Řádné vyprání je důležité, protože se filmy archivují až po dobu 30 let. Množství solí ustalovače v emulzi by proto nemělo přesáhnout hodnotu $0,1 \text{ g/m}^2$.(1,4)

2.5.5. Vyvolávání ručně

Film se umístí do rámečku a postupně se ponořuje do tanků s vývojkou, mezilázní, ustalovačem a vypírací lázní. Pak se usuší. Celý tento proces byl náročný a zdoluhavý. Muselo se přesně dbát na vyvolávací časy. V komoře musely být vyvolávací hodiny. Ty byly podsvícené, ale tak, aby neozařovaly filmy, a nebo připojené na aladinku, která byla stranou, a po uplynutí času zhasla. Například, při vyvolávání tomografických vyšetření, což bylo někdy i 10 - 15 filmů najednou, se musely tyto filmy nejprve za naprosté tmy zarámečkovat a pak najednou vložit do vývojky, aby všechny měly přesně stejnou dobu vyvolání.

Po vyprání se filmy vyvěsily a usušily. Pokud se spěchalo, tak se filmy dosušovaly v sušičkách. To byly skříně s ventilátorem na teplý vzduch. Filmy v rámečkách se tam daly dát až ve čtyřech řadách. Při sušení filmů se muselo dbát také na to, aby nedošlo ke slepení filmů, a tím k jejich nenávratnému zničení.

Tyto důvody vedly ke vzniku vyvolávacích automatů.

2.5.6. Vyvolávací automat

V praxi jsou vyvolávací automaty (obr.č.41) běžně používány od konce šedesátých let. Urychlily vyvolávací proces a možnost mít během několika minut suchý snímek. Doba vyvolávání se pohybuje od 90 s až do 300 s a dá se samozřejmě měnit.

Vstupní část automatu je v temné komoře. Je to pultík se světelnou signalizací, kdy se může vložit další film. Část automatu s lázněmi je ve světlé komoře. Jsou zde transportní válce, kterými film postupně prochází přes vývojkou, ustalovač, mezilázně,

až do sušící komory, kde jsou umístěné infrazářice (obr.č.42). Do vývojky a ustalovače je přivedena regenerace ze zásobních tanků. Regenerace probíhá neustále a přebytečné roztoky přepadem odcházejí mimo vyvolávací automat.. Po usušení filmy vypadnou do sběrného zásobníku.

Do malých provozů jsou vyráběny speciální vyvolávací automaty (obr.č.43, 44). Celé se umísťují do temné komory, kde film vychází přímo na ně a zásobníky na regeneraci mají malý objem (aby se roztoky nekazily) a jsou umístěny na horní části vyvolávacího automatu.

Složení vývojky a ustalovače ve vyvolávacím automatu je jiné než vývojky a ustalovače na klasické vyvolávání. Vývojka má vyšší teplotu (34 - 37°C) a obsahuje tvrdilo glutaraldehyd, který napomáhá k tomu, aby se citlivá vrstva emulze neodlučovala od podložky a nezůstávala na válcích. V ustalovači je sirnatan sodný nahrazen sirnatanem amonným, který je účinnější. Dále také obsahuje tvrdidlo kamenec, aby filmy nebobtnaly a rychleji uschly.

Pro vyvolávání ve vyvolávacích automatech se musí také používat speciální filmy. Mají kulaté rohy a polyesterovou podložku. Protože celý vyvolávací proces trvá jen několik minut a je třeba, aby účinné látky pronikly do celé emulze, musí být citlivá vrstva jen poloviční oproti klasickým filmům (10 μm). (1.4)

3. DIGITALIZACE

Jak už bylo řečeno, rozvojem počítačové techniky a hlavně zlevňováním jejich komponentů, zpřísnění norem pro likvidaci chemikálií, dochází k postupnému pronikání této technologie do všech vědních oborů, radiologii nevyjímaje. Již s prvními počítači a následně prvními digitálními fotoaparáty byla snaha o převedení rtg snímků do digitální podoby.

3.1. Sekundární digitalizace

Jedná se o druhotnou digitalizaci rentgenových snímků. V počátcích byly pokusy fotografovat rentgenové snímky digitálními fotoaparáty. Bohužel výsledkem byla velmi nízká kvalita. Proto se postupem doby začaly používat speciální scannery (obr.č.45), umožňující digitalizovat snímky ve vysoké kvalitě za poměrně krátkou dobu několika sekund. Obraz může být snímán buď laserovým paprskem bod po bodu. V druhém případě jsou scannery vybaveny prosvětlovacím světelným zdrojem a film je snímán řádkovým snímačem. Do digitální podoby je možno převést všechny formáty filmů v šířce 35 cm bez omezení délky.

3.2. CR - Computed Radiography (Nepřímá digitalizace)

Tato technologie byla uvedena již v 70. letech firmou FUJI, ale uvedení do praxe umožnil až masivní rozvoj počítačové techniky. Princip nepřímé digitalizace spočívá v nahrazení rentgenového filmu paměťovou fólií. Fólie je umístěna, stejně jako rtg film, ve speciální kazetě (obr.č.46). Tato kazeta nemá zesilovací fólie a obsahuje paměťový čip pro ukládání údajů o pacientovi. Protože jedno čtecí zařízení lze využít pro několik pracovišť a není nutné na nich provádět žádné úpravy, protože se pouze jedny kazety vymění za jiné, výrazně se tím můžou snížit pořizovací náklady a nepřímou digitalizaci si můžou pořídit hlavně menší provozy.

Paměťová folie bývá někdy, v důsledku špatného překladu z anglického jazyka, nazývána fosforovou fólií. To pak vyvolává dojem, že fólie obsahují fosfor. V současné době veškeré komerčně vyráběné paměťové fólie obsahují baryum fluorohalogenidové krystaly, $BaFX:Eu^{2+}$, kde X je Cl, Br, I nebo jakékoli jejich kombinace. Europium (Eu) má funkci aktivátoru a během výrobního procesu je postupně přidáváno do fólie. Zde má významný vliv na uchování obrazu a na spektrum emitovaného světla. Ostatní používané materiály, jako $RbBr:Tl^+$ a $CsBr:Eu^{2+}$, se stále používají a hledají se nové možnosti použití. (25)

V minulosti zavedená prášková technologie paměťové vrstvy je postupně nahrazována technologií jehlových krystalů, která umožňuje vyšší akumulaci denzity. Díky struktuře jehlových krystalů je omezen rozptyl světla ve vrstvě a tím také zvýšena ostrost. Paměťová vrstva z jehlových krystalů je více homogenní než standardní paměťové vrstvy, což vede nižšímu stupni šumu struktury formátu a celkovým výsledkem je vyšší absorpce záření a konverzní efektivita folie. (26)

Dopadající rentgenové záření vybudí elektrony v krystalické struktuře. Ty se posunou do vyšších energetických vrstev, tzv. „elektronová past“, kde zůstanou v kvazistabilním stavu. V digitální čtečce (obr.č.47, 48, 49) se pomocí laseru tyto excitované elektrony uvolní a vytvoří ve fluorescenční vrstvě viditelný obraz, který pak můžeme sejmout a dále zpracovávat pomocí digitalizace. Oproti filmu mají paměťové fólie velkou dynamiku, což je výhodné u materiálů s různou absorpcí. Fólie se může opakovaně použít. Výrobci uvádějí 10000 - 20000 x. V praxi je však životnost menší, protože ve čtečkách dochází k jejich mechanickému poškození během zpracování dat.

Ve čtečce (digitizéru) je pak latentní obraz vyvolán osvitěním pomocí červeného nebo blízce infračerveného světla. V některých přístrojích se dnes místo světelného paprsku používá monochromatický neonový laser. Ten zrychluje celý postup a zaručuje větší prostorové rozlišení. Z fólie je zpětně emitováno světlo, odpovídající obrazu, který jsme zachytili na fólii. To je pak zachyceno v detektoru, fotonásobiči a převedeno na elektrický impuls. Filtr před detektorem musí odstínit světlo budícího laseru, protože jeho intenzita je vyšší než intenzita světla z paměťové fólie. Po odečtení obrazu je celá fólie vystavena krátkému, velmi intenzivnímu světlu. To převede veškerý latentní obraz na viditelné světlo a zaručí tím zformátování fólie, tzv. „vybití“. To znamená, že žádná z předchozích informací, zaznamenaná na fólii, nebude při následném použití zdrojem šumu.(32)

Identifikační konzole slouží k zadávání dat týkajících se pacientů do čipu, umístěného v kazetě. Tyto data jsou zpracovány a přiřazeny k výslednému snímku po zpracování ve čtečce. Rozsah informací je dán softwarem a typem čtečky.

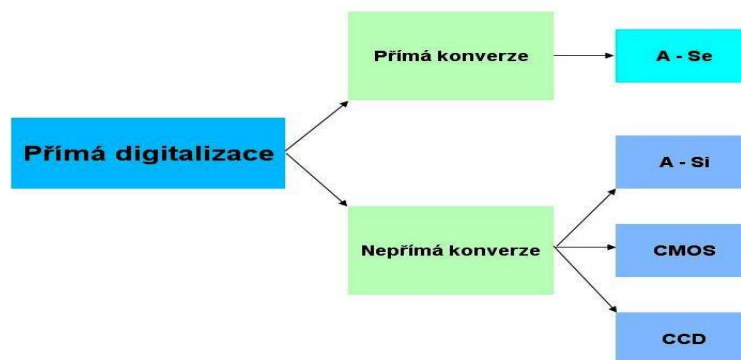
Pracovní konzole (obr.č.50), skládající se z počítače, klávesnice, myši a dotykového monitoru, umožňuje zobrazení, úpravy a následné odeslání snímků do datového úložiště, archivační server nebo vypálení na DVD. Postprocessig je zde opět dán softwarem, typem čtečky a ještě popřípadě právy jednotlivých uživatelů k provádění úprav.

