
RAČUNALNIŠKA RADIOGRAFIJA

Tatjana Rebernik, dipl. inž. rad., Zdravstveni dom Ravne na Koroškem, radiološki oddelek, Ob Suhi 11, 2390 Ravne na Koroškem

Povzetek

PCR (Philips Computed Radiography) je sistem, ki omogoča digitalizacijo slik s pomočjo kaset, ki vsebujejo fluorescentne folije. Pri PCR sistemu konvencionalni folija – film sistem zamenjajo t. i. slikovne plošče, ki energijo rentgenskih žarkov shranijo v obliki vzbujenega iona. Hiter in nezahteven način slikanja omogoča dobro kvaliteto slik – tudi premalo eksponiranih. Prav zaradi tega je PCR sistem zelo dobrodošel na urgenci in v intenzivni negi.

Na PCR terminal se vpišejo pacientovi osebni podatki in vrsta preiskave (podatki se lahko prenesejo tudi prek RIS – Radiology Information System povezave), nato se skenira bar koda na slikovno ploščo. V čitalcu slikovnih plošč se fluorescentna plošča odčita in dodeli ustrezni preiskavi. Tako je plošča – kaseti zopet pripravljena za naslednjo ekspozicijo.

Odčitana slika se nato pošlje na delovno postajo Easy Vision. Easy Vision je delovna postaja, ki temelji na UNIX operacijskem sistemu za obdelavo in pošiljanje digitalnih rentgenskih slik. Easy Vision je lahko samostojna enota ali pa je povezana v mrežo.

Abstract

The PCR (Philips Computed Radiography) System is a system for digitizing cassette exposures in diagnostic radiography. In the PCR System, conventional film screen systems are replaced by so-called image plates which store X-rays in the form of excited charge carriers. Swift, uncomplicated image processing guarantees good image quality even under critical exposure conditions. For this reason the PCR System is particularly suitable for casualty departments and intensive care units.

At the PCR terminal the user selects the patient data and the examination to be performed (the data can also be transferred via RIS – Radiology Information System) and then scans the barcode on the image plate. In the image reader the plate is read out and assigned to the appropriate examination. Then it is reset to the basic status and can now be reused.

The read-out image data are transmitted to the Easy Vision RAD computer. Easy Vision is a workstation based on the UNIX operating system for the processing and editing of digital X-ray images. In the PCR system, Easy Vision RAD is used both as a single-station computer as well as on

V kombinaciji s čitalcem slikovnih plošč, PCR terminalom in laserskim tiskalnikom dovoljuje delovna postaja obdelavo in shranjevanje digitalnih slik, prikaz in obdelavo slik na monitorju, avtomatsko in ročno tiskanje ter prenos slik drugim DICOM (Digital Image Communication in Medicine) uporabnikom znotraj omrežja.

1 Uvod

Področje radiologije skeleta je poleg zobne diagnostike edino v radiologiji, kjer še vedno "kraljuje" konvencionalni sistem folija – film. Povsod drugod ga je zamenjal digitalni sistem (računalniška tomografija, ultrazvok, angiografija). Kljub trditvam, da je za prikaz skeleta še vedno najboljši film, se digitalni sistem vedno bolj uveljavlja. Morda smo malo v dvomih, morda se bojimo vedno bolj zahtevne tehnologije in s tem večjih obremenitev, vendar so prednosti nove tehnike prikaza slik tako velike, da bomo že v zelo kratkem času naredili korak iz konvencionalne v digitalno dobo.

Seveda ima vsak sistem dobre in slabe lastnosti, tako tudi digitalni oz. računalniški sistem prikazovanja slik nima samo pozitivnih lastnosti. Ko primerjamo konvencionalno tehniko z digitalno, najprej primerjamo ceno – žal. Res je, da je oprema draga, tudi vzdrževanje in popravila niso poceni, saj je malo

a Client Server basis in multi-station systems.

It is the central image processing station between the PCR image readers, the PCR terminals and a laser camera, permitting the processing and storage of digital images, display and processing of images on a screen, automatic and manual printing and transferring images to other DICOM (Digital Image Communication in Medicine) partners within a clinic network.

strokovnjakov, ki to tehnologijo obvladajo. Vendar sta razvoj in vedno večje število teh sistemov dokaz, da je to tehnologija prihodnosti. Cene padajo, zanesljivost delovanja se večja, obsevanost pacientov se manjša, ponavljanja ekspozicij zaradi napačnih parametrov ni, slike diagnosticiramo na monitorju. Ker ni filmov, ni filmskih arhivov in kemikalij, s tem pa se materialni stroški zmanjšajo.

