

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

PŘECHOD AMBULANTNÍHO RADIODIAGNOSTICKÉHO ZAŘÍZENÍ
Z ANALOGOVÉHO NA DIGITÁLNÍ SYSTÉM

bakalářská práce

autor: IRENA DOUCHOVÁ

vedoucí práce: Mgr. ZUZANA FREITINGER SKALICKÁ

9.května 2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Přechod ambulantního radiodiagnostického zařízení z analogového na digitální systém vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 9.5.2008

.....

podpis studenta

Poděkování:

Za pomoc při psaní této práce a za poskytnutí odborných informací patří poděkování
Mgr. Zuzaně Freitinger Skalické a ing. Zdeňkovi Adámkovi.

SUMMARY

The ambulatory radiology institution-the transition from the analog to the digital system.

This work offers general information about digitizing an outpatient radiodiagnostic department. It presents physical principles of digital imaging and the equipment that is necessary for the transition to a new technology. The introduction explains the functional principle of memory foils, digitizers and data archiving. Some attention is also paid to economic and organizational problems related to maintaining partial operation of the analogue system at a digitalized department. At the same time, some mistakes are described that can be eliminated having greater knowledge of the system of work at a digitalized department. A comparison of the amount of finance expended on chemicals, films and servicing of a developing automatic machine with operating costs after digitizing led me to a conclusion that the cost of digitizing will not return after five years by saving finance related to the analogue process. Most of the memory foils have to be replaced after four years due to their "worn-outness".

The most important benefit digitizing brings is the improvement and acceleration of the access to information, which means saving of labour time. The new technology makes it possible to shorten the time of examination helping thus in critical situations.

OBSAH

Úvod	7
1. Současný stav	8
1.1 <i>Charakteristika pracoviště</i>	8
1.2 <i>Digitální radiografie</i>	9
1.2.1 <i>Pojmy související s digitalizací</i>	9
1.2.2 <i>Digitální obraz</i>	10
1.2.3 <i>Digitizér</i>	11
1.2.4 <i>Kazety a paměťové folie</i>	12
1.2.5 <i>PACS</i>	16
1.2.6 <i>DICOM</i>	17
2. Cíle práce a hypotéza	18
2.1 <i>Cíle práce</i>	18
2.2 <i>Hypotéza</i>	18
3. Metodika	19
3.1 <i>Jak se změnila práce na digitalizovaném pracovišti</i>	19
3.2 <i>Metodika ekonomické rozvahy</i>	20
4. Výsledky	22
4.1 <i>Digitalizace ambulantního radiodiagnostického oddělení</i>	22
4.1.1 <i>Proč digitalizovat oddělení</i>	22
4.1.2 <i>Jak digitalizovat oddělení</i>	22
4.1.3 <i>Finanční náklady na pořízení digitalizace</i>	24
4.1.4 <i>Chyby při výběru komponent</i>	25
4.2 <i>Změna v práci radiologického asistenta</i>	26
4.2.1 <i>Výsledky dotazníku</i>	30
4.3 <i>Výsledky ekonomické rozvahy</i>	31
5. Diskuse	35
6. Závěr	38
7. Seznam použité literatury	39
8. Klíčová slova	41

9.	Přílohy	42
9.1	<i>Obsah DICOM</i>	
9.2	<i>Schéma digitalizace Centromed</i>	

Úvod

Záření X objevené W. C. Röntgenem a jeho diagnostické a terapeutické využití znamenaly vznik oboru radiologie. V průběhu prvních padesáti let tohoto oboru byly vyvinuty výkonné rentgenové přístroje pro základní radiodiagnostické metody. Současně se začaly rozvíjet kontrastní vyšetřovací metody pro zobrazení jednotlivých orgánů a systémů lidského těla. Mocným podnětem k rozvoji moderních diagnostických metod bylo zavedení počítačů, použitých v radiodiagnostické praxi poprvé v roce 1973 ve výpočetním tomografu. Od té doby se mění radiodiagnostika prudkým tempem a zavádějí se v ní postupy nové, před dvěma desetiletími vůbec netušené. Společný jmenovatel – výpočetní technika. Ta umožňuje nejen prohloubení a zkvalitnění diagnostické práce, ale usnadňuje také administrativně komunikační funkce oddělení. Zrychluje tím jeho chod, zvyšuje dostupnost informací a dosahuje úspory kvalifikovaných sil. Netrvalo dlouho a do klinického provozu se dostala i radiologie, kde je digitalizován klasický rentgenový snímek. Právě digitální radiodiagnostika udělala v posledních letech velký pokrok. S rozvojem přímé radiografie se nepřímá radiografie v České republice stává s postupem času standardem na mnoha snímkovnách. Na pracovištích, kde donedávna fungoval klasický filmový provoz a pracovními nástroji byly snímky a negatoskopy, došlo k zásadním změnám. Radiodiagnostické oddělení společnosti Centromed prošlo touto změnou v roce 2004. Zavedení nové technologie s sebou přineslo nové možnosti, výhody ale i problémy. Tato práce podává rámcovou informaci o této změně.

1. Současný stav dané problematiky

1.1 Charakteristika pracoviště

Centromed a. s. je od července 1996 nestátní ambulantní zařízení zajišťující zdravotní péči v téměř všech oborech medicíny. V objektu je velké množství ambulantních specialistů, kteří nejsou zaměstnanci společnosti, ale mají své ordinace v nájmu.

Součástí radiodiagnostického oddělení (RDO) je detašované rentgenové pracoviště plicního oddělení Lerymed. Na oddělení jsou instalovány 2 skiagrafické komplety GE Proteus, 1 skiaskopická stěna GE Prestige, 3 ultrazvukové přístroje Toshiba, 2 přístroje OP 100 pro panoramatické zubní snímky (1 s ramenem pro tvorbu telerentgenů). Plicní oddělení provádí své snímky také na skiagrafickém kompletu GE Proteus.

Ročně se na oddělení provede v dlouhodobém průměru (od roku 2001) 100 000 vyšetření. Z toho skiagrafie tvoří 60 %, sonografická vyšetření 10 %, panoramatické snímky 11 %, skiaskopická vyšetření do 1 %, snímky plic 18 %.

Ambulantní zařízení se již několik let chystalo k zásadní obměně zastaralého přístrojového vybavení RDO. Vzhledem k finanční náročnosti však definitivním impulsem byl až přelom roku 2003/2004. Stávající technika již přestala splňovat požadavky zákona č. 18/ 1997 Sb. Tehdy začaly přípravy na razantní změnu. Vzhledem k tomu, že nestačily provozu ani stávající prostory, bylo vybudováno v suterénu budovy oddělení nové. Byl vypracován projekt na stavební úpravy a vypsána výběrová řízení na technologii. Vedení společnosti rozhodlo, vzhledem k rychlému rozvoji digitální technologie, oddělení digitalizovat. Nové radiodiagnostické oddělení zahájilo svůj provoz 1. 8. 2004. V té době jsme byli největší ambulantní zařízení v ČR, které se k tomuto kroku rozhodlo. Oddělení bylo digitalizováno, avšak s částečně zachovaným analogovým provozem. Nevýhody, které s tímto krokem souvisí budou popsány v ekonomické části této práce. V únoru 2007 bylo plně digitalizováno i oddělení plicní. Vzhledem k tomu, že se zvyšuje zájem stomatologů o digitální snímky, po zakoupení nového přístroje budeme touto technologií provádět také panoramatické snímky a telerentgeny. V plánu rozvoje oddělení je s tím počítáno do 2 let. Pouze ultrazvuk tak zatím zůstane modalitou, která není DICOM (standardní komunikační protokol pro přenos snímků mezi modalitami, archivy

a pracovními stanicemi) kompatibilní.

1.2. Digitální radiografie

Digitální radiografie vychází z vytváření obrazové dokumentace na digitálním podkladu. Jde o převod skutečnosti do číslicové podoby, se kterou dále pracuje počítač. A to cestou přímé (direct radiography) nebo nepřímé (computed radiography) radiografie.

Při přímé radiografii je záření registrováno maticí detektorů, které jej přímo převádějí na elektrický signál. Ten je v digitální podobě registrován počítačem.

Pro účely této práce se budu dále zabývat CR technologií.

Základní principy výpočetní (nepřímé) radiografie jsou stejné jako při snímkování. Rozdíl je v zachycení a zviditelnění prošlého záření. Nejčastěji jsou dnes používány “fosforové” folie, které jsou uloženy v podobných kazetách jako rentgenové filmy a podobně se s nimi i zachází. Princip registrace dopadajícího záření spočívá ve stimulaci fosforové vrstvy, z níž je poté obrazová informace získána skenováním folie laserem po jednotlivých bodech. Tím je latentní obraz folie převeden v digitální podobě do počítače, kde je možné jej dále upravovat, prohlížet a archivovat.

Výhodami digitální radiografie proti snímkování na film je vyšší kvalita získaných obrazů, možnost následné úpravy obrazu (např. zvýraznění dominantních částí obrazu, úprava jasů, kontrastu, zvětšení, zvýraznění rozhraní...), archivace snímků v digitální podobě s možností je opakovaně vytisknout, v elektronické podobě posílat na jiná oddělení nebo do jiných nemocnic(přes intranet, internet). Z procesu je vyloučen vyvolávací automat, s ním spojená práce s chemikáliemi a zajištění jejich ekologické likvidace. Tím se zmenšuje i náročnost na velikost prostor pro RDO oddělení.