3.3. DR - Direct Radiography (Přímá digitalizace)

Do budoucna asi nejperspektivnější zobrazovací systém, kde se k detekci rentgenového záření používá speciální čip, který tvoří matice světlocitlivých polovodičových prvků. Počet těchto prvků nám udává rozlišovací schopnost snímače, doba k přečtení obrazu a hlavně také pořizovací cena.

V současné době se vyrábějí dva systémy. Systém s přímou konverzí, kde detektor umožňuje přímý převod rtg záření na elektrický signál a systém s nepřímou konverzí, kde rtg záření je absorbováno scintilátorem se světelným výstupem na fotodiodu, která pak dále převádí světlo na elektrický signál.

Pro oba tyto systémy se používají obrazové detektory typu FPD (Flat Panel Detector), což je detektor pevné fáze maticovitého (2D) typu tvořený sendvičem 2D detekční struktury rtg záření a 2D TFT tranzistorů spolu s paměťovou a čtecí elektronikou.(28)



Obr.č.9 Přímá digitalizace

3.3.1. Přímá konverze (a-Se)

Realizace převodu rtg záření na elektrický signál se děje v jednom kroku. Využívá se vnitřní fotoelektrický jev, (jev, při kterém se energie fotonu mění na energii částic nesoucí elektrický náboj), ke generování dvojice nábojových nosičů elektron-díra. Latentní rtg obraz se transformuje na modulaci vodivosti detekčního materiálu. Jako detekční materiál se používá nejčastěji amorfní selen (a-Se), který má výborné detekční vlastnosti a extrémně vysoké prostorové rozlišení. Velký potenciální spád mezi horní společnou elektrodou a diskretní maticovou strukturou spodních signálových elektrod, tzv. sběrných elektrod, eliminuje stranový únik nábojů. To znamená, že nábojové nosiče elektrony a díry jsou urychleny a pohybují se na dráze ve

směru elektrostatického pole a umožňují zlepšit dosahované prostorové rozlišení. Vzájemná separace detekčních elementů je provedena elektrickým polem uvnitř selenové vrstvy (obr.č.51, 52, 55).(32)

3.3.2. Detektor s nepřímou konverzí (a-Si)

Detektor tohoto typu uskutečňuje převod rtg záření na elektrický signál ve dvou krocích. V prvním kroku využívá fluorescence scintilačního krystalu, kdy latentní rtg obraz transformuje na světelný meziobraz. Ve druhém kroku je světelný meziobraz převeden 2D polem fotodiod (amorfní křemík a-Si) na elektrický signál.

Ke konstrukci luminiscenční vrstvy se používají dva typy luminoforů:

- Amorfni, Gd_2O_2S , kde se využívá standardní technologie luminiscenčního štítu
- Amorfni strukturovaný, CsI (obr.č.53, 54, 56), s uspořádanou (anizotropickou) strukturou krystalů

V obou případech dochází v luminoforu ke značnému rozptylu světla, který zhoršuje prostorové rozlišení. Paralelní uspořádání podélných krystalů CsI sice rozptyl zmenšuje, ale neodstraňuje.(11,28)

3.3.3. CCD(Charge Coupled Device) detektor

CCD detektor (obr.č.57) je složen fotocitlivých buněk (pixelů) uspořádaných do řádku, nebo matice. V každé této fotocitlivé buňce se po dobu expozice generují světlem elektrony, které drží na daném místě napěťový val. Po ukončení expozice se buňky vyčtou a náboj se převede na napěťový signál. Náboj je úměrný intenzitě dopadajícího záření. CCD se skládá z vodivého materiálu (dopovaný Si) pokrývající polovodič (Si), odděleného vrstvou vysoce izolačního materiálu (SiO_2). Napětím na elektrodě vzniká bariéra, která je schopna udržet volné elektrony vzniklé dopadajícím zářením.(28)

Podle způsobu vyčítání se dělí na meziřádkové a celosnímkové. U meziřádkových CCD snímačů (ITL - interline transfer) se náboj z buněk postupně přesouvá v registrech a na výstupu je generován videosignál. Neobejdou se proto bez mechanické uzávěrky, která určuje dobu osvitů snímáče. U celosnímkových CCD snímačů (FFT - full frame transfer) je navíc jedna sada buněk, necitlivá na osvětlení. Ta slouží jako paměťový registr, kam se velmi rychle přenesou náboj. Z tohoto registru se náboj následně vyčte a generuje videosignál. Tyto snímače umožňují funkci elektronické uzávěrky i pro velmi krátké časy. Výhodou je dostatečně známá

technologie bez vážných chyb. Nevýhodou je pomalejší přenos náboje, drahá a náročná technologie výroby a tři různá napájecí napětí, což zvyšuje spotřebu energie.(27)

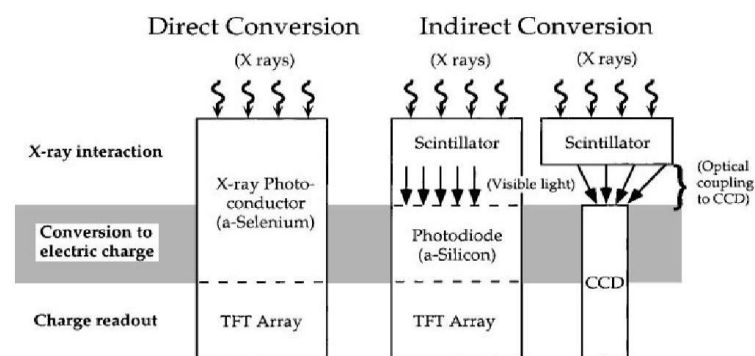
3.3.4. CMOS(Complementary Metal Oxid Semiconductor) detektor

Výrobní technologie CMOS (obr.č.58) snímačů je shodná s výrobou integrovaných obvodů. Dále je zde možnost integrace dalších prvků na čip, např. A/D převodníku, což ve výsledku zjednodušuje elektroniku pro řízení a zpracování signálu čipu. Jsou řízené elektrickým polem a mají jen jedno napájecí napětí. Dělíme je na dvě skupiny.

Pasivní CMOS (PPS - Passive Pixel Sensors) generují elektrický náboj úměrný energii svazku dopadajícího záření. Náboj se zesílí a putuje do A/D převodníku, který je určen pro převod spojitého (analogového) signálu na signál diskrétní (digitální). V digitální podobě se dají signály lépe a kvalitněji přenášet. V praxi však mají pasivní CMOS díky velkému šumu špatný obraz.

Toto se snaží eliminovat Aktivní CMOS (APS - Active Pixel Sensors), kde každý světlocitlivý element je doplněn analytickým obvodem, který měří šum a následně jej eliminuje.

Výhodou CMOS detektorů jsou nízké výrobní náklady, vysoká odolnost proti šumu, nízká spotřeba ve statickém stavu, nižší zbytkové teplo, jednodušší výroba, nižší spotřeba drahého křemíku a rychlejší přenos náboje ze snímače na A/D převodník.(32)



Obr.č.10 Princip přímé a nepřímé konverze

4. ARCHIVACE RENTGENOVÉHO OBRAZU

4.1. Archivace snímků

Veškerá rentgenová dokumentace byla uchovávána v archivech. Byly to prostory k tomuto účelu vymezené a již při přípravě projektu rentgenového pracoviště se muselo s těmito prostory počítat. Rozsah a umístění byl samozřejmě odvozen od velikosti pracoviště, zaměřením na určité vyšetřovací metody a množstvím vyšetřovaných pacientů. Jelikož archivace snímků byla 3 roky a u plicních chorob dokonce 30 let, byly tyto prostory značně rozsáhlé. Zároveň ale musely být snadno přístupné, z důvodu vyhledávání starší dokumentace, a musely splňovat určité provozní parametry, aby nedocházelo ke znehodnocení filmů, např. vlhkem. V těchto prostorách byly umístěné kovové skříně (obr.č.59) nebo na míru vyráběné police, ve kterých byly umístěné obálky s rtg dokumentací. Tyto obálky byly řazeny většinou podle pořadových čísel a roku vyhotovení snímku (obr.č.60). V obálkách kromě filmů byly ještě uloženy popisy nálezů (obr.č.61). Tyto popisy se po skartaci filmů ještě 25 let archivovaly ve speciálních kartotékách. Kromě toho v archivech musely být ještě po rocích vedené jmenovité kartotéky. V nich se nacházely kartičky, na kterých bylo jméno nemocného, data vyšetření a číslo obálky s jeho rentgenovou dokumentací. Kartičky byly řazeny abecedně podle jména.

Zpočátku byly vyrobeny přístroje, které kopírovaly rentgenogramy na jednotný formát. Zařízení firmy Siemens umožňovalo snímání filmů pomocí televizního okruhu. V pracovní desce byl zabudován negatoskop, na který se pokládal snímek. Nad ním byl umístěn objektiv s televizní kamerou. Na monitoru se zobrazil snímek, který pak byl přefocen na jednotný formát určený k archivaci.

V 80. letech minulého století byly pokusy o archivaci pomocí dřerných štítků. Tyto štítky byly vyrobeny z tenkého kartonu, do kterého byly vyraženy dírky, nesoucí informace o vyšetřovaném. Rentgenogramy byly ke štítkům připojeny pomocí mikrofilmu.