Danes je v praktični uporabi v medicinski radiologiji več digitalnih oz. računalniških sistemov prikazovanja slik. Poznamo fiksne detektorje in t. i. kasetne sisteme (kasete s fluorescentnimi ploščami). Fiksni detektorji za radiografijo skeleta so ploščati rentgenski detektorji. Vgrajeni so v pregledovalni mizi namesto predala za kasete. Ta sistem ne uporablja kaset, ker se signal avtomatsko prenese s ploščatega detektorja na monitor. Poznamo dve vrsti ploskih detektorjev: silicijev (indirektni) in selenov (direktni). Kateri je boljši, bo pokazal čas. Zaenkrat

sta za naše razmere oba predraga.

V svoji diplomski nalogi bi rada opisala sistem, s katerim imamo v Zdravstvenem domu Ravne polletne izkušnje. To je PCR sistem, ki uporablja kasete s fluorescentnimi folijami. Postopek slikanja je enak kot pri konvencionalni tehniki, tudi rentgenski aparat je enak, sprememba nastane po ekspoziciji, ko se začne obdelava slikovnih plošč. Ves postopek, vso tehnologijo in opremo bom poskušala opisati v svojem delu. Upam, da bo ta naloga koristila k razumevanju nove tehnologije vsem, ki jih to zanima.

2 Zgodovina

Leta 1970 je bil začetek digitalne dobe v medicinskem slikanju. Računalničarji so napravili celoten koncept slikanja po plasteh. Leta 1974 je Godfrey Hounsfield osnoval prvi CT skener za klinično uporabo.

V zgodnjih osemdesetih je National Electrical Manufacturers Association (NEMA) v sodelovanju z American College of Radiographers (ACR) razvil prvi NEMA standard, ki so ga začeli uporabljati leta 1985. Namen tega standarda je bil zagotoviti prenašanje vseh slik med različnimi sistemi na osnovnem nivoju. Iz tega standarda se je razvil DICOM standard, ki se uporablja danes.

1978 je bila na medicinskem področju prva analogna slika pretvorjena v digitalno, kar je omogočilo razvoj novega

digitalnega obdobja digitalne radiografije, vključno z digitalno subtrakcijsko angiografijo (DSA). Fudji, ki je uporabil fluorescentne plošče in laserski tiskalnik za tiskanje slik, je uvedel tehnologijo fluorescentnih plošč leta 1983 in prave digitalne slike z uporabo CCD (charge coupled device – naprava za shranjevanje naboja) v devetdesetih.

Oprema, ki se danes uporablja v modernih digitaliziranih slikovnih oddelkih, je sestav neodvisnih zgodovnih razvoja računalništva in radiologije. Eden brez drugega ne bi mogla obstajati.

3 Digitalna slika

Signal, ki pride v televizijo, je zvezen, njegova intenziteta v času variira. Različni vrhovi in doline odgovarjajo različnim intenzitetam končne slike. Ta oblika vala, ki je znana kot analogni signal, se uporablja za spreminjanje intenzitete elektronskega snopa v katodni cevi. Svetloba na fluorescentnem ekranu variira na posameznih točkah, kjer elektroni trčijo vanj. Med prenašanjem informacij na ta način se nekaj informacij izgubi, rezultat tega je zmanjšanje razmerja signal – šum in zmanjšanje kvalitete slike.

Pri digitalni sliki je prenos drugačen, ker je vsak piksel narejen iz diskretnih vrednosti in ne iz zveznih valov. Digitalna slika je niz binarnih (dvojiških) števil (iz 0 in 1).

Digitalni signal lahko nastane na več načinov. Slika se lahko zajame kot

analogno valovanje, ki je lahko vzorčeno v obliki diskretnih in konstantnih časovnih intervalov. To se imenuje vzorčenje signala in se naredi z uporabo analogno-digitalnega pretvornika (ADC). Vrednost vzorca določa ločljivost končne slike. Če vzamemo isti val kot na Sliki 1 in ga vzorčimo z manjšo frekvenco, dobimo digitalno predstavitev. Ker je frekvenca vzorčenja nizka, se digitalni signal precej razlikuje od analognega.