Nevýhodou je stále vysoká pořizovací cena.

1.2.1 Pojmy související s digitalizací

-digitální obraz

-kazety a paměťové folie

- digitizér (čtečka paměťových folií)
- PACS
- DICOM

1.2.2 Digitální obraz

Nejjednodušší digitální obraz si můžeme představit jako velkou šachovnici, jejíž každé pole má jiný stupeň zčernání a při pohledu z větší výšky pak tato pole vytváří určitý ucelený obraz. Jednotlivá pole představují základní prvky obrazu-pixely-body. Stupeň jejich zčernání je dán škálou stupňů šedi, neboli různými stupni jasu na monitoru. Čím větší je obrazová matice, tím menší je základní obrazový prvek a je tedy i věrnější a lepší reprodukce původního obrazu.

Chceme-li digitalizovat nějakou neelektrickou veličinu, je třeba ji nejprve převést na elektrické napětí. Dalším krokem je převod získaného elektrického signálu do digitální podoby. Znamená to, že spojitý, analogový signál je třeba převést do podoby konečného počtu čísel. Převod má na starost analogově-digitální převodník. Přejít od spojitého obrazu k diskrétnímu se nazývá digitalizace a odehrává se ve dvou krocích, kterými jsou kvantování a vzorkování. Obor hodnot obrazové funkce se rozdělí na intervaly, jimž je pak přidělena jediná, zástupná hodnota. Při kvantování dochází ke ztrátě informace. Množina hodnot je nahrazena jedinou hodnotou- tzv. kvantizační chyba. Projevuje se jako náhlý skok v jasu a působí rušivě. Vzorkováním spojitě funkce rozumíme zaznamenávání hodnot v předem daných intervalech. Zde také dochází ke ztrátě informace. Proběhne-li rychlá změna mezi dvěma vzorky, nic se o ní nedozvíme. Čím větší bude počet vzorků a tím i vyšší vzorkovací frekvence, bude v našem případě lepší rozlišení obrazu. Obraz však zabere více místa v paměti počítače. V praxi takový převod znamená, že obraz, nabývající původně nekonečného množství hodnot, rozložíme do konečného množství obrazových bodů (pixelů), přičemž každý z těchto bodů nabývá konečného počtu hodnot. Výsledkem je matice čísel, popisujících obraz. Poloha obrazového bodu v matici představuje geometrickou reprezentaci původního obrazu a hodnota, jež je mu přiřazena reprezentuje jasovou složku.

Rozlišovací schopnost závisí na zdroji a detektoru. Prostorová rozlišovací schopnost (PRS) je určena rozlišením na osách X a Y, stupně šedi si můžeme představit na ose Z, tzn. jako hloubku obrazu. PRS také závisí na poměru zobrazovaného pole a použité matici. Projeví se neostrostí v případě, kdy je velikost pixelu výrazně větší než PRS na původním obraze. U drobných a jemných struktur může dojít k jejich splývání nebo se struktury vůbec nezobrazí. Rozlišení kontrastu závisí na přiřazení počtu stupňů šedi jednotlivému obrazovému elementu - pixelu. Lidské oko je schopno rozlišit okolo 20 stupňů šedi. U digitálního obrazu se používá 10 - 16 bitů, což je 1024 - 65536 hodnot šedi. Tady se uplatňuje výhoda digitálního obrazu - možnost následného zpracování. Možnost změny dynamiky stupňů šedi často poskytuje velký diagnostický přínos a dovolí dobře navzájem odlišit objekty o malém rozdílu kontrastů. (5, 19)

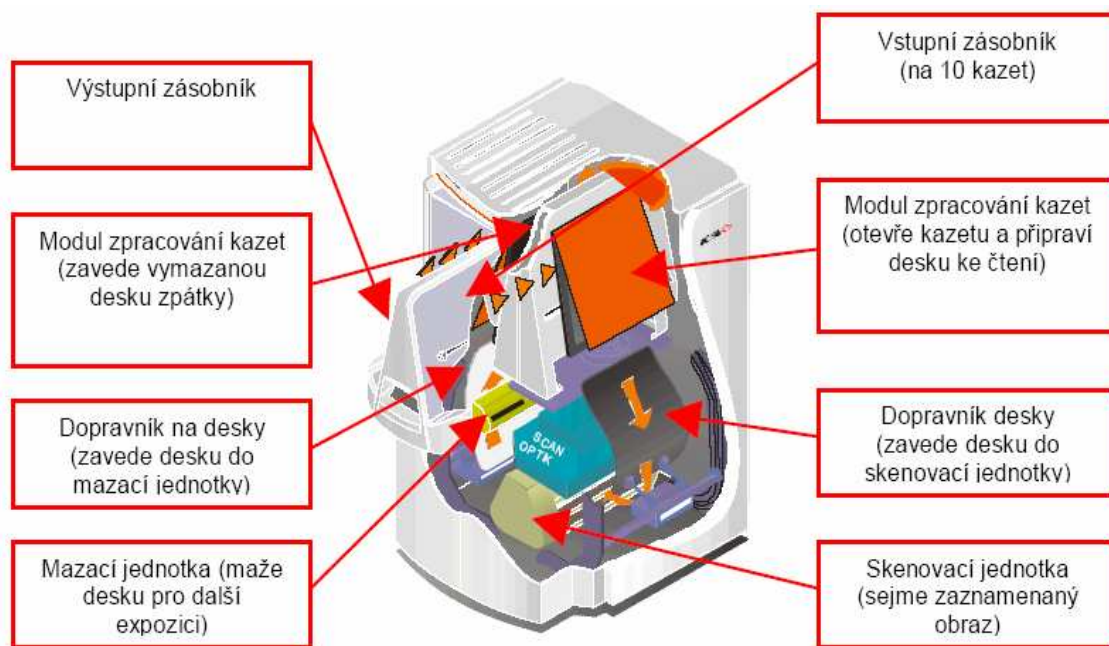
1.2.3 Digitizér

Zařízení, kde se pomocí laserového paprsku převede latentní obraz z paměťové folie na světelný signál. Na povrch folie, jež se pomalu posouvá čtecím zařízením je soustavou optiky naváděn laserový paprsek. Postupně tak řádek po řádku osvětí celý povrch folie. Současně s tím je zachytáváno světlo, které vydává laserem vybuzený luminofor na povrchu folie. Obdržené světlo je zesilováno ve fotonásobiči. Analogový signál z fotonásobiče je vzorkován a digitalizován A/D převodníkem. Vzniká „hrubý“ obraz, který je upraven podle křivky dané pro vyšetřovanou oblast (řízeno softwarově). Snímek je pak zobrazen na monitoru. Po skenování laserovým paprskem se musí folie „vymazat“ velmi intenzivním osvětlením a tím je připravena k nové expozici.

Proti RTG filmu je u paměťové folie obrazový záznam lineární v celé škále densit. Počet stupňů šedi je minimálně 1024, u film-foliové kombinace 100 - 200. (3)

Laser bývá helium - neonový s červeným paprskem. Toto červené světlo postupně vybíjí jednotlivé „pasti“ a stimuluje novou emisi a to např. v modrém pásmu. Teprve signály z modré emise směřují do fotonásobiče. Vlnová délka laserového paprsku je 633 nm. Průměr paprsku 100 mikronů.

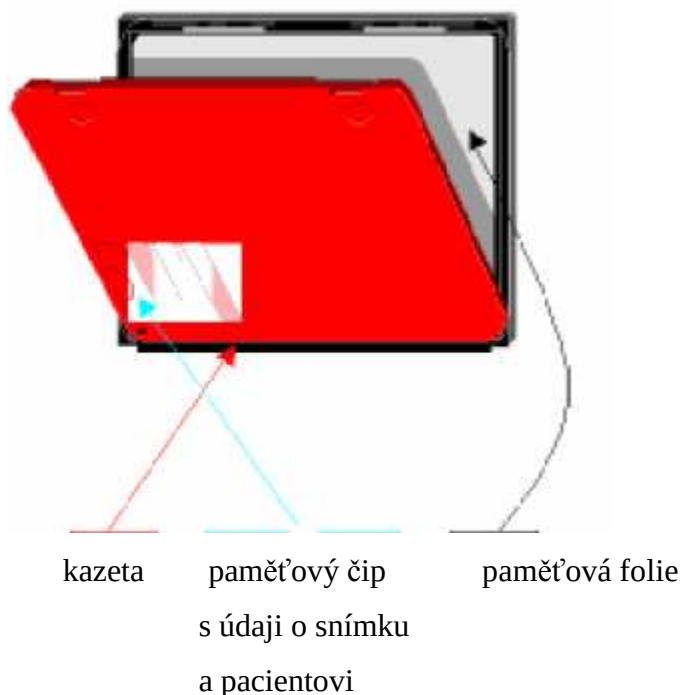
Laser u CR technologie slouží k vybuzení, nikoliv ke čtení folie.