Tyto metody však nedosáhly masivnějšího rozšíření a zásadní změny v archivaci rentgenogramů nastaly až s rozvojem počítačové techniky.

4.2. NIS (Nemocniční informační systém)

Rozvoj počítačové techniky a její využití se dnes týká prakticky všech lékařských oborů a zároveň je i oborem samostatným. Zdravotnická informatika má

dnes svoji evropskou i světovou společnost a jednou za 3 roky se pořádá světový kongres lékařské informatiky MEDINFO.

Pojem informační systém vznikl okolo roku 1960. Základ tohoto oboru tvoří kniha „Teoretická analýza informačních systémů“, kterou v roce 1966 vydal Börge Langefors. Z této knihy pak vychází klasická definice, která říká, že informační systém je systém zabezpečující sběr, uložení, zpracování a distribuci informací, které potřebujeme pro rozhodování a řízení. Informační systémy mají dvě oblasti. První zahrnuje metody a nástroje tvorby samotných informačních systémů. Druhá oblast potom zahrnuje proces interakce mezi informačním systémem a uživatelem.

Medicínské informační systémy pokrývají celé nemocnice a směrem dolů pak mnoho specifických oblastí, jako jsou klinická oddělení, jednotlivé ordinace, lékárny, laboratoře, kuchyně, komplementy, správu a řízení nemocnice další.

Komplexní NIS vedle základní správy činností na jednotlivých nemocničních odděleních (ARO, JIP, lůžková oddělení, operační sály, apod.), centrálního registru, příjmací kanceláře, ambulancí a poraden, musí zajišťovat i styk se zdravotními pojišťovnami a musí zabezpečit i ekonomickou agendu. Systém by měl dále zajistit propojení se specializovanými provozy (lékárna, stravování, MTZ, doprava, sanitky či zásobování), pokud ovšem tato řešení již sám neobsahuje. Dále zajišťuje ekonomickou agendu zahrnující účetnictví, personalistiku, mzdy, operativní evidenci a materiálně technické zabezpečení. V současné době se dostává do popředí i propojení s manažerským informačním systémem. V konečné podobě je NIS komplex programů, které řeší počítačové řízení provozu zdravotnických zařízení. Systém se skládá ze samostatných modulů, které se zprovozňují podle potřeb a možností jednotlivých zdravotnických zařízení.(30)

Přehled modulů:

- jádro systému obsahuje registr pacientů, příjmací kancelář, výkazy NZIS, pojišťovnu a systém DRG
- další modul pokrývá veškeré práce na ambulantních a lůžkových částí nemocnice (systém vedení ambulance, evidence výkonů, objednávání a evidence pacientů, organizace služeb, evidence lůžek a medikace, chorobopisy, příjmy pacientů, propouštěcí správy, výstupy do zdravotního pojištění, atd.)
- speciální moduly umožňující prohlížení výsledků z komplementu či napojení systému na datové rozhraní MZ ČR

- moduly JIP, ARO, odborných ambulancí, laboratoří, lékárny, transfúzní stanice
- moduly pro nelůžková oddělení, např. radiodiagnostický modul, který řeší provoz zobrazovacích pracovišť (RTG,CT,MRI,USG)
- modul pro správu informačního systému zajišťuje bezporuchový chod IS, definice přístupových práv, monitorování chodu sítě
- modul pro management je buď součástí NIS, nebo poskytuje manažerskému IS kompatibilní data k dalšímu zpracování
- moduly pro administrativní část (výkazy výkonů, léků a materiálů pro zdravotní pojišťovny), pro hospodářskou správu (data o provedených výkonech, obsazených lůžkách spotřebovaném materiálu a lécích a mzdových nákladech), pro finanční účetnictví (informace o stavu a pohybu majetku nemocnice a výdajích s tím spojených) a pro evidenci majetku (hmotného i nehmotného)
- moduly pro personální agendu zajišťující mzdovou agendu (daně z příjmů, sociální a zdravotní pojištění) a agendu MTZ (nákupy a výdeje ze skladů materiálu)
- moduly provozní části zajišťující stravovací provoz (jidelničky, rozvrhy stravy), dopravní zdravotní službu a různé nadstavby (knihovna, atd.)

Výhody NIS spočívají v minimalizaci chyb při zadávání a vyúčtování výkonů, úpravy ze změny legislativy, metodiky nebo číselníků lze provést pouhým přenastavením systému, léčbu pacienta je možné výkonově vyhodnotit, sledování uskutečněného ale i kalkulovaného nákladu na léčbu v průběhu léčby, pracovní stanice umožňující jednoduchý přístup k datům (žádanky, nálezy, informace o vyšetření, plány péče, lékařská dokumentace vybraného pacienta), síťový přístup k datům NIS umožňuje práci zdravotnického personálu na dislokovaných pracovištích, stážích v zahraničí, z vlastních ambulancí nebo z domova, a v neposlední řadě je tu možnost integrovaného pohledu na patientská data.(30)

4.3. PACS (Picture Archiving and Communications System)

Historie systému PACS sahá do přelomu 70. a 80. let minulého století. Profesor Heinz U. Lemke již v roce 1979 představil úplně první koncept digitální obrazové komunikace. V roce 1982 se konala první konference o systému PACS (First International Conference and Workshop on Picture Archiving and Communication Systems) a v následujícím roce 1983 ACR (The American College of Radiology) a

NEMA (National Electrical Manufacturers Association) zakládají společnou komisi pro vývoj nového standardu DICOM. Ten má disponovat novými možnostmi výměny digitálních dat bez ohledu na výrobce zobrazovacího zařízení, napomáhat novému systému PACS a zjednodušovat kompatibilitu mezi nemocničními informačními systémy. Po USA projevuje zájem o tuto technologii i Evropa, kde v roce 1990 se koná další velká konference, tematicky zaměřená na PACS. Zvýšený zájem o tuto problematiku dává vzniknout novému časopisu, nazvanému „Journal of Digital Imaging“, který se stal oficiálním deníkem Společnosti pro použití počítačových technologií v radiologii (Society for Computer Applications in Radiology) a pomáhal radiologům, kteří se zajímali o digitální zobrazování v medicíně, k lepšímu porozumění výsledků zobrazení vzniklých na počítačové bázi, jejich práci s nimi a jejich vysvětlení, bez ohledu na úroveň předchozích znalostí o počítačích.

PACS je tedy moderní systém archivace většinou obrazových materiálů, umožňuje komunikaci a efektivní přenos dat, splňující velmi specifické nároky, a také musí mít kapacitu pro obrovské množství dat, které jsou výsledkem nových zobrazovacích metod. Jádrem systému je velmi složitý software a výkonný počítačový server, kde jsou data ukládána a zpracovávána. Koncové, neboli vyhodnocovací zařízení, tvoří počítače s vlastní zobrazovacím zařízením, monitorem, který má rozlišení podle toho, zda je to diagnostická stanice, nebo pouze stanice určená k prohlížení obrazových záznamů.

Systém PACS je založen na obrazovém protokolu DICOM 3 (Digital Communication in Medicine), který je závazný pro všechny výrobce přístrojů v digitálním zobrazení, zahrnující computerovou tomografii, magnetickou rezonanci, sonografii, radiografii, fluorografii, angiografii nukleární medicínu a jiné metody. V praxi to znamená, že lékař specialista má k dispozici obrazovou informaci o pacientovi bezprostředně po ukončení vyšetření a následném odeslání snímků do systému. Tyto informace je možné sdílet i na více pracovištích současně. Po určité době jsou uložená data přesunuta do hlavního archívu. Jako operační systém na straně serveru je používán Linux. Použití operačního systému na straně klienta není limitováno, ale většinou je používán systém Windows. Protože je systém PACS založen na internetových a intranetových technologiích, tak komunikace mezi jednotlivými modalitami probíhá elektronickou cestou, tzv. „po síti“. Dále PACS umožňuje zaznamenat potřebná data na CD nebo DVD a následně je distribuovat do kterékoliv

pracovní stanice i mimo zdravotnické zařízení. Na CD nebo DVD se také společně s informacemi o vyšetření automaticky vypálí i programy, které slouží ke spuštění prohlížeče na jakémkoliv počítači. Ve své podstatě je PACS modulární systém pružně reagující na potřeby konkrétního zákazníka. Může splňovat požadavky jednoduchého bezfilmového pracoviště s jedinou modalitou, komplexního systému s napojením na informační systém nemocnice nebo regionálního řešení s napojením na různé zdroje dat a různé PACS systémy.(12,14)

Výhody systému PACS zahrnují on-line distribuci obrazových dat, automatickou archivaci dat, zvýšení kvality vyšetření, významné snížení pracnosti a chybovosti a ekonomický přínos v úspoře filmů a chemikálií.

4.4. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Vznik nového datového formátu DICOM se váže k roku 1983, kdy ACR a NEMA ustanovili společnou komisi, zaměřenou na vývoj tohoto standardu. V té době byla poptávka po univerzálním systému, který by uměl zpracovat data zobrazovacích zařízení a současně sjednotil pravidla závazná pro všechny uživatele nového standardu. DICOM vytváří ideální podmínky kompatibility s jinými, zejména nemocničními informačními systémy. Každý vytvořený dokument s medicínskými informacemi nebo obrazový materiál ve standardu DICOM je označen celosvětovým unikátním číslem, které zamezuje jeho duplicitě a pochybnostem o jeho pravosti. Dále má každý dokument ve standardu DICOM předepsanou přesnou strukturu dat, jejich vztahů operací a kombinací kontextu. To umožňuje, že takto strukturovaný dokument se po transportu na určené místo vždy rozbalí tak, jak vypadal původně, bez ztrát původních dat, a aniž bychom museli neustále kontrolovat kompatibilitu standardů.