Če povečujemo frekvenco vzorčenja, dobimo mnogo bolj točno predstavitev prvotnega vala. Bolj ko povečujemo frekvenco vzorčenja, boljša je ločljivost slike in večja velikost datoteke v bitih.

3.1 Nyquistov izrek

Nyquistov izrek pravi, da mora vsak sistem vzorčiti z dvakrat večjo frekvenco, kot je prisotna v objektu, če želimo, da bo objekt ustrezno predstavljen. Slika 4 predstavlja učinek vzorčenja pri isti frekvenci, kot jo ima objekt, kar je polovica zahtevane frekvence, ki jo zahteva Nyquistov izrek.

Če je vrednost vzorčenja podvojena, potem je dejanska frekvenca v sliki zapisana veliko pravilneje.

Če vrednost vzorčenja ni podvojena, bo frekvenca predstavljena z nižjo frekvenco, kot v resnici je (poznano kot zobčenje krivulj). Nasprotno, če je frekvenca vzorčenja previsoka, bo velikost datoteke nepotrebno prevelika.

3.2 Slikovna datoteka

Slikovna datoteka vsebuje dva ločena elementa: glavo datoteke (file header) in podatke (data set). Glava datoteke vsebuje bistvene informacije datoteke:

- podatke o preiskovancu – preiskovančeve podatke, katerim slika pripada (to je nujno potrebni del slike; če prenos teh informacij ni zanesljiv, jih ne moremo naknadno dodati),
- celotno velikost datoteke, ki sprejemnemu računalniku pove, da so bile vse informacije sprejete,
- začetno in končno točko podatkov datoteke (to računalniku pove, kje se datoteka začne in kje konča),
- velikost matrike (če je vključena velikost matrike, potem ni potrebno poslati x, y koordinat pikslov v sliki; računalnik vzame vrednosti sive skale in napolni matriko v znani obliki, katere končni rezultat je popolna slika),
- sivo vrednost ali bravo (ta dovoljuje računalniku, da pravilno prikaže sliko).

Podatkovna datoteka vsebuje informacije o prostorski lokaciji slike in z njo povezane vrednosti.

4 Računalniška radiografija

PCR sistem omogoča digitalizacijo slik s pomočjo kaset, v katerih so kot slikovni receptor fluorescentne plošče, t. i. slikovne plošče (IP – image plate).

PCR sistem sestavljajo:

- PCR terminal,
- slikovne plošče – IP,
- čitalec slikovnih plošč (Image Reader),
- delovna postaja (Easy Vision RAD Workstation).

4.1 PCR terminal

Sestavni deli PCR terminala so:

- osebni računalnik z ustrezno programsko opremo,
- tipkovnica,
- operativna konzola s čitalcem bar kode (Barcode Scanner).

Preko radiološke informacijske mreže RIS se pacienti podatki in vrsta preiskave prenesejo iz računalnika v sprejemni pisarni na PCR terminal; na terminalu uporabimo delovno območje Schedule Exam – čakalna lista pacientov.

Če RIS povezava še ni vzpostavljena, se morajo vsi spodaj naštetih podatki ročno vnesti preko tipkovnice na PCR terminal. Na terminalu se izbere delovno območje Examination List – trenutno preiskovani pacient. Podatki, ki jih je potrebno vnesti, so:

- številka Kartice zdravstvenega zavarovanja, ki služi kot identifikacijska številka,
- ime in priimek preiskovanca,
- datum rojstva,
- spol,

- ime organa, ki ga slikamo in projekcija.

Ko so na PCR terminalu (Slika 1) vpisani vsi osebni podatki pacienta, ime preiskave in vrsta projekcije, se s pomočjo čitalca bar kode ustrezno doda koda slikovne plošče k izbranemu preiskovancu in preiskavi.



Slika 1: PCR terminal s čitalcem bar kode

4.2 Slikovne plošče IP

V praksi se za fluorescentne plošče uporablja izraz fosforne plošče. Poraja se vprašanje, zakaj izraz fosforne plošče če le-te fosforja sploh ne vsebujejo. V angleški literaturi uporabljajo ime "phosphors" za vse halogene elemente, ki se obnašajo enako kot fosfor, če jih osvetlimo s svetlobo določene valovne dolžine – fotostimulirana luminiscenca.