Obrázek 1 schéma čtecího zařízení (3)

1.2.4 Kazety a paměťové folie

Kazety pro CR technologii jsou téměř identické s kazetami pro technologii film-folie co se výběru rozměrů týká. Místo zesilovacích folií a filmu je v kazetě vložena pouze paměťová folie. Okénko určené původně pro signofot je nahrazeno paměťovým čipem. Pomocí označovače kazet (ID tablet) se vkládají na čip demografické údaje o pacientovi a informace o vyšetření. Vnitřní povrch kazet je vyroben z polykarbonátu Makrolon firmy Bayer. Tento materiál zajišťuje vysoký stupeň ochrany proti elektrostatickému výboji a hromadění prachu na paměťových fóliích. I přesto se fólie doporučuje jednou měsíčně čistit přípravkem určeným výrobcem. (1)



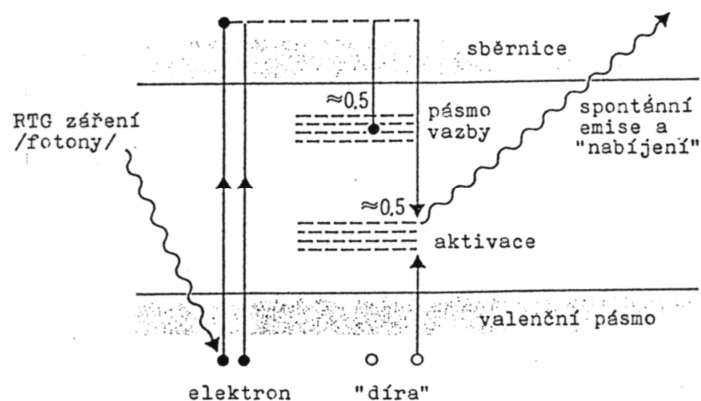
Obrázek 2 kazeta s paměťovou folií (3)

Na rozdíl od zesilovací folie ve film-foliové kombinaci, kde dávka RTG záření iniciuje v zesilovací folii okamžitou spontánní světelnou emisi, která osvítí film, zůstává u paměťové folie po expozici latentní RTG obraz v energetické formě ve vazebné vrstvě („pasti“) uvnitř folie. Ještě dvě hodiny po expozici je dochováno přibližně 80% energie nahromaděné při expozici. Retence snímku je vyšší než 50% do 24 hodin po ozáření. Paměťová folie absorbuje expozici RTG zářením a „zapamatuje si“ obrazovou informaci jako energetický (elektronový) reliéf (latentní rtg obraz). Paměťová folie je složena /vyrobena/ z různých typů rentgenovým zářením stimulačního fosforového materiálu, např. dotované Europium baryemfluorochloridem (BaFCl). Paměťová vlastnost spočívá v tom, že v krystalické mřížce luminiscenčního materiálu se vytvoří pod vlivem dopadajícího RTG záření jakési pásmo zadržení (pasti), kde elektronové náboje svou rozdílnou hustotou vytvoří energetický reliéf latentního obrazu, který je časově poměrně stabilní, takže se po expozici může kazeta s paměťovou folií bez pro-

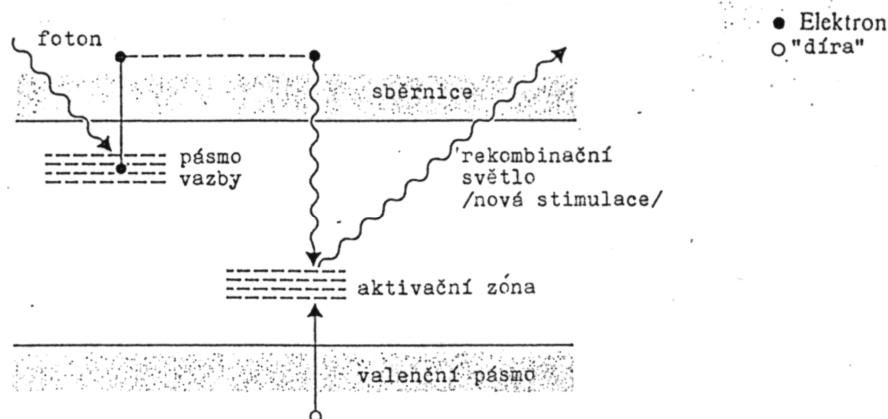
blémů přenést do čtecího zařízení.

Luminiscenční spektrum odpovídá typické luminiscenci Eu^{2+} , která se pohybuje kolem 390 nm v mřížce typu BaFBr. Horní část spektra luminiscence je v důsledku začlenění jodidu mírně posunuta směrem k delším vlnovým délkám.

Stimulační spektrum je mnohem širší než je tomu u čistého BaFBr a je posunuto směrem k delším vlnovým délkám. Tento posun je způsobený částečným nahrazením Stroncía za Baryum a začleněním jodidu. Díky posunu červené ve stimulačním spektru je maximální stimulační schopnost zajištěna při 633 nm vlnové délky stimulačního laseru. (1, 14)



Obrázek 3 Nabíjení paměťové folie RTG zářením (14)



Obrázek 4 Optické vyčítání /vybíjení/ obrazové informace z paměťové folie prostřednictvím stimulované luminiscence (14)

V současné době stále není známa odpověď na otázku: Jak dlouho paměťová folie vydrží. Někteří výrobci uvádí 10 000 expozic, jiní až 30 000. A to je při poměrně vysoké ceně jedné folie velký rozdíl.

Výrobci ve svých doporučeních k užívání fólií upozorňují na jejich citlivost k radiaci z pozadí (tzv. zbloudilá radiace). Vliv pozadí se může projevit po 3 dnech nepoužívání. V takovém případě je nutné paměťovou folii před použitím v digitizéru „vymazat“. Stejně tak, byla-li folie vystavena mimořádně silné dávce rentgenového záření. V tomto případě mohou hlubší vrstvy paměťové folie i po standardním vymazání stále zadržovat latentní snímek. (1)

Pro běžný skiagrafický provoz vystačí pracoviště s následujícími formáty fólií: 35 x 43 cm, 21 x 43 cm (dílčí scan na 35 x 43 - vhodné pro snímkování páteří), 24 x 30 cm, 18 x 24 cm a 15 x 30 cm (pro zhotovení panoramatických snímků).

1.2.5 PACS

Termín PACS, neboli Picture Archiving and Communication System, lze volně přeložit jako systém pro přenos a archivaci obrazových dat. Medicínsky významné údaje o pacientovi a jeho vyšetřeních mohou mít formu klasických textových i obrazových dat, tedy výstupních snímků z tzv. obrazových modalit. Systémy PACS představují v současné době pokus o integraci všech těchto údajů do formy, zajišťující jednotný přístup ke všem informacím, nezávisle na jejich konkrétním tvaru, datu a místě jejich pořízení. Činnost systému PACS je založena na práci s digitalizovanými obrazovými daty, které můžeme rozdělit do několika základních skupin:

1. akvizice (pořízení) obrazu
2. zpracování digitalizovaných dat
3. uložení digitalizovaných dat (archivace)
4. přenos obrazových dat
5. výstup (zobrazení) dat

Digitalizovaná data lze získat digitalizací snímků z paměťových fólií, z výstupního signálu sonografického přístroje nebo digitalizací stávajících filmových rentgenových snímků. Cílem zpracování digitalizovaných dat je především korekce systematických chyb snímacího zařízení a procesu digitalizace. Zde se provádějí např. operace pro snížení šumu, zostření hran, úpravy jasové křivky a změny geometrických rozměrů. Archiv je řešen jako samostatné zařízení, řízené např. pracovní stanicí, která provádí úpravy ukládaných a vybíraných dat a řídí manipulace s daty. Podstatnými vlastnostmi archivu jsou jeho kapacita (množství uchovatelných dat), rychlost vybavení dat a bezpečnost jejich uložení (aby nedocházelo k jejich změnám či degradaci při dlouhotrvajícím uložení). Všechna archivační zařízení používají bezztrátovou kompresi dat a jsou plně slučitelná s DICOM.

PACS má přes své velké výhody také nevýhody. K nim patří závislost na složitém hardware a software vybavení, relativně složitá obsluha a údržba systému, nutnost zabezpečení dat, vysoké pořizovací náklady (řádově v milionech korun) a dostupnost správce PACS při poruše systému. (9)

1.2.6 DICOM

Standard DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) byl vyvinut v National Electrical Manufacturers Association (NEMA) pro distribuci a zobrazování medicínálních snímků (RTG, CT, MRI, US atd.). Kompletní standard je k dispozici na <ftp://medical.nema.org/medical/Dicom/>

Soubor DICOM obsahuje hlavičku (header), která obsahuje informace o pacientovi, druhu snímku, velikosti obrazu atd. a obrazová data, která mohou obsahovat informace ve 3 rozměrech. Společné uložení obrazových a identifikačních údajů prakticky odstraňuje možnost jejich vzájemné záměny nebo ztráty.

První část hlavičky obsahuje formátovací informace, rozměry a textové informace ke snímku. Velikost hlavičky závisí na tom, kolik informací je zde uloženo. Obrazová data jsou umístěna za hlavičkou a jsou uložena ve stejném souboru.

Protokol DICOM zajišťuje standard pro přenos snímků a s nimi souvisejících údajů mezi modalitami, archivy a pracovními stanicemi. Optimální propojení je zajištěno stanovením jednotného „jazyka“ definováním požadavků na shodu a v příslušných případech použitím stávajících mezinárodních norem. DICOM navíc umožňuje síťové operace, aniž by bylo zapotřebí instalovat rozsáhlý hardware. Svou přizpůsobivostí při zapojování nových systémů tak zvyšuje pravděpodobnost stále častějšího využití v medicíně. (3)

2. Cíle práce a hypotéza

2.1 Cíle práce

1. Seznámit budoucí uživatele digitálních systémů s přístrojovou technikou, digitálním obrazem, archivací dat.
2. Upozornit na chyby při výběru techniky.
3. Srovnat ekonomické náklady při analogovém a digitálním provozu.