Součástí každého strukturovaného scénáře digitálního dokumentu v DICOM je aplikační proces (Application Domain), který zajišťuje všechny operace s daty, jejich vztahy a operace s nimi, a komunikační proces (Exchange Domain), který koordinuje vlastní přenos dat mezi jednotlivými systémy. Tyto dva základní procesy jsou na sobě nezávislé a jsou pečlivě odděleny. Komunikační proces může být pomocí vlastní datové sítě v rámci jednoho či více zdravotnických zařízení, nebo pomocí mezinemocničního PACS úložiště s centrálním datovým skladem.(32)

4.5. HL7 (Health Level Seven)

Komunikační standard HL7 byl vyvinut pro systém zdravotní péče jako nástroj pro elektronickou komunikaci a transport dat mezi takřka všemi zúčastněnými ústavy a obory, zvláště pro NIS (Nemocniční informační systémy) a LIS (Laboratorní informační systémy). Tyto systémy, které jsou součástí moderních zdravotnických zařízení, mohou mezi sebou efektivněji a rychleji sdílet veškerá elektronická data, proto s HL7 je možné řešit všechny komunikační úkoly nemocnice a podstatně zlepšit účinnost komunikačního procesu.

V USA v roce 1987, byla ustanovena organizace, která se snažila standardizovat komunikaci ve zdravotnictví - skupina „Health Level Seven“, která významně pomáhá při standardizaci nezbytných rozhraní mezi systémy a nyní je oficiálním ANSI (American National Standards Institute) standardem.

HL7 specifikuje obsah a formát komunikace na aplikační úrovni. Ve vrstevném modelu komunikace mezi otevřenými systémy je tato úroveň sedmou (seven) vrstvou. Je velmi důležité, aby komunikace byla nezávislá na použitém softwaru stejně jako na podpůrném hardwaru a zvolené síti. Uživatel si může svobodně vybrat řešení, které bude nejlépe odpovídat jeho potřebám. Základní cílem HL7 je poskytnutí formátů a protokolů pro výměnu datových záznamů mezi počítačovými systémy ve zdravotnictví, jejich standardizace a tím i unifikace rozhraní, zlepšení účinnosti komunikace, návod pro dialog mezi účastníky při ujednávání rozhraní, minimalizace rozhraní, snížení výdajů na implementaci rozhraní o 60 až 80 % a poskytnutí mezinárodního standardu.

Z toho vyplývá, že úkolem této společnosti je poskytování mezinárodního standardu pro výměnu, správu a integraci dat, která souvisí s péčí o pacienta. Zabezpečení veškeré administrativní agendy spojené s poskytováním a hodnocením zdravotnických služeb s cílem vytvořit nejefektivnější postup pro přístup a sdílení medicínských dat a vytvoření vzájemné a bezpečné komunikace mezi různými informačními systémy ve zdravotnictví.

V průběhu času docházelo k postupnému zdokonalování až do současné podoby HL7 verze 3. Tato verze již využívá důsledného nasazení objektového přístupu, který využívá speciálního jazyka UML (Unified Modeling Language), což je jazyk pro vytváření doménových modulů. Dále umožňuje integraci architektur komponentových systémů, jako jsou COBRA (Common Object Request Broker Architecture) a DCOM

(Distributed Component Object Model) a využívá komunikační standardy, jako je jazyk XML (Extensible Markup Language).

HL7 dnes hraje důležitou roli v celosvětové standardizaci komunikace zdravotnických systémů prostřednictvím TC215 (zdravotnická informatika), založené v roce 1998 při ISO (Internacional Standardization Organization).(29)

5. VÝHODY A NEVÝHODY ANALOGOVÉ A DIGITÁLNÍ SKIAGRAFIE

5.1. Analogové zpracování rentgenového obrazu

Výhody:

- tradičně nejrozšířenější forma zpracování rentgenového obrazu
- dlouholeté, takřka stoleté zkušenosti
- lékaři z ostatních oborů si mohou snímek prohlédnout bez dalšího vybavení

Nevýhody:

- vysoké náklady zahrnující nákup rentgenových kazet, fólií, filmů, chemikálií a jejich likvidace
- temná komora, její vybavení a s tím spojený provoz a údržba tanků na chemikálie nebo vyvolávacího automatu
- archivace, která je náročná na prostor a systém
- nemožnost pozdějšího postprocessingu obrazu
- není možný přenos obrazu po síti a z toho vyplývající nemožnost spolupráce lékařů prostřednictvím internetu a nepraktičnost a neoperativnost v další mezioborové spolupráci
- existence pouze jediného originálu
- ztráta informační hodnoty v čase, kdy nedodržení postupů při zpracování a archivaci filmového materiálu vede k barevné nestálosti, kazům, plesnivění, mechanickému poškození, atd.

5.2. Digitální zpracování rentgenového obrazu

Výhody:

- zkrácení času od vyšetření do vyhotovení popisu a jeho předání lékaři na příslušné oddělení
- snížení nákladů spojené s likvidací filmů a chemikálií
- snížení nákladů způsobených opakováním snímků při ztrátě nebo poničení
- nižší provozní náklady při PACS archivu oproti klasickému archivu
- vytvoření kvalitního obrazu v reálném čase (u přímé digitalizace)
- okamžitá kontrola vytvořeného obrazu
- okamžité opravy snímku při nespolupráci pacienta
- možnost následných úprav snímku
- ukládání informací do místních i vzdálených digitálních úložišť
- dlouhodobá digitální archivovatelnost
- okamžitý přístup k uloženým datům bez nutnosti složitého a zdlouhavého hledání v kartotékách
- minimální prostorové nároky na elektronický archív
- přenášení dat po síti v rámci jedné nebo více nemocnic umožňuje mezioborovou spolupráci
- veškerá data pacienta z více vyšetření uložena v jedné složce
- tvorba výukových a edukačních materiálů

Nevýhody:

- potřeba složitého hardwarového a softwarového vybavení
- vysoké pořizovací náklady v řádu milionů
- relativně složitá obsluha a údržba systému
- nutný správce PACS v nemocnici (nebo dostupný při poruše systému)
- nutnost zabezpečení veškerých dat

6. DISKUSE

Technika se neustále vyvíjí a nevynechává ani oblast radiologie. Když v roce 1895 Wilhelm Konrad Röntgen při pokusech s katodovou trubicí objevil paprsky „X“, netušil, jaký zásadní objev učinil. Již v následujícím roce Berlínská společnost vnitřního lékařství zveřejňuje zprávu, že tyto paprsky jsou vhodné k využití v lékařství, ve světě je publikováno více než tisíc prací zabývajících se nově objeveným zářením a je již popsána rentgenová dermatitida. První rentgenové vyšetření v Českých zemích provedl v roce 1897 profesor MUDr. Rudolf Jedlička na rentgenovém přístroji hoteliéra pana Cívky.

V roce 1908 Groedel a Horn zavádějí zesilovací fólie a Groedel sám, v roce 1912 film s oboustrannou emulzí. Tento systém, film, zesilovací fólie, kazeta, se uplatňoval po celá léta od počátku objevu rentgenového záření, až po současnost. Na této triádě stál v podstatě celý postup získávání, ukládání a následné archivace rentgenového obrazu. Víceméně se dařilo zavádět pouze dílčí změny, a to pouze materiálové, které vedly k lepším výsledkům na poli urychlení vyvolávacího procesu (vyvolávací automaty), snížení dávky (zesilovací fólie ze vzácných zemin, emitující zelené světlo), výměna kovu za plast (rentgenové kazety), změna podložky u rentgenových filmů (zpočátku vysoká hořlavost a posléze zavedení vyvolávacích automatů).

Všechny způsoby uchovávání analogových dat v podobě textů na papíru, rtg snímky na filmech, sonografické snímky, záznamy EKG, EEG a EMG na termocitlivém papíru, byly velmi nedokonalé. Řadu problémů již přinášelo samotné pořízení záznamu, který byl velmi náchylný na poškození. Také okolní vlivy působily na kvalitu zobrazení. U rtg snímků záleželo na správném procesu vyvolání, použitých chemikálií a kvalitě uskladnění v archivu. Ale i filmový materiál časem ztrácel na kvalitě. Termocitlivý papír byl kolikrát méně než za rok nečitelný a všudypřítomný „lidský faktor“ měl na svědomí ztráty snímků, díky tomu, že je někdo špatně založil nebo ztratil.

Dalším problémem bylo i to, že každé pořízení jednoho obrazového záznamu se vázalo na konkrétní zdravotnické zařízení, které jej vlastnilo. Následné půjčování jiným zdravotnickým zařízením, lékařům, nebo poskytnutí k nahlédnutí pacientovi, pak záviselo jen na jeho rozhodnutí. To samozřejmě dopadalo tak, že než aby se snímky vyžádaly u zařízení, které je zhotovilo a vlastnilo, bylo snazší si je pořídit znovu. To

znamenal další a úplně zbytečnou radiační zátěž pacienta, zvláště když víme, že i malá dávka ionizujícího záření je potenciálně nebezpečná pro živou tkáň a navíc se v průběhu života stále sčítá.

Zásadní změnu ve způsobu záznamu, zpracování, archivace a výměny informací přinesl koncem minulého, a začátkem tohoto století, obrovský rozmach počítačové techniky. Se zaváděním těchto nových technologií bylo nutné změnit i dosavadní způsob získávání dat, jejich archivaci, a princip fungování a používání. Tyto změny se nevyhnuly ani rentgenu, a i když ještě mnoho zdravotnických zařízení zůstává na „filmové klasice“, v ostatních zařízeních je poměrně rychlým tempem přístrojové vybavení postupně nahrazováno systémy přímé a nepřímé digitalizace.