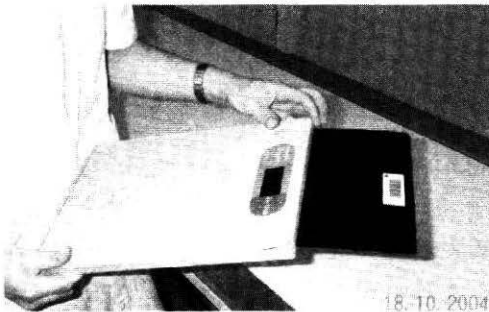
V slikovni plošči je fluorescentna snov, ki je sposobna oddajati svetlobo, kadar je vzbujena z elektromagnetnim valovanjem (rentgensko sevanje, ultra vijolična svetloba ...). Fluorescentna snov se uporablja za televizijske in katodne cevi, fluorescentne luči, medicinske diagnostične ojačevalne ekrane in še več

drugih stvari v vsakdanjem življenju.

Nekatere fluorescentne snovi shranijo del primarno vzbujene energije, nastale zaradi sevanja, ter potem, ko jih vzbudimo s sekundarno energijo, oddajo svetlobo.

Poznamo tri vrste fluorescentnih snovi:

- dolgo vzbujena (long persistens),
- termoluminiscentna,
- fotostimulativna, ki se uporabljajo za slikovne plošče (Slika 2).



Slika 2: Kasetna s slikovno ploščo

4.2.1 Fotostimulativna fluorescentna snov

Fotostimulacija je pojav, ko sevanje povzroči močno oddajanje vidne svetlobe in pozneje pojemanje le-te.

Fotostimulativna snov je bila odkrita konec 19. stoletja. Preizkušali so jo v vojaške namene – kot infrardeče naprave za gledanje v temi. Osnova sta bila CaS in SrS. Da so dobili dolgotrajnejši učinek, so dodali luminiscentne ione Ce^{3+} ali Eu^{2+} .

Prva uporaba fotostimulativne

fluorescentne snovi v medicini je bila omenjena leta 1947. Fluorescentno ploščo so eksponirali z rentgenskimi žarki, jo osvetlili z infrardečo svetlobo in sliko prikazali na fotografskem filmu.

Fotostimulacija fluorescentne snovi se nanaša na t. i. F centre. To so prostori (praznine) v kristalni mreži, v katere se ujamejo elektroni. Elektron se ujame v F^+ center, ki je točka na kristalni mreži, v kateri manjka halogenski ion. Elektronske pasti s tako strukturo večinoma absorbirajo vidno svetlobo. F center ima ime po nemški besedi "Farbe" – barva.

4.2.2 Razvoj slikovnih plošč

Razvoj slikovnih plošč se je začel leta 1971 (Fuji). Poskusi so pokazali, da je le fotostimulativna fluorescentna snov primerena za uporabo v slikovnih ploščah. Ustrezati je morala naslednjim zahtevam:

- stimulacija mora biti izvedljiva s helij-neonskim laserjem (edini primeren laser za praktično uporabo ta čas),
- čas luminiscence mora biti krajši od 1 μs (točkovno skeniranje slikovne plošče mora biti izvedeno v praktično ustreznem času),
- rentgenski absorpcijski koeficient ne sme biti nižji kot pri konvencionalnem sistemu folija – film.

Najbolj primerna fluorescentna snov, ki izpolnjuje vse tri zahteve, je BaFX:Eu (splošna oznaka). To pomeni, da je sestavljena iz barijevega fluoro

halogenidnega kristala, vsebuje pa majhno količino europija (Eu), ki ima funkcijo aktivatorja za izžarevanje svetlobe. V tem primeru je Eu bivalentni ion in nadomestek za Ba ion. X predstavlja halogene atome Cl, Br ali I.

Leta 1971 se je BaFCl:Eu²⁺ uporabljal za fluorescentne ojačevalne ekrane, ker emitira močno svetlobo, kadar je vzbujen z rentgenskimi žarki. Ugotovili so, da se barvni centri lahko oblikujejo v BaFX kristalu.

Slikovne plošče niso samo osnova računalniške radiologije, ki omogoča prvo praktično digitalno rentgensko radiografijo v svetu, temveč je ključna tehnologija, ki močno vpliva tudi na druge tehnologije.