2.2 Hypotéza

Z ekonomického hlediska je digitalizace investic, která se v období 5-ti let nezaplatí.

3. Metodika

3.1 Jak se změnila práce na digitalizovaném pracovišti

Tuto problematiku jsem zpracovávala na základě odpovědí, získaných po vrácení dotazníku z jednotlivých pracovišť. Osloveno bylo 10 ambulantních pracovišť (TRN Ústí nad Labem, lázně Aurora Třeboň, TRN Brandýs nad Labem, Bioregena Praha 9, plicní oddělení Benešov, Ústav leteckého zdravotnictví Praha, Sdružené zdravotnické zařízení Jižní Město Praha 4, poliklinika Olomouc, plicní oddělení Lovosice, poliklinika Praha-Prosek) a radiologičtí asistenti z Centromedu. Dotazníků nebylo vyplněno 10, ale 30 a to z důvodu rozdílného názoru asistentů z jednoho pracoviště při odpovědích zejména na otázky číslo 2, 9, 10, 11. Výsledky jsou zpracovány procentuálně (*kapitola 4.2.1*) a shrnuty (*kapitola 4.2*) tak, aby bylo zřejmé, k jakým pracovním změnám na digitalizovaných pracovištích došlo.

Tabulka 1**DOTAZNÍK**

1.	Zrychlila se práce s CR systémem	ANO-NE
2.	Platí, že po zavedení CR systému zmizely špatné snímky	ANO-NE
3.	Snížili jste u vás počet pracovních sil po zavedení CR	ANO-NE
4.	Zaznamenali jste zvýšený zájem o vaše pracoviště po zavedení CR	ANO-NE
5.	Používáte již výhradně elektronický archiv rentgenových snímků a nálezů	ANO-NE
6.	Zmenšil se u vás počet pacientů půjčujících si svou obrazovou dokumentaci	ANO-NE
7.	Využili jste prostory po temné komoře a archivu	ANO-NE
8.	Zachovali jste u vás analogový provoz (v případě ANO-proč)	ANO-NE
9.	Chápete systém přenosu dat v NIS, RIS, PACS	ANO-NE
10.	Byli jste podrobně seznámeni s jednotlivými komponenty digitalizace a jejich principy	ANO-NE
11.	Shledali jste na vašem pracovišti nevýhody CR (v případě ANO-jaké)	ANO-NE
12.	Kdo u vás pocítil více změnu v organizaci práce (radiologičtí asistenti-RA, administrativní síly-AS)	RA-AS
13.	Které z výhod CR využíváte nejvíce	
14.	Kolik skiagrafických vyšetření na vašem pracovišti ročně provedete	
15.	Vypište modality vašeho pracoviště připojené k PACS	

3.2 Metodika ekonomické rozvahy

Pro srovnání nákladů analogového a digitálního provozu jsem použila data z oddělení a ceník firem, dodávajících na oddělení filmy a chemikálie. V případě analogového provozu to byla data týkající se počtu zakoupených rentgenových filmů různých formátů a množství spotřebovaných vyvolávacích substancí (zvlášť pro RDO a oddělení plicní). Na základě ceníku firmy jsem potom vypočetla částku, která byla řádově na filmy a chemikálie vydána v rozmezí let 2001-2007 (každý rok zvlášť). Dále zjistila jsem si ce-

nu, která byla ročně vyplácena za servis vyvolávacího automatu a za nákup obálek na rentgenové snímky.

Pro zjištění návratnosti investice do digitálního provozu bylo nutné získat informace o ceně jednotlivých, k digitalizaci nutných komponent, sečíst a zjistit tak řádově pořizovací cenu nové technologie. Vzhledem k tomu, že byl na našem pracovišti zachován i nadále provoz analogový (dentální snímky dodnes, skiografie do konce roku 2007), musela jsem počítat v období digitalizace k ročním nákladům nejen položku „servis digitalizace“, ale i náklady na filmy, chemikálie, servis vyvolávacího automatu a archivační obálky. Nebylo proto možné počítat s žádnými úsporami za prostory temné komory a archivu, které byly zachovány. Porovnala jsem následně průměrné roční náklady analogového provozu, současného kombinovaného provozu a hypotetického zcela digitálního provozu. Z rozdílu finančních nákladů následně vypočítala zda se investice do digitalizace za období 5-ti let zaplatí.

4. Výsledky

4.1 Digitalizace ambulantního radiodiagnostického oddělení

4.1.1 Proč digitalizovat

Digitální technika slibuje hospodárnost v mnoha ohledech. Snímky jsou prezentovány a hodnoceny z monitoru a proto se pracoviště obejde bez filmů a chemikálií. Když se filmy a chemikálie přestanou používat je redukováno zatěžování životního prostředí a předpokládají se velké finanční úspory dosud vynakládané na pořízení a zpracování filmového materiálu. Odpadají problémy s odpadem – jak se škodlivými chemikáliemi, tak s filmy. Pracovní prostředí a podmínky se po eliminaci filmového provozu zlepšují. Může se tím snížit i výskyt nemocí z povolání. Digitální systém na RDO se také vyznačuje větší bezpečností a výrazně tím snižuje riziko selhání lidského faktoru. Systémy se starají o to, aby se informace dostala na správné místo a neztratila se během putování po odděleních. Nálezy a snímky cestovaly často po nedefinovatelných cestách, byly posílány poštou a tím často došlo k jejich ztrátě. Digitální systémy tomu zabraňují. Díky přísným pravidlům týkajících se přístupu k informacím a autentičnosti snímků, má pouze autorizovaný personál přístup k informacím a je oprávněn s nimi pracovat. (11)

4.1.2 Jak digitalizovat oddělení

Musíme se nejdříve rozhodnout, zda zvolíme přímou (digital radiography) nebo nepřímou (computed radiography) digitalizaci. U nás byla zvolena varianta druhá - tj. digitalizace nepřímá (CR). Důvody byly pouze finanční. Finance potřebné pro zavedení přímé digitalizace jsou totiž stále dvojnásobné. Při výběru firmy, která se technologické změny na oddělení ujme, je nutné pamatovat na problém spojený s propojením případné stávající počítačové sítě a PACS. Pokud budeme kombinovat komponenty od několika firem, musí být systémy kompatibilní. Firem zabývajících se instalací PACS (Picture Archiving and Communication System) a digitálních systémů je na trhu velké množství.

Jsou to většinou firmy, které se věnovaly v minulosti provozu filmového. Některé nabízejí kompletní digitalizaci oddělení, jiné pouze část přístrojového vybavení.

Velkou výhodou při zavádění CR systémů je možnost zachování stávajících skiagrafických kompletů (pokud nás k tomu nenutí již nevyhovující parametry). Výběr komponent, které je nutné při digitalizaci oddělení pořídit se bude řídit zejména množstvím provedených skiagrafických výkonů a architektonickým řešením oddělení.

Potřebovat budeme kazety s paměťovými fóliemi, zařízení pro označení kazet, čtečku paměťových folií (digitizér), diagnostické konsoly, tiskárnu, server pro ukládání pořízených dat a technika, který se stará o počítačovou síť. I přesto, že firmy dle požadavků oddělení spočítají kolik daných komponent bude vhodné koupit, vyplatí se navštívit obdobné zařízení a konzultovat s nimi jejich zkušenosti. Lze tak ušetřit nemalé finanční prostředky a zefektivnit práci na oddělení.

Jednotlivá oddělení našeho ambulantního zařízení byla již před digitalizací RDO propojena počítačovou sítí programem GreyFox. Tento plní v našem případě funkci NIS. Nepokrývá jenom pracoviště jednoho, např. ambulantního typu, ale poskytuje informační podporu dalším odborným či administrativním jednotkám. Při zavedení digitálního provozu bylo nutné upravit NIS tak, aby komunikoval s MiniPACS IMPAX. Ze strany NIS šlo o informace o pacientech, plánovaných vyšetřeních a o výsledky vyšetření. Systém IMPAX digitálně uchovává obrazovou dokumentaci pořizovanou při skiagrafických, skiaskopických vyšetřeních a při snímkování plic na plicním oddělení. Pro NIS potom poskytuje informace o pořizené obrazové dokumentaci. Pro realizaci tohoto spojení byla použita technologie socketů – přímého spojení stanic v sítích TCP/IP. Pro přenos dat byl použit mezinárodní komunikační standard HL7 MLLP ve verzi 2.3. Komunikace zahrnuje posílání worklistů na modality, sledování pohybu pacienta v průběhu vyšetření, poskytování popisů k provedeným vyšetřením a průběžnou aktualizaci poskytnutých informací. (4)

Špatná komunikace NIS a PACS je častým problémem digitalizovaných pracovišť a hodně zneprůjemňuje práci, neboť informace převáděné z NIS do RIS se musí v době výpadku vypisovat ručně na klientských stanicích a po dobu výpadku nejsou ostatním oddělením k dispozici. Zvyšuje se tak riziko špatného zadání informací o pacientovi a

výrazně se prodlužuje doba pacienta na vyšetřovně. Proto je vhodné vyřešit komunikaci dvou systémů ještě před uvedením digitalizace do provozu.