Také archivace obrazových materiálů v digitální podobě, potřeba jejich dalšího zpracování a možnosti zpřístupnění ostatním pracovištím, v rámci jednoho nebo více zdravotnických zařízení, dalo vznik novým systémům. Dnešním jednotným mezinárodním datovým standardem pro obrazový materiál se stal formát DICOM. Pro jiné oblasti zpracování medicínských dat je používán například mezinárodní datový standard HL7.

S nástupem počítačových technologií se pro nás objevil úplně nový trend vývoje a otevřel zcela nové technické možnosti využití v mnoha oborech. Rychlost, s jakou se tyto nové technologie objevují, na nás kladou vysoké nároky, a je jen na nás, abychom se s tím vyrovnali co nejlépe

ZÁVĚR

Po celé minulé století byl pro skiagrafi, a můžeme říci, že na mnoha pracovištích ještě stále je, receptorem obrazu film. S rozvojem počítačové techniky ve vědě i technice narůstá kvalita polovodičové technologie a prvky analogového systému jsou postupně nahrazovány čipy. Tyto čipy, citlivé jak na světlo, tak i na rentgenové záření, mají dva způsoby zpracování obrazu. Přímé a nepřímé. Získaná digitální data můžeme na rozdíl od filmového materiálu v podstatě skladovat nekonečně dlouho. Také můžeme pozdějším zpracováním měnit do určité míry jejich obrazovou kvalitu, např. jas nebo kontrast. U klasického rentgenového snímku je toto, (kromě zeslabení ve speciálním roztoku, ale i to vedlo většinou k nevalným výsledkům), většinou možné až po následné digitalizaci digitálním fotoaparátem nebo různými scannery. Vždy je to však na úkor ztráty původní kvality snímku.

V oboru pracuji již 25 let a za tu dobu jsem pracoval se všemi třemi typy zpracování obrazu. Podle mého názoru je pro mě, jako pracovníka, nejjednodušší a nejpraktičtější pracoviště s přímou digitalizací. Odpadá jakákoliv manipulace s kazetami, chemikáliemi, vyvolávacím automatem, filmy a spoustou dalších činností, které s tímto souvisely v rámci příprav a zpracování. Nevýhodou může být výhradní práce s počítačovou technikou, což bývá pro některé pracovníky přecházející z analogového provozu složitější, a také vysoké pořizovací náklady. Kompromisem v tomto bodu může být pro menší provozy, nebo provozy s více detašovanými pracovišti, nepřímá digitalizace. Po koupi nových kazet, čtečky a diagnostické stanice se může pokračovat více méně beze změn na stávající technice.

Osobně si myslím, že trendem současné doby je zjednodušování a zrychlování pracovního procesu. Digitalizace v tomto směru vše splňuje. Ale na druhou stranu je pravda, že při práci na analogovém zařízení si člověk připadal sofistikovaněji, protože sám ovlivňoval kvalitu snímku nastavováním parametrů na přístroji, hlídáním vyvolávacího procesu, a v neposlední řadě také svými zkušenostmi.

Přesto se osobně přikláním k digitalizaci v jakékoliv formě pro její komfort, rychlost zpracování a nižší zátěži pro pacienta.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

1. CHUDÁČEK, Z. *Radiodiagnostika*. 1.vyd. Banská Bystrica: Osveta, 1993. 440s. ISBN 80-217-0571-X
2. NEKULA, J. *Radiologie*. 1.vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2001. 205s. ISBN 80-244-0259-9
3. ŠMORANC, P. *Rentgenová technika v lékařství*. 2.vyd. Pardubice: E a J Print, 2005. 264s. ISBN 80-85438-19-4
4. SVOBODA, M. *Základy techniky vyšetřování rentgenem*. 2.vyd. Praha: Avicenum, 1973. 605s. ISBN 08-013-76
5. ZÁŠKODNÝ, P. *Přehled základů teoretické fyziky (s aplikací na radiologii)*. 1.vyd. Bratislava: Didaktis, 2005. 264s. ISBN 80-89160-25-5
6. KOLIHOVÁ, E. *Základy radiodiagnostiky*. 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. 196s. ISBN 80-7066-031-7
7. CHUDÁČEK, Z. *Radiabnostika 1. část*. 1.vyd Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. 293s. ISBN 80-7013-114-4
8. VYHNÁLEK, L. *Radiodiagnostika: Kapitoly z vybrané praxe*. 1.vyd. Praha: Grada, 1998. 473s. ISBN 80-7169-240-9
9. BLAŽEK, O. a kol. *Obecná radiodiagnostika*. 1.vyd Praha: SPN, 1974. 182s.
10. DIETZE, R. / KÖCHER, E.. *Physik und Praxis der Röntgenaufnahmetechnik*. 3.Auflage. VEB: Gustav Fischer Verlag Jena, 1977. 903s.
11. DRASTICH, A. *Netelevizní zobrazovací systémy*. 1.vyd VÚT: Brno, 2001. 174s. ISBN 80-214-1974-1
12. KLÍMA, M. a kol. *Zpracování obrazové informace*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1999. 177s. ISBN 80-01-01436-3
13. SHWARTZ, M. *Information, Transmission, Modulation a Noise*. 3.vyd. New York: McGraw-Hill, 1980. 646s ISBN-13 978-0070557826
14. KRUPA, P. , KŘÍSTEK, J. *Přenos obrazu a jeho archivace ve zdravotnických zařízeních*. RITM Report 2005, str. 55-57. ISBN 80-2103924-8
15. WIKIPEDIA, *Wilhelm Konrad Röntgen*. [on line]. [cit. 2013-02-16], Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen
16. *Wilhelm Konrad Röntgen*. [on line]. [cit. 2013-02-16], Dostupné z: <http://www.e-fyzika.cz/fyzici/wilhelm-conrad-rontgen.php>

17. KUSALA, J. *Rentgenové záření, součást vzdělávacího programu Svět energie*. [on line]. [cit.2013-02-24], Dostupné z:
<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/rtg/k21.htm>
18. ULLMANN, V. *X-záření - rentgenová diagnostika*. [on line]. [cit.2013-03-16], Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#2>
19. ULLMANN, V. *Biologické účinky ionizujícího záření*. [on line]. [cit.2013-03-16], Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>
20. ČECHOVÁ, B. *Pojmy filmového archivnictví*. [on line]. [cit. 2013-02-28], Dostupné z:
<http://film.ff.cuni.cz/rozcestnik/glosar/pojmy%20z%20archivnictvi.pdf>
21. ZAMRAZILOVÁ, L. *Mechanismy degradace filmových podložek*. [on line]. [cit. 2013-02-24], Dostupné z:
<http://www.chempoint.cz/data/files/mechanismy-degradace-filmovych-podlozek-104.pdf>
22. *Managing X-ray films*. [on line]. [cit. 2013-02-28], Dostupné z:
<http://www.archives.gov/records-mgmt/publications/managing-xray-films.html#types>
23. VMK, *Kazety, zesilující fólie, souřadnicové rastry*. [on line]. [cit. 2013-02-26], Dostupné z: <http://www.vmk-rtg.cz/kazety-zesilujici-folie-cawo.htm>
24. GRUNER, M. *X-ray Detectors II, Film, Image Plates & Phosphors*. [on line]. [cit.2013-02-28], Dostupné z:
<http://neutrons.ornl.gov/conf/NXS2008/Presentations/Sol%20M.%20Gruner%20-%20Detectors%20II.pdf>
25. SCHAETZING, R. *Computed Radiography Technology*. [on line]. [cit.2013-03-08], Dostupné z:
http://www.engin.umich.edu/class/ners580/ners-bioe_481/lectures/pdfs/RSNA2003_CR_Schaetzing.pdf
26. *Detektory, CR HM5.0 Mammo*. [on line]. [cit.2013-03-08], Dostupné z:
<http://www.foma.cz/cs/cr-hm50>
27. *Detektory záření*. [on line]. [cit.2013-03-10], Dostupné z:
<http://pmo.fs.cvut.cz/wiki/images/7/7e/Detektory.pdf>

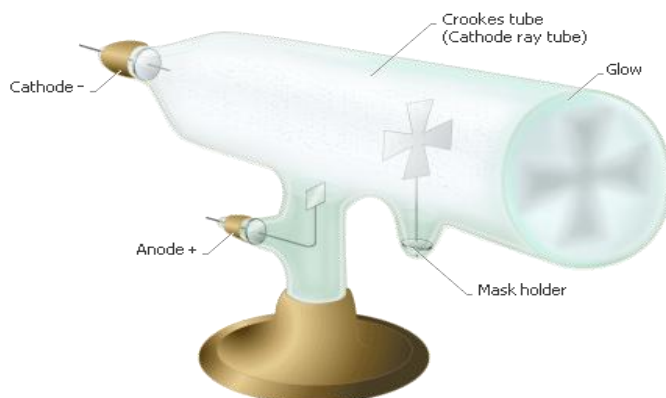
28. *Technologické zajímavosti RTG přístrojů Toshiba, obrazový detektor FPD.*
[on line]. [cit.2013-03-10], Dostupné z:
http://www.audioscan.cz/audioscan/media/doc/technologicke_zajimavosti_RTG_Toshiba2_1.doc
29. HEITMAN, K. ,DUDECK, J. ,BLOBEL, J. *HL7 - Komunikační standard ve zdravotnictví.* [on line]. [cit.2013-02-24], Dostupné z:
http://www.hl7.cz/file/13/HL7_komunikace.pdf
30. NIS - *Informační systémy ve zdravotnictví.* [on line]. [cit.2013-02-24],
Dostupné z: http://www.zsf.jcu.cz/structure/departments/kra/informace-pro-studenty/ucebni_texty/ochrana-obyvatekstva-se-zamerenim-na-cbrne-aplikovana-radiobiologie-a-toxikologie-krizova-radiobiologie-a-toxikologie/informacni-systemy-ve-zdravotnictvi/view?searchterm=%20informa%C4%8Dn%C3%AD%20syst%C3%A9my%20ve%20zdravotnictv%C3%AD
31. HYKA, J. ,BUREŠ, J. *Analogové a digitální skiagrafické systémy.* [on line].
[cit.2013-02-20], Dostupné z:
<http://labucebna.net/mod/resource/view.php?id=191>
32. RITTOCH, M. *Trendy v digitální skiografii.* [on line]. [cit.2013-03- 10],
Dostupné z: <http://rtg.kvalitne.cz/prace/trendy.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

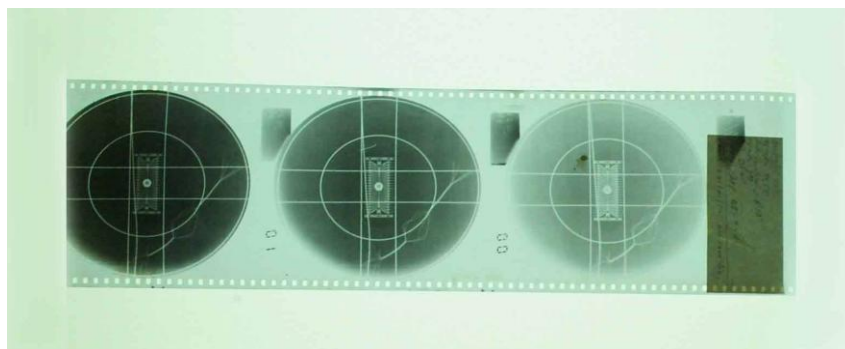
RTG - Rentgen, Rentgenový
X-RAYS - Rentgenové záření
kV - Kilovolt
keV - Kiloelektronvolt
mAs - Miliampér sekunda
SFR - Screen-Film-Radiography
DIN - Deutsches Institut für Normung
CT - Computed Tomography
MRI - Magnetic Resonance imaging
USG - Ultrasonografie
Al - Hliník
ČSN - Československá státní norma
CR - Computed Radiography
DR - Direct Radiography
FPD - Flat Panel Detector
TFT - Thin Film Transistors
ITL - Interline Transfer
FFT - Full Frame Transfer
CCD - Charge Coupled Detector
CMOS - Complementary Metal Oxid Semiconductor
A/D - analog/digital
PPS - Passive Pixel Sensors
APS - Active Pixel Sensors
NIS - Nemocniční informační systém
LIS - Laboratorní informační systém
MTZ - Materiálně technické zabezpečení
ARO - Anesteziologicko resuscitační oddělení
JIP - Jednotka intenzivní péče
NZIS - Národní zdravotnický informační systém
IS - Informační systém
PACS - Pictura Archiving and Communications System

ACR - The American College of Radiology
DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine
NEMA - National Electrical Manufacturers Association
HL7 - Health Level Seven
ANSI - American National Standards Institute
UML - Unified Modeling Language
COBRA - Common Object Request Broker Architecture
DCOM - Distributed Component Object Model
XML - Extensible Markup Language
ISO - International Standardization Organization
EKG - Elektrokardiogram
EEG - Elektroencefalografie
EMG - Elektromyografie
CD - Compact Disc
DVD - Digital Versatile Disc
např - například

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA



Obr.č. 11 Crookesova trubice - tzv.Maltézský kříž



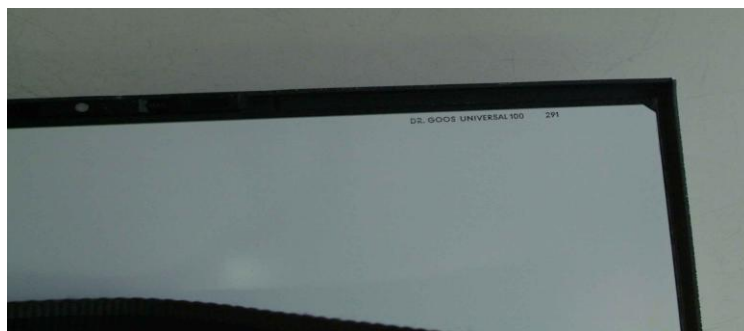
Obr.č.12 Film pro spot kameru



Obr.č. 13, 14, 15 Schema filmového zásobníku pro spot kameru



Obr.č. 16,17 Počátky skiaskopie



Obr.č 18 Označení zesilovací fólie



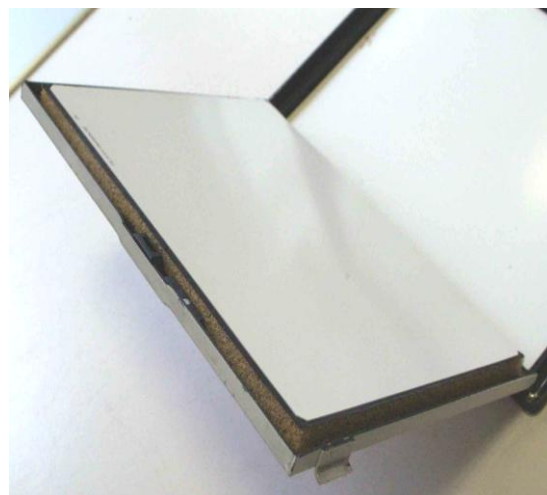
Obr.č.19 Kovové kazety



Obr.č.20 Kovová kazeta pro skiaskopii



Obr.č.21 Plstěná podložka fólie



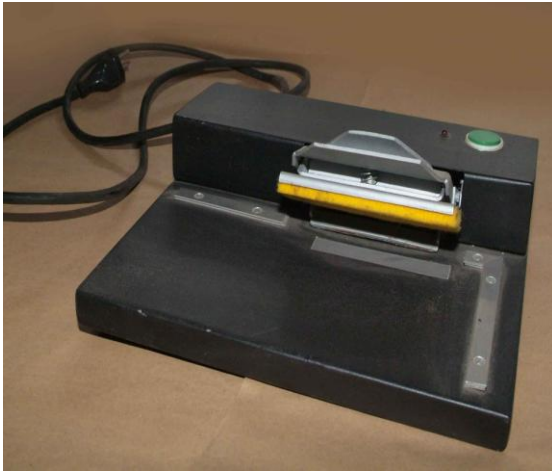
Obr.č.22 Molitanová podložka fólie



Obr.č.23,24 Plastové kazety



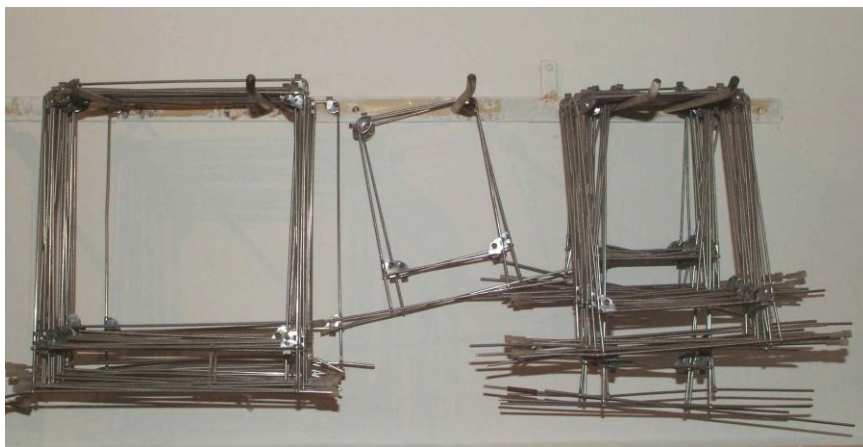
Obr.č.25,26 Signafot



Obr.č.27, 28 Signafot tovární výroby



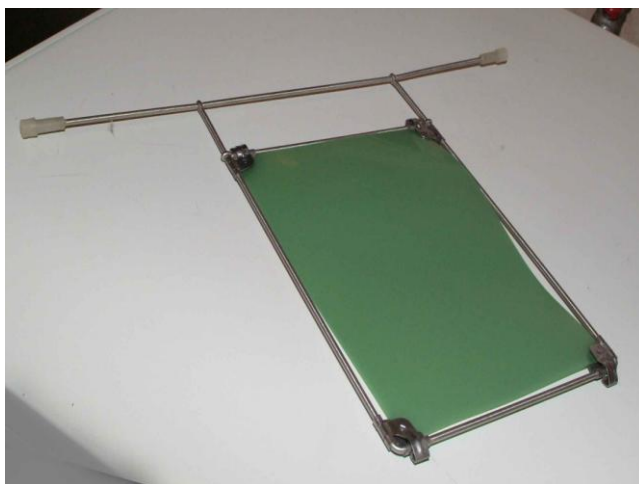
Obr.č.29, 30 ID kamera



Obr.č.31 Kovové rámečky na filmy



Obr.č.32 Zámeček



Obr.č.33 Film ve vyvolávacím rámečku



Obr.č.34 Film v rámečku ve vyvolávacím tanku (ukázka bez chemikálií)