V ordinacích klinických lékařů je obrazová dokumentace přístupná přes webové rozhraní. Do systému má lékař přístup pouze na základě povoleného přihlášení - nelze tedy systém zneužít.

4.1.3 Finanční náklady na pořízení digitalizace

Investice do digitalizace RDO v roce 2004 dosáhla částky přes 15 miliónů korun. Za tuto částku byly pořízeny následující komponenty:

- kazety s paměťovými fóliemi (36 kusů)
- 2 digitizéry ADC SOLO
- 2 klientské stanice s ID tabletem (označovač kazet)
- server pro ukládání dat
- Mini PACS IMPAX
- 3 diagnostické stanice s monitory firmy EIZO
- Drystar 3000 („suchá tiskárna“)
- skener rentgenových filmů VIDAR SIERRA PLUS

Při digitalizaci jedné vyšetřovny plicního rtg oddělení (02/2007) jsme vystačili již s částkou do 1,5 miliónu korun (připojení k vybudovanému PACS na RDO v roce 2004) za kazety s paměťovými foliemi, diagnostickou stanici a klientskou stanici NX. Na plicní oddělení byl přemístěn 1 digitizér ADC SOLO a pro potřeby RDO byl zakoupen CR-85 X (cena se pohybuje kolem 1,7 miliónu korun).

Náklady na digitalizaci byly z důvodu zachování částečného analogového provozu navýšeny o částku potřebnou na pořízení nového vyvolávacího automatu (260 000 Kč) a skeneru rentgenových filmů s počítačem a softwarem (cca 500 000 Kč). Analogový provoz byl zachován z obav, že někteří lékaři budou posílat své pacienty na jiné radio-diagnostické pracoviště. Vzhledem k rychlému rozvoji digitálních technologií ve všech oborech lidských činností, byl tento krok velmi neuvážený.

V kapitole 4.3 této práce jsou graficky znázorněny a porovnány náklady na analogový provoz, samostatný digitální provoz a provoz kombinovaný.

4.1.4 Chyby při výběru komponent

Při výběru komponent bylo několikrát chybováno. Nevhodné bylo zakoupení dvou jednoštěbinových digitizérů. To znamenalo, že asistent musel stát u přístroje a čekal až kazeta ze čtečky vyjede, aby mohl dát další ke zpracování (práce podobná vkládání filmů do vyvolávacího automatu). Kazety se hromadily a v pracovní špičce se často stalo, že nebyly volné kazety ke snímkování. Tento druh podavače se hodí pouze pro decentralizovaná pracoviště. Při digitalizaci plicního oddělení byl proto jeden přemístěn na toto pracoviště. Druhý ADC SOLO bude využit pro pracoviště dentální radiografie. Nový CR 85-X eliminuje čekací doby a umožňuje plynulý chod v rámci oddělení. Automatická manipulace s kazetami, bez nutnosti vnějšího zásahu uživatele činí tento druh vysoce produktivním. Do zásobníku se vejde 10 kazet. Porovnáme-li výkon obou typů, je výsledek 71:115 kazetám za hodinu (podle velikosti kazety) ve prospěch CR 85-X. Tento typ je výhodnější i z hlediska hlučnosti. V našem silném provozu je dostačující pro práci dvou skiagrafických pracovišť. Systémy jsou téměř bezporuchové – výjimečně se zasekne fólie. Průměrně zručný RA zvládne fólii vyndat bez jejího poškození.

Zakoupené „klientské stanice“ RDO nemohou být obsluhovány pomocí dotykové obrazovky (plicní oddělení již ano), software mají pouze v anglickém jazyce, není možnost vypalovat zde CD s obrazovou dokumentací pacienta (možné pouze na diagnostických stanicích, kde vyrušujeme lékaře od popisování snímků) a nelze upravovat ostatní snímky v době, kdy na monitor přichází další snímek z digitizéru. Pokud bychom tento problém chtěli v současné době řešit, museli bychom požádat o upgrade s investicí téměř 500 000 Kč.

Neméně vhodné bylo zakoupení „suché“ tiskárny Drystar, která nemá možnost volby dvou formátů fólií pro tisk - vzhledem k ceně jedné fólie (okolo 80 Kč) a bodovému ohodnocení skiagrafických výkonů. Vytisknutí např. snímku nohy (cena za výkon od pojišťovny do 200 Kč) na tuto fólii je značně nerentabilní.

Většina chyb byla způsobena tím, že při objednávce přístrojového vybavení nebylo přesně známo rozmístění jednotlivých pracovišť na novém oddělení. Neměli jsme také možnost navštívit digitalizované ambulantní zařízení s tak objemným provozem (neexistovalo) a zjistit tak systém práce na digitalizovaném pracovišti.

4.2 Změna v práci radiologického asistenta

Digitalizované pracoviště s sebou přineslo změnu v práci nejen radiologického asistenta, ale i lékařů a administrativních pracovníků. 10 ambulantních radiodiagnostických oddělení (TRN Ústí nad Labem, lázně Aurora Třeboň, TRN Brandýs nad Labem, Bioregena Praha 9, plicní oddělení Benešov, Ústav leteckého zdravotnictví Praha, Sdružené zdravotnické zařízení Jižní Město Praha 4, poliklinika Olomouc, plicní oddělení Lovosice, poliklinika Praha-Prosek) a radiologičtí asistenti z Centromedu obdrželi dotazník pro zjištění těchto změn.

Základní náplň práce radiologického asistenta, snímkování, zůstalo beze změny. Stále se snímkuje na kazety. Ke změně došlo ve smyslu zpracování snímkových kazet a v následné práci s obrazovým materiálem. Při příchodu pacienta na naše oddělení jsou demografické údaje o pacientovi ze žádanky administrativní pracovníci převáděny z NISu (nemocniční informační systém) do RISu (radiologický informační systém). Na snímkovně se kazeta označí v ID tabletu demografickými údaji o pacientovi (vyhledané ve worklistu RISu) na paměťový čip a po expozici se vloží do digitizéru (společný pro 2 snímkovny). Podle velikosti formátu se za několik vteřin objeví obraz na monitoru klinické stanice. On-line processing software nabízí funkci automatického zpracování obrazu technologií MUSICA (Multi-scale image contrast amplification – víceúrovňové zesílení kontrastu snímku), automatické úpravy kontrastu a jasu (window), automatické kolimace, detekce rozdělení snímku a informuje nás zda jsme snímek zhotovili optimální expozicí. Vše je počítačově zpracováno na základě informací zadaných na paměťový čip kazety před (po) expozici - typ studie (páteř, lebka, hrudník, končetina, břicho...), podstudie (u lebky např. dutiny, nos, kost spánková, čelistní kloub...), projekce (AP, PA, LAT - snímek se na monitoru zobrazí v anatomické poloze). Dále můžeme zadat

konkrétní konfiguraci snímku. Ta nám snižuje možnost chyby při detekci rozdělení snímku a zkracuje dobu pro zpracování. S obrazem na monitoru radiologický asistent (RA) může dále pracovat - změna kontrastu a jasu (window/level), transformace snímku (otočení, překlopení, zvětšení), připojování komentářů, přesun snímků do jiné studie, smazání špatně provedeného snímku nebo možnost tisku na fólii. Zkontrolované a upravené snímky odešle RA do MiniPACS IMPAX. Tím jsou snímky zároveň zpřístupněny přes webové rozhraní pro klinická pracoviště.

Na diagnostických stanicích si poté lékaři u popisu vyhledávají jednotlivé pacienty (podle rodného čísla, data vyšetření, příjmení...) a do programu Greyfox (NIS) napíší nález, který se automaticky přiřadí k pacientově studii v IMPAXu.

Na menších pracovištích si pořídili digitizér přímo na snímkovnu nebo do prostoru ovladovny, kde mají zároveň pracovní stanici s ID tabletem. Tím při stejném množství pacientů zvládne RA více práce, protože nemusí nikam s kazetou odcházet. Zvyšuje se tak efektivita práce.

Ve srovnání s pracovištěm Centromed je počet skiagrafických vyšetření na oslovených pracovištích výrazně nižší. Na našem pracovišti bychom současné množství pacientů analogovým způsobem nebyli schopni zvládnout. S množstvím vyšetření souvisí i fakt, že pouze v Centromedu bylo nutné pracoviště snímkovny obsadit dvěma asistenty místo dosavadního jednoho. Jeden kazety na základě žádanky označí, nosí do digitizéru a kontroluje na pracovní stanici kvalitu snímků, které následně odešle do PACSu. Druhý asistent snímkuje. Tento systém vyžaduje vzájemnou souhru a odpovědnost obou spolupracujících. Nemělo by dojít k situaci, že RA snímkuje pacienta na kazetu označenou jménem jiného pacienta. Ne všem asistentům proto tento systém práce vyhovuje.

Co se týká zhotovených špatných snímků, velká výhoda digitálního systému je RA spatřována v možnosti následné počítačové úpravy snímku. Vzhledem k vyšší diagnostické výtěžnosti digitálního snímku, snížilo se doplňování centrovaných snímků z důvodů špatné expozice. Zejména při snímkování skeletu hrudníku, plic, lumbosakrálního přechodu, transthorakálních snímků ramenních kloubů, bočních snímků hrudní páteře a při snímkování obézních pacientů. Velká část asistentů oslovených dotazníkem (83%) si uvědomuje, že nemůže digitalizace změnit množství špatných snímků z důvodů špatné

centrace, pohybové neostroty, špatné projekce nebo artefaktů na paměťové fólii. A také je třeba dbát na radiační ochranu, volit úměrné expoziční parametry a nespoléhat na počítačovou úpravu. Snímek podexponovaný je zatížen šumem a z přexponovaného snímku ani počítač kvalitní snímek nevytvoří.