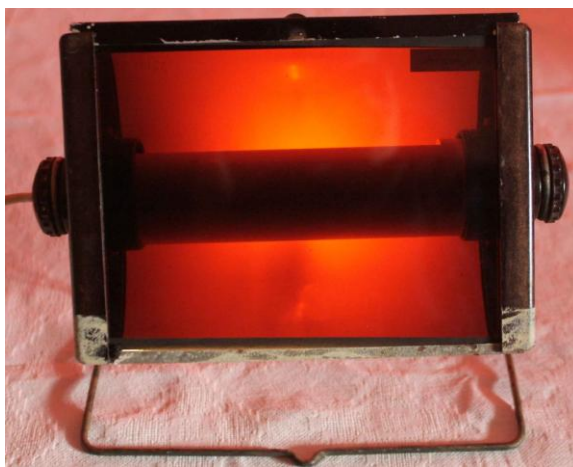
Obr.č.35 Tanky va vyvolávací proces



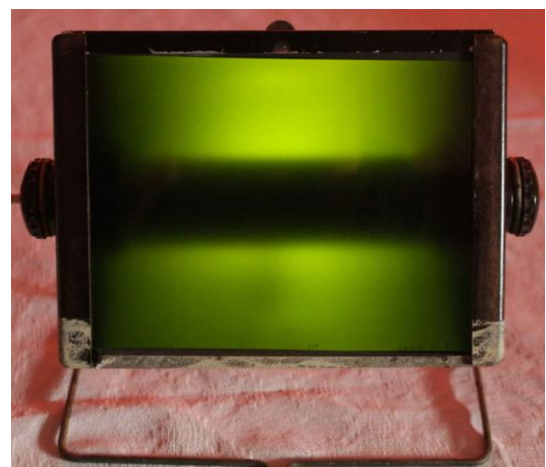
Obr.č.36 Filtry do aladinek



Obr.č.37 Aladinka



Obr.č.38 Filtr Nr.208 Dunkelrot



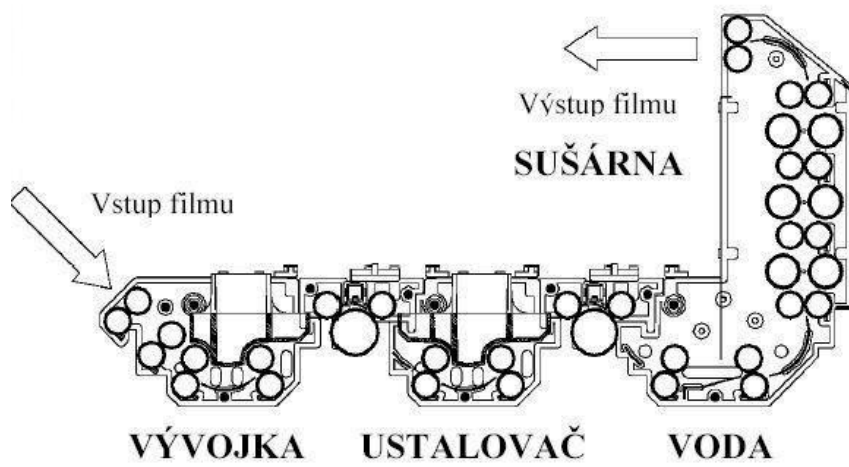
Obr.č.39 Filtr Nr.117 Gelbgrün matt



Obr.č.40 Vhoz



Obr.č.41 Vyvolávací automat



Obr.č.42 Schéma vyvolávacího automatu



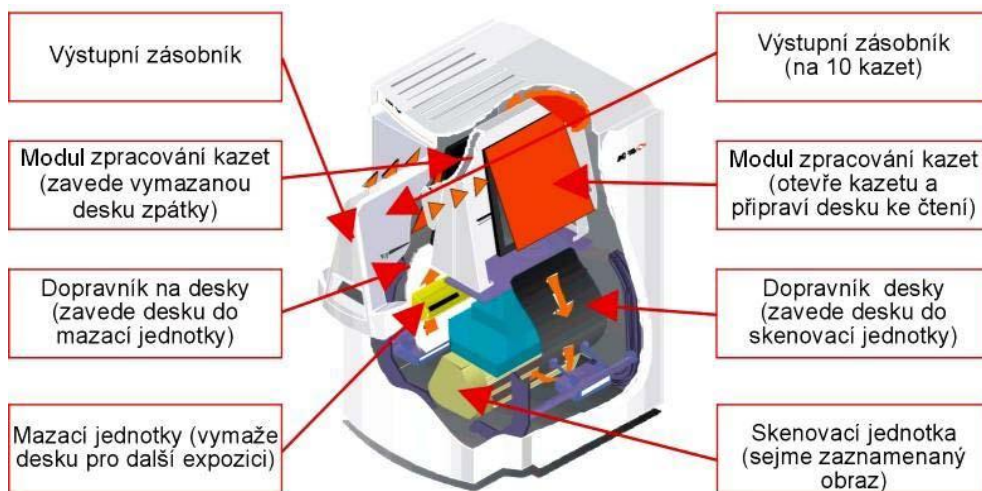
Obr.č.43, 44 Vyvolávací automat do malých provozů



Obr.č.45 Scanner na RTG filmy



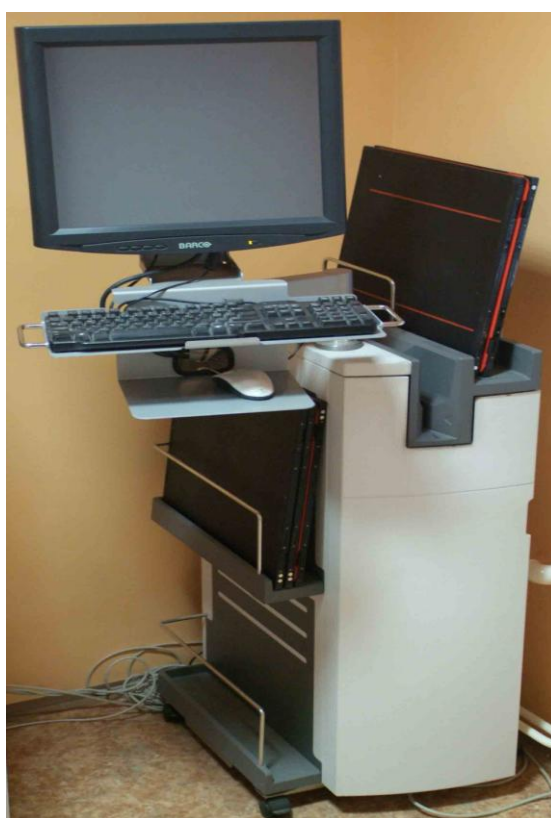
Obr.č.46 Kazeta pro CR



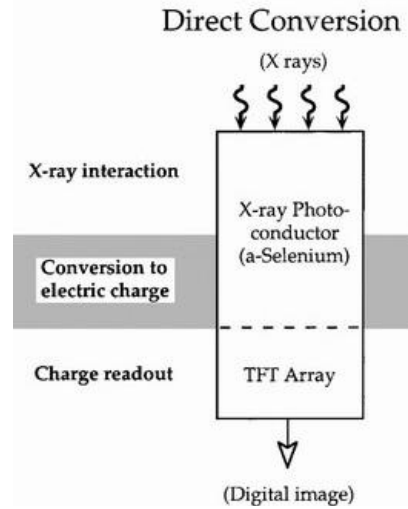
Obr.č.47 Schéma CR digitizéru



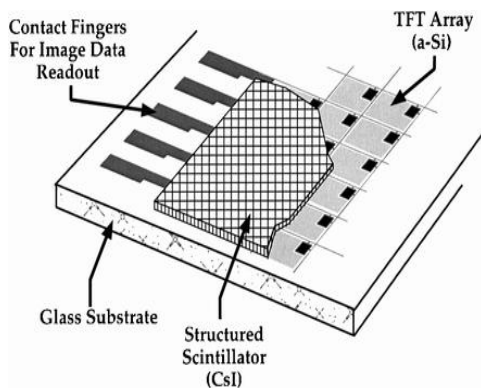
Obr.č.48, 49 Čtečka AGFA CR 85-X



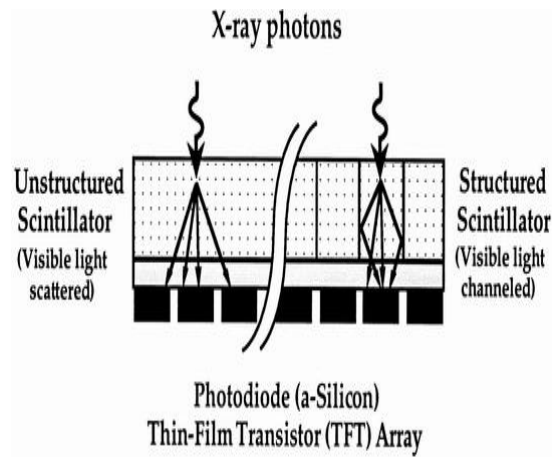
Obr.č.50 Pracovní konzole pro CR 85-X



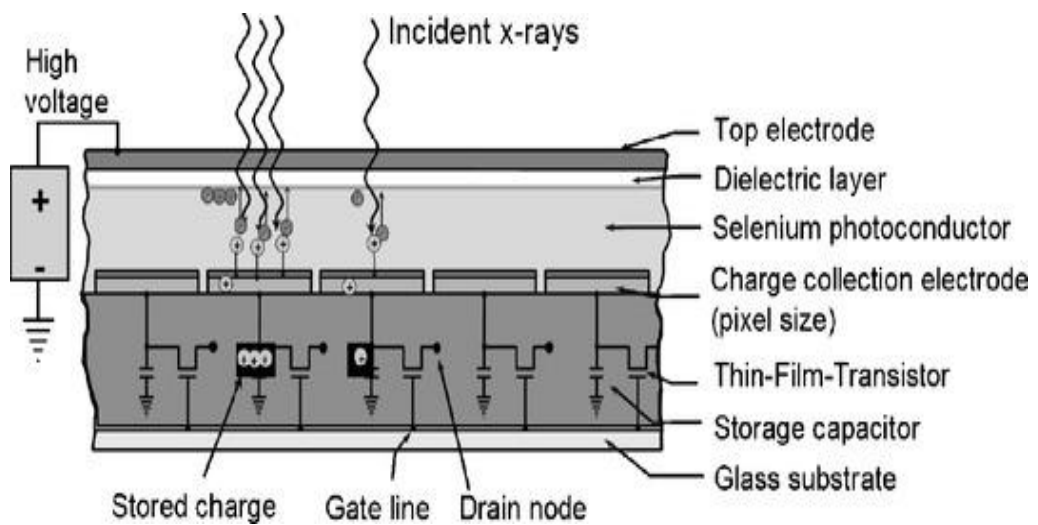
Obr.č.51, 52 A-Se flat panel pro přímou konverzi jeho princip