Vzhledem k zachování analogového provozu pouze na našem pracovišti, bylo nutné přimnout ještě jednu administrativní pracovníci. Souběžně musí pracovat jak s archivem původním tak elektronickým. Proto i po čtyřech letech řešíme otázku - nedostačující velikost archivu. U nás se denně vypaluje v průměru 30 CD nosičů s obrazovou dokumentací. Ambulantní zařízení, která nemají jednotlivá oddělení propojena počítačovou sítí musela přistoupit k reorganizaci na oddělení ve smyslu okamžitého vydávání popisu snímku pacientům. CD s dokumentací vydávají pouze v případě pozitivního nálezu.

Všechny z dotázaných pracovišť vyjma pracoviště Centromed zrušila analogový provoz ihned po zavedení digitalizace. Tím se vyhnuly organizačním problémům a finančním dopadům. Radiologický asistent musel u nás v prvních třech letech od zavedení CR (zachován částečný analogový provoz na skiagrafii) sledovat na rentgenových žádáncích, zda přichází pacient od lékaře, který chce snímky digitální nebo analogové a podle toho zvolit druh kazety. V případě, že snímky provedl analogově, následovalo jejich skenování a potom vydání pacientovi. Je zcela zřejmé, že by bylo výhodnější snímky provádět všechny digitálně, nedigitalizovat analogové snímky a raději si mírně zvýšit v prvních letech náklady vytisknutím snímků na fólie ze „suché“ tiskárny, než investovat (poté udržovat) do vyvolávacího automatu, skeneru a prostor pro temnou komoru. Pacient tak strávil na našem oddělení více času, než při analogovém provozu v minulosti – čas se prodloužil o činnosti související se skenováním. Problém se projevil i při půjčování snímků – administrativní pracovníce musely nejprve zjistit, zda byl pacient snímkován na film nebo digitálně a podle zjištění zajít do archivu pro snímek nebo na diagnostickou stanici vypálit CD (skenované analogové snímky mají nižší kvalitu).

Je překvapivé, že dvě třetiny z dotázaných RA neví, jak celý digitální systém funguje. Firmy instalující novou technologii jsou povinny pracovníky zaškolit, ale děje se tak

zřejmě jen formou „naučit používat“. Na našem pracovišti byli někteří RA až překvapeni, jak velkou roli hraje přesnost centrace. Špatná centrace znamená vyšší podíl šumu.

Na RA se kladou vyšší nároky také ve smyslu zpracování pořízeného snímku. Jsou to lékaři, kteří nás RA seznamují s tím, jak má upravený snímek vypadat. Lze jim tím ušetřit mnoho cenného času při popisování snímků. Vzhledem k tomu, že se snímek zpracovává na monitoru počítače, hraje svou podstatnou roli osvětlení místnosti, pozorovací úhel a umístění monitoru.

Celodenní práce na počítači je věc, kterou považuje 80% z dotázaných za nevýhodu z důvodu únavy očí. Je to překvapivé číslo, vzhledem k tomu, jak náročné bylo přizpůsobovat oči světlu a tmě při analogovém provozu. Nevýhoda anglického softwaru je v současné době řešitelná a mělo by k ní být přihlášeno v souvislosti jazykové vybavenosti personálu.

Z výše uvedených poznatků vyplývá, že se změnila práce na digitalizovaném pracovišti ve smyslu organizace. Jednu technologii vystřídala nová. Jednotlivé kroky při skiagrafii byly zachovány, je však vyšší diagnostická výtěžnost pořízené dokumentace a zvýšený komfort při práci.

4.2.1 Výsledky dotazníku

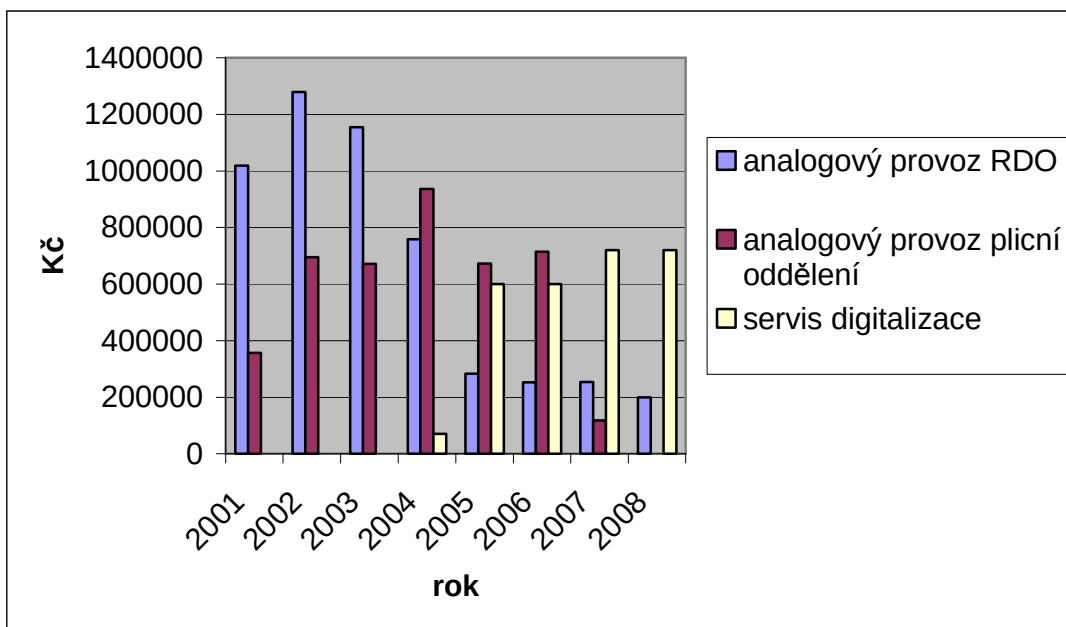
Tabulka 2

Výsledky dotazníku

		ANO	NE
1.	Zrychlila se práce s CR systémem	100%	0%
2.	Platí, že po zavedení CR systému zmizely špatné snímky	17%	83%
3.	Snížili jste u vás počet pracovních sil po zavedení CR	0%	100%
4.	Zaznamenali jste zvýšený zájem o vaše pracoviště po zavedení CR	17%	83%
5.	Používáte již výhradně elektronický archiv rentgenových snímků a nálezů	67%	33%
6.	Zmenšil se u vás počet pacientů půjčujících si svou obrazovou dokumentaci	33%	67%
7.	Využili jste prostory po temné komoře a archivu	0%	100%
8.	Zachovali jste u vás analogový provoz Centromed-obava o ztrátu pacientů, jejichž lékaři odmítají digitální snímky	1 oddělení	8 oddělení
9.	Chápete systém přenosu dat v NIS, RIS, PACS	33%	67%
10.	Byli jste podrobně seznámeni s jednotlivými komponenty digitalizace a jejich principy	36%	64%
11.	Shledali jste na vašem pracovišti nevýhody CR: odpověď: celodenní práce s PC-únava očí, anglický software,	80%	20%
12.	Kdo u vás pocítil více změnu v organizaci práce (radiologičtí asistenti-RA, administrativní síly-AS) Nelze zhodnotit – na některých pracovištích se střídají v administrativě RA		
13.	Které z výhod CR využíváte nejvíce odpověď: úprava snímku, elektronická dokumentace		
14.	Kolik skiagrafických vyšetření na vašem pracovišti ročně provedete: rozmezí 20-80 000 vyšetření		
15.	Vypište modality vašeho pracoviště připojené k PACS nejčastěji: skiografie, skiaskopie , ojediněle ultrazvuk a panoramatické snímky		

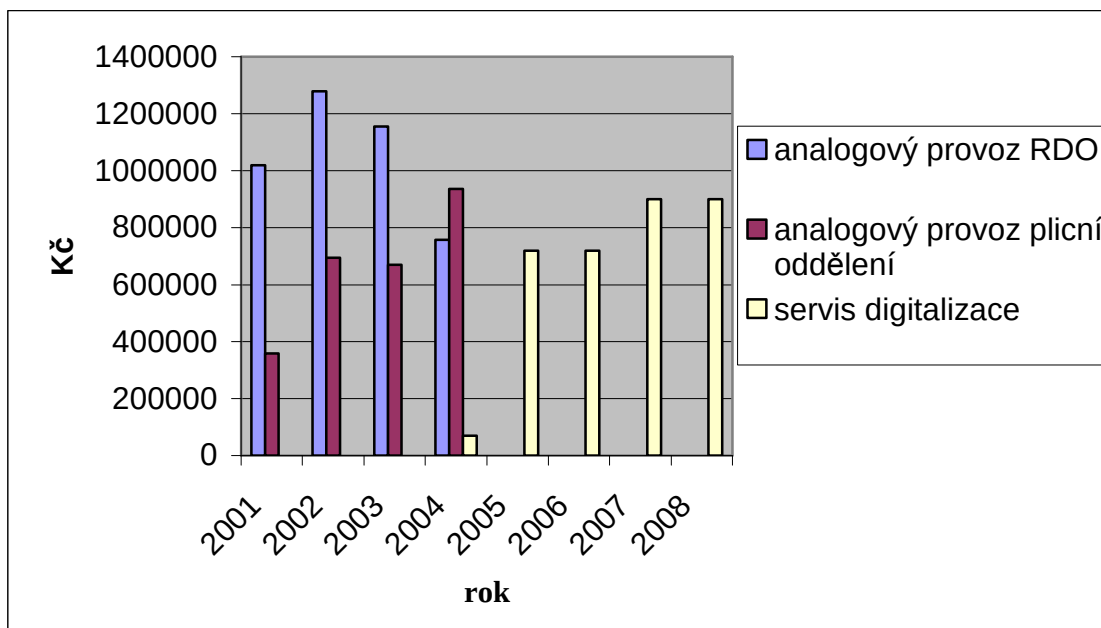
4.3 Výsledek ekonomické rozvahy

Graf č. 1 srovnává náklady na analogový a digitální provoz v rámci RDO a plicního oddělení v letech 2001-2008. Je z něj patrné, jaká částka by se ještě dala od roku 2005 ušetřit na již digitalizovaném RDO (modrý pruh) a jaké hodnoty dosáhly finanční prostředky vynakládané na servis digitalizace (v rozměrech žlutého pruhu).