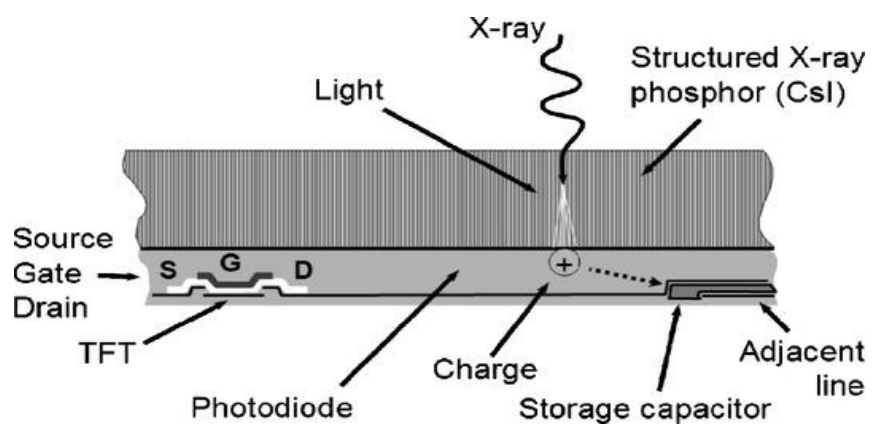
Obr.č.53 A-Si Detektor



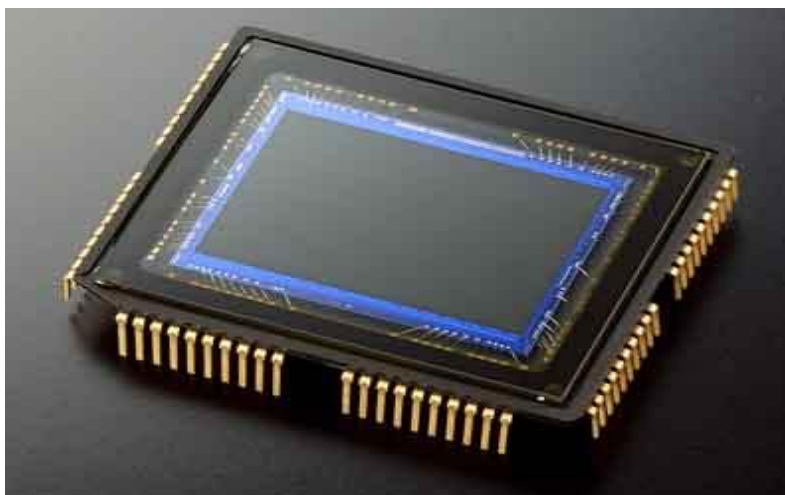
Obr.č.54 Neuspořádaný a uspořádaný scintilátor



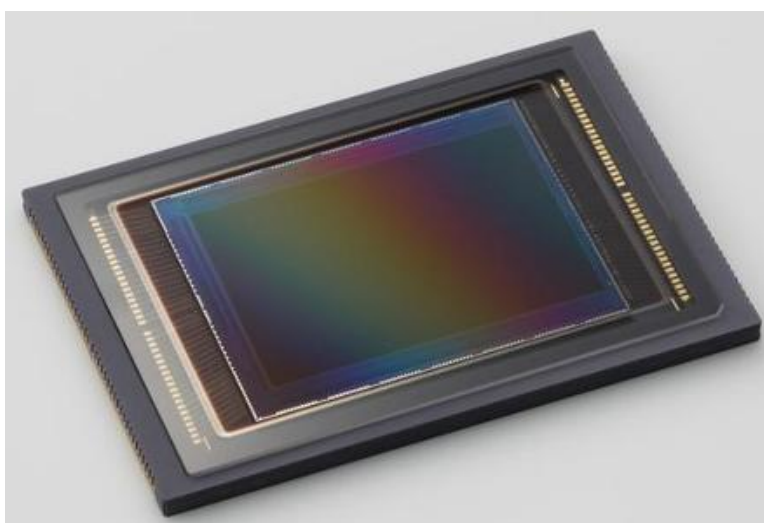
Obr.č.55 A-Se detektor



Obr.č.56 A-Si detektor



Obr.č.57 CCD čip



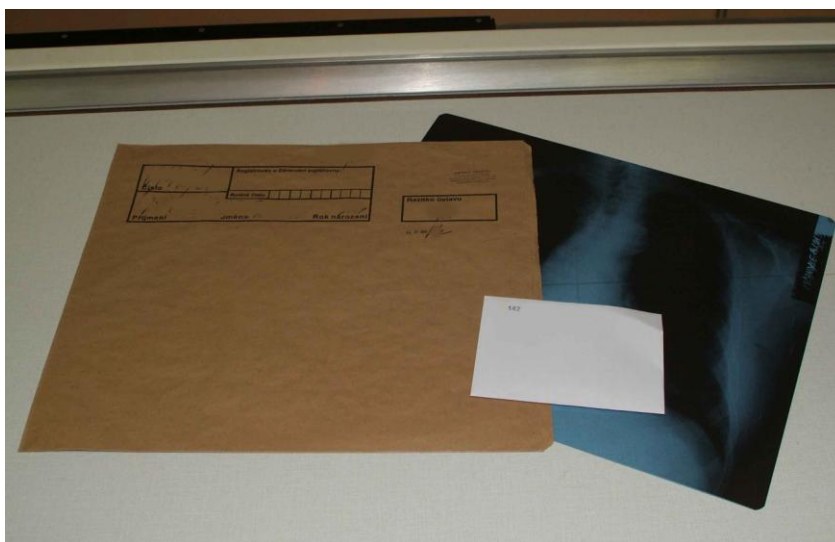
Obr.č.58 CMOS čip



Obr.č.59 Skříň na RTG obálky



Obr.č.60 Skříň na RTG obálky (detail)



Obr.č.61 RTG obálka s filmem a malou obálkou na popisy

SEZNAM ZDROJŮ OBRAZOVÉ PŘÍLOHY

Obrázky v textu

Obr.č. 1

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen_%281845--1923%29.jpg

Obr.č. 2

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Room_where_R%C3%B6ntgen_found_x-rays.jpg

Obr.č. 3

CHUDÁČEK, Z. *Radiodiagnostika*. 1.vyd. Banská Bystrica: Osveta, 1993. 440s. ISBN 80-217-0571-X

Obr.č. 4

<http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>

Obr.č. 5

<http://www.rtg.fbmi.cvut.cz/rtgobrazky/pevna.jpg>

Obr.č. 6

SVOBODA, M. *Základy techniky vyšetřování rentgenem*. 2.vyd. Praha: Avicenum, 1973. 605s. ISBN 08-013-76

Obr.č. 7

<http://labucebna.net/mod/resource/view.php?id=191>

Obr.č. 8

<http://www.google.com/patents?id=-W0bAAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&hl=cs#v=onepage&q&f=false>

Obr.č. 9

Soukromý archiv autora

Obr.č.10

<http://radiology.rsna.org/content/210/3/595/F1.expansion.html>

Obrázky v obrazové příloze

Obr.č.11

<http://cz7asm.wz.cz/fyz/obrazky/pv/crt.gif>

Obr.č.12 - 44

Soukromý archiv autora

Obr.č.45

http://www.managedmedicalimaging.com/products_Vidar-X-ray-film-digitizer-repair-Florida-Georgia.asp

Obr.č 46 - 50

Soukromý archiv autora

Obr.č.51

<http://www.twi.co.uk/technical-knowledge/published-papers/digital-radiography-is-it-for-you-july-2004/>

Obr.č.52

<http://radiology.rsna.org/content/210/3/595/F1.expansion.html>

Obr.č.53

<http://radiology.rsna.org/content/218/3/683/F1.expansion.html>

Obr.č.54

<http://radiology.rsna.org/content/210/3/595/F3.expansion.html>

Obr.č.55

http://www.springerimages.com/Images/RSS/1-10.1007_s00247-006-0208-0-6

Obr.č.56

http://www.springerimages.com/Images/MedicineAndPublicHealth/1-10.1007_s00247-006-0208-0-5

Obr.č.57

<http://www.fotoaparar.cz/image/16776>

Obr.č.58

<http://www.abclinuxu.cz/clanky/hw-novinky-canon-ukazal-cmos-snimac-se-120-mpix>

Obr.č.59 - 61

Soukromý archiv autora