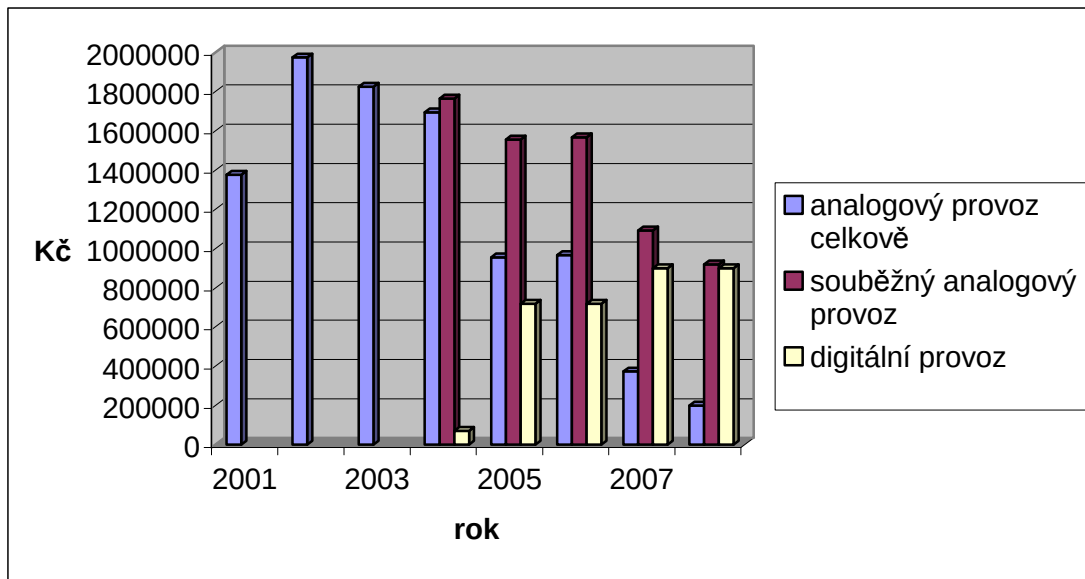
graf č.1 Digitální a analogový provoz souběžně

Graf č. 2 ukazuje, jak mohly vypadat náklady na zobrazovací proces v případě, že by byla digitalizace zavedena pro celou radiodiagnostiku v Centromedu (RDO s dentální radiografií a plicní oddělení) k počátku roku 2005. Klesly by tak roční finanční náklady na RDO o minimálně 200 000 korun (v současné době částka za filmy a chemikálie pro dentální radiografii), na plicním oddělení o téměř 600 000 korun. Z grafu vyplývá, že by se tím zvýšily poplatky za servis digitalizace z nynějších 720 000 ročně na částku kolem 900 000 korun a byla by vyšší vstupní investice v roce 2004 (za pořízení dalšího ID tabletu a klientské stanice pro tato pracoviště v částce řádově 2,5 milionu korun). Tzn., že by pořizovací cena byla místo dosavadních 15 miliónů korun téměř 18 miliónů. V souvislosti s úplným zrušením analogového provozu by se však v roce 2004 ušetřilo 260 000 korun za pořízení vyvolávacího automatu pro nové oddělení a 500 000 korun za scanner rentgenových filmů (všechny snímky by byly pouze v digitální formě) s počítačem a příslušným softwarem. A to za předpokladu, že by nedošlo k výraznějšímu nárůstu tisku snímků na fólie (zubní lékaři by využívali internet k přístupu ke snímkům nebo by dokumentaci obdrželi na CD). Průměrná roční investice za fólie do tiskárny tvoří nyní částku 80 000 korun. Spotřeba fólií pro tisk snímků by se v prvních dvou letech zvýšila (doba, po kterou si mimoústavní lékaři zvykali na dokumentaci v elektronické podobě). Součtu položek za automat a scanner, tj. 760 000 korun by však nedosáhla. Dále by se ušetřily prostory pro nově vybudovanou temnou komoru, investice do světlotěsných vhozů temné komory a speciálního stolu pro ukládání filmů. Podíváme-li se na průměrné roční náklady na vyvolávací proces v době analogového provozu, dosáhne částka 1 700 000 korun. Plně digitální provoz by v období 2005 - 2008 stál ročně 810 000, kombinovaný provoz byl dražší o 390 000 korun (tj. 1,2 milionu korun). Z toho vyplývá, že za pětileté období plné digitalizace by se na nákladech za filmy, chemikálie, archivační obálky ušetřilo 4 450 000 korun. V případě kombinovaného provozu 2 500 000 korun. Je zřejmé, že investice se v tak krátkém časovém úseku nezaplatí. Tato čísla také dokumentují, jak nevýhodné je zachování analogového provozu.



graf č. 2 Úplné zrušení analogového provozu

Graf č. 3 je vyjádřením skutečného stavu našeho pracoviště. Rok 2007 - digitalizace plicního oddělení vytváří zlom ve výdajích na analogový provoz. Analogově se v současné době provádí pouze panoramatické snímky a telerentgeny. Zde částka za kombinovaný provoz dosahuje téměř stejné částky jaká by se platila při plně digitálním provozu. Finanční ztráta není proto tak výrazná, jedná se nyní spíše o určitý organizační dyskomfort v činnostech oddělení, nutnost provádět každodenní kontrolu kvality vyvo-
lávacího procesu, pracovat s chemikáliemi a zajišťovat jejich ekologickou likvidaci. V souvislosti s digitalizací je nutné v zařízení navíc zaměstnat správce PACS. V rámci administrativy RDO byl navýšen stav o 1 pracovní sílu z důvodu souběžné existence elektronického a původního archivu.



graf č. 3 Srovnání současných nákladů

5. Diskuse

Srovnávala jsem informace z literatury a materiálů firem zabývajících se digitalizací radiodiagnostických oddělení s vlastními zkušenostmi po zavedení digitalizace na našem pracovišti a pracovištích oslovených dotazníkem.

V literatuře je nejvíce zdůrazňována hospodárnost digitální techniky s odůvodněním, že se pracoviště obejde bez filmů, chemikálií a po několika letech povinné archivace filmové dokumentace i bez archivu. To všechno je beze sporu pravda, pokud se na pracovišti nezachová analogový provoz a to pouze z obav, že oddělení přijde o pacienty lékařů, kteří snímky digitální technologií odmítají. V tomto směru by se určitě vyplatilo oslovit s časovým předstihem mimoústavní lékaře o plánované změně technologie a informovat je zejména o výhodách digitální dokumentace (nemůže se ztratit, její kvalita s časem se nemění, je možné opakovaně ji půjčovat na CD, prohlížet po internetu nebo v případě nutnosti vytisknout). Ze zkušeností našeho pracoviště – lékaři, kteří digitální snímky nejdříve odmítali, nás později sami oslovili a žádají již pouze dokumentaci na CD. Počáteční zvýšené náklady na tisk snímků pro některé lékaře jsou lepší variantou, než zachování analogového provozu, pořízení scanneru a nového vyvolávacího automatu.

S předkládanou možnou úsporou pracovních sil (v ambulantním sektoru) je tomu již trochu jinak. Na žádném z oslovených ambulantních pracovišť nedošlo ke snížení pracovních sil v přímé souvislosti s přechodem na digitální technologii. V souvislosti s digitalizací dochází pouze ke změně organizace práce. K redukci administrativních pracovních sil nemůže dojít v ambulantním sektoru zejména proto, že velké množství snímků zde pořízených se půjčuje pro následnou léčbu mimo ambulantní sektor. Není to sice ve formě klasických rentgenových filmů, ale na CD nebo fóliích podobných rentgenovým filmům. A tato činnost je v náplni práce administrativních sil. Na našem pracovišti je to průměrně 30 CD denně. Pro administrativní síly je to práce s výrazně vyšším komfortem, než vyhledávání jednotlivých snímků v obálkách. Se zavedením digitální technologie se výrazně redukovala nepříjemná práce zakládání zapůjčených snímků zpět do obálek jednotlivých pacientů. Tím se minimalizovala možnost ztráty dokumentace pacienta.

Stavba nového oddělení spojená se zavedením nové technologie je výzvou, která by mohla z klasického radiodiagnostického oddělení, kde RA chodí s kazetami v náručí po chodbě do temné komory, vytvořit pracoviště na úrovni odpovídající 21. století. Obavy ze ztráty klientely z důvodu zavedení modernější technologie byly neopodstatněné. Nacházíme se v době, kdy ve většině oblastí lidské činnosti se právě sází na investice do nových technologií s cílem získat více zájemců a tím si zajistit dřívější návratnost investice. Počítat při stavbě nového oddělení s finančními prostředky na analogový provoz je velmi ne hospodárné. Nová technologie znamená výhradně práci s počítačem a je proto nutné před stavbou řešit s architektem uspořádání jednotlivých pracovišť a myslet na umístění monitorů a osvětlení místností.

Ve všech materiálech jsem postrádala informace o finanční náročnosti servisu digitalizace. Po přečtení nabídek jednotlivých firem tak můžeme snadno nabýt dojmu, že digitalizace znamená prvotní velkou investici a poté několik let bezproblémového a finančně nenáročného provozu. Náklady ve srovnání s analogovým procesem klesnou na 50-70 %. To však musí být srovnáno s vysokými náklady na pořízení digitalizačních systémů. Ušetřené finance se s velkou pravděpodobností použijí na obnovu techniky.

Naše pracoviště bylo nedávno firmou zabezpečující zkoušky provozní stálosti upozorněno na snižující se kvalitu paměťových fólií. V letošním roce budou s největší pravděpodobností obnoveny. Distributoři uvádí ve svých propagačních materiálech počet expozic, které by měla paměťová fólie vydržet, nemáme však možnost tento počet zjistit. Pro zhotovení stejně kvalitního snímku (ve srovnání s obdobím 2004-2006) je nutné použít vyšší expoziční parametry a to není vhodné z hlediska radiační hygieny. Digitalizace v ČR je již několik let a teprve nyní, v době výrazného zvýšení počtu digitalizovaných pracovišť, se připravují podklady pro vytvoření vyhlášky SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost), která bude blíže specifikovat požadavky na parametry paměťových fólií při zkouškách provozní stálosti.

Elektronický archiv je po vyšší diagnostické výtěžnosti digitálního snímku patrně druhým faktorem, kvůli kterému si digitalizaci většina pracovišť chce pořídit. Stejně tak jako archiv konvenční má svoji kapacitu a každé zvětšení znamená další investici.

Otázka ekonomiky výpočetní radiografie je stále nevyřešena. Firmy se k danému tématu nerady vyjadřují a na radiologických konferencích se stále vedou polemiky. Nikdo nedokáže odhadnout, co by měla za následek např. informace, že z ekonomického hlediska se digitalizace ve skiografii nevyplatí. Jistě by to neznamenal konec digitální radiografie, snad by bylo těžší prosadit uvolnění finančních prostředků v jednotlivých zařízeních pro tuto technologii.

V době od zadání tématu práce do jejího dokončení došlo ke změně vlastníka ambulantního zařízení a z toho důvodu jsem nezískala informace potřebné k odpovědi na otázku: „Je schopno si naše oddělení na digitalizaci samo vydělat?“ a „Za jak dlouho?“. Srovnala jsem proto pouze náklady související s analogovým provozem a digitálním provozem. Z výsledků bylo patrné, že i přes vysoké ceny servisu digitalizace náklady výrazně klesnou.

Velká vstupní investice versus velké množství výhod znamená, že CR technologie získala svoje pevné místo v české radiologii.

6. Závěr

Ve své bakalářské práci jsem popsala technologii výpočetní radiografie zavedenou do ambulantního zařízení. Vzhledem k cílům práce, důraz byl v teoretické části kladen na seznámení se základními technologickými principy jednotlivých komponent pro digitalizované pracoviště. V části zabývající se ekonomikou provozu po zavedení nové metody jsem se snažila dokázat (porovnáním finančních nákladů), jak nutné je digitalizovat oddělení vždy celé a ne po jednotlivých částech. Jen tak lze plně využít všech výhod, které s sebou moderní technologie přináší. Zachování analogového provozu na digitalizovaném pracovišti je pro oddělení nejen finanční ztrátou (grafy v kapitole 4.3), ale i problémem organizačním. Finanční ztráty způsobené analogovým provozem by přitom mohly sloužit na dřívější obnovu techniky, s ohledem na její rychlý vývoj. Některá přístrojová technika se krátce po zavedení do provozu ukazuje jako ne příliš vhodná pro daný druh pracoviště a vyžaduje si další, nemalé, investice. V případě CR systémů se jedná o částky často dosahující statisíců korun. Při splácení pořizovacích nákladů se jich ovšem nedostává. Většině chyb zmíněných v této práci se dá předejít a to dokonalým seznámením s výpočetní radiografií na obdobném pracovišti. A to nejenom s přístroji, ale také se změnou organizace práce. Soustředit bychom se měli na možnost řešení počítačového propojení stávající sítě s PACS, podle architektonického řešení oddělení volit množství digitizérů, klientských stanic a kazet s paměťovými fóliemi. To vše pro maximální efektivitu práce při tak nákladné investici. Při stavbě nového oddělení je vhodné myslet na to, že i digitalizované pracoviště má svá specifika - s ohledem na práci u počítačového monitoru (nevhodné umístění má velký vliv na výslednou úpravu obrazu).

Digitalizace v ambulantním zařízení s částečně zachovaným analogovým procesem je investice, která se v období 5-ti let úsporou finančních prostředků za filmy a vyvolávací chemikálie nezaplatí. Tato technologie se však svými výhodami v oblasti medicínského zobrazování a zvýšeným komfortem při práci stává stále žádanější i v menších ambulantních zařízeních. Budoucnost digitalizace by mohla být založena na propojení ambulantních a nemocničních digitalizovaných pracovišť.

7. Seznam literatury

1. ADC-Solo- uživatelská příručka, Agfa Gevaert N. V. 2003
2. Brody, William R.: Digital Radiography. New York, Roven Press 1984. 225 s.ISBN 0-89004-242-X
3. Digitalizace rentgenového obrazu, <http://www.foma.cz>, 1.11.2007
4. Komunikace NIS Greyfox se systémy PACS, <http://www.mdcn.cz/>, 1.11.2007
5. Neuwirth, J. et al.: Počítače v radiologii. IDV SZP, Brno 1989. 170 s., ISBN 80-7013-016-4
6. Online Processing Software- příručka, Agfa Gevaert N.V. 2003
7. Produkty v radiologii, http://www.progomcz.cz/rdg_digitalizace.html, 15.12.2007
8. Rezák, I., Hušák, V. a kol.: Moderné zobrazovacie metódy v lekárskej diagnostike. Osveta, Martin 1992. 152 s., ISBN 80-217-0428-4
9. Společnost radiologických asistentů, Praktická radiologie, ročník 3, č. 1, s. 8-11, 1998, ISSN 1211 – 5053
10. Společnost radiologických asistentů, Praktická radiologie, ročník 3, č. 2, s. 4-6, 1998, ISSN 1211 – 5053
11. Společnost radiologických asistentů, Praktická radiologie, ročník 7, č. 2, s. 16-18, 2002, ISSN 1211 – 5053
12. Společnost radiologických asistentů, Praktická radiologie, ročník 12, č. 1, s. 18, 2007, ISSN 1211 – 5053
13. Společnost radiologických asistentů, Praktická radiologie, ročník 12, č. 3, s. 16, 2007, ISSN 1211 – 5053
14. Šmoranc P.: Rentgenová technika v lékařství. SPŠ elektrotechnická a VOŠ Pardubice, 2004, ISBN 80-85438-19-4
15. Tateno Y., Iinuma T., Takano M. (ed s.): Computed radiography. Springer-Verlag Tokyo 1987. 185 s. ISBN 4-431-70021-8, 3-540-70021-8, 0-387-70021-8
16. Tůma S., Rejda Z.: Úvahy nad koncepcí bezfilmového přenosu obrazových informací , Česká radiologie, ročník 52, č.1, s. 19-22, 1998, ISSN 1210 – 7883
17. Urbánek a kol.: Nukleární medicína. Gentiana Jilemnice, 2000, ISBN 80-902133-9-1

18. Zuna, I., Poušek, L.: Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice. ČVUT, Praha 2000. 76 s., ISBN 80-01-02152-1
19. Žára, J. et al.: Moderní počítačová grafika. Computer Press, Praha 2005. 628 s., ISBN 80-251-0454-0

8. Klíčová slova

bezfilmový provoz, digitální radiografie, paměťové fólie

9. Přílohy

9.1 Obsah DICOM

1. Úvod a náhled problému
2. Odkazy
3. Definice informačních předmětných dat
4. Vymezení oblasti služeb
5. Struktura dat a jejich dekodování
6. Databanka
7. Výměna informací
8. Síťová podpora pro výměnu informací
9. Zálohování
10. Ukládání médií a formátování souborů pro vzájemnou výměnu dat
11. Aplikační postupy ukládání médií
12. Funkce ukládání a formátování médií pro vzájemnou výměnu dat
13. Zálohování
14. Funkce standardního zobrazování pomocí škály šedi
15. Bezpečnost a podoby řídicího systému
16. Zdroje pro mapování obsahu
17. Vysvětlující informace
18. Internetový přístup k trvalým základům DICOM

9.2 Schéma digitalizace Centromed