4.2.3 Princip delovanja

Ko je fluorescentna snov izpostavljena sevanju, se veliko število elektronov nabije z energijo, ki je sorazmerna absorbirani energiji. Praznina, ki nastane v kristalu, ko elektron odleti, se obnaša kot pozitivno nabita. Nekaj elektronov in praznin se ponovno združi in vzbudijo Eu²⁺ ion, da emitira svetlobo. Elektroni, ujeti v F⁺ centrih in praznine, so vir shranjene energije sevanja. Ko jih v čitalcu slikovnih plošč eksponiramo z rdečo lasersko svetlobo, ki jo absorbirajo F⁺ centri, se ujeti elektroni osvobodijo iz teh centrov in se ponovno združijo v prazninah, nastalih v Eu²⁺ ionih. S tem povzročijo emisijo svetlobe iz vzbujenega stanja Eu²⁺ iona. To je

fotostimulirana luminiscenca v BaFX:Eu.

4.2.4 Zgradba in struktura slikovnih plošč

Slikovna plošča je zgrajena iz: sprednje zaščitne plasti, fluorescentne plasti, elektroprevodne plasti, podporne plasti, zadnje zaščitne plasti in okenca za bar kodo .

4.2.4.1 Sprednja zaščitna plast

Ščiti fluorescentno plast pred poškodbami, ki lahko nastanejo zaradi vstavljanja plošče v čitalec, med skeniranjem plošče ali čiščenjem le-te.

4.2.4.2 Fluorescentna plast

Fotostimulativna fluorescentna snov je vezana z organskimi polimeri. Vezivo zagotavlja visoko stopnjo disperzije fluorescentne snovi in oblikuje sestavo plasti. Biti mora neobčutljiva na temperaturne razlike, vlago, rentgenske žarke in lasersko svetlobo. Kot vezivo se uporabljajo sintetični polimeri, kot so poliester, akril, poliuretan ...

4.2.4.3 Elektroprevodna plast

Elektroprevodna plast preprečuje nevšečnosti, ki jih povzroča statična elektrika. Do statične elektrike pride predvsem pri transportu slikovne plošče skozi čitalec, kar lahko močno vpliva na kvaliteto slike.

4.2.4.4 Podporna plast

Podporna plast ščiti fluorescentno plast pred mehanskimi poškodbami. Zgrajena je iz polietilen tereftalata (PET), debeline 200 do 350 μm . Črni PET absorbira svetlobo in preprečuje refleksijo svetlobe, ki bi lahko iz zadnje strani kasete vstopala v fluorescentno plast.

4.2.4.5 Zadnja zaščitna plast

Zgrajena je iz mehkega polimera, ki ščiti slikovno ploščo pred poškodbami zaradi trenja med ploščami.

4.2.4.6 Okence za bar kodo

S pomočjo čitalca bar kode se koda slikovne plošče ustrezno doda podatkom o izbranem pacientu in preiskavi.

4.2.5 Matrika slikovnih plošč

Različne velikosti slikovnih plošč imajo različno matriko in s tem različno število pikslov/mm (Tabela 1). Večji je format plošče, več je pikslov/mm, večja je prostorska ločljivost slike.

Tabela 1: Primerjava formatov kaset

Format kasete	Matrika	Število pikslov [1/mm]
35 × 43	1760 × 2140	5
35 × 35	1760 × 1760	5
24 × 30	1576 × 1976	6,7
18 × 24	1770 × 2370	10

4.3 Čitalec slikovnih plošč – PCR Image Reader Compano

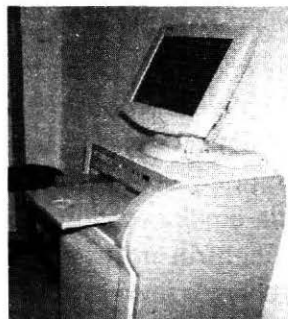
Za branje eksponiranih slikovnih plošč se uporablja helij-neonski laserski čitalec (Slika 3).

Laser je kratica za **L**ight **A**mplification of **S**timulated **E**mission of **R**adiation (svetlobno ojačanje, spodbujeno z emisijo sevanja).

Laser je naprava, ki emitira zelo koherenten snop svetlobe v enem samem valovanju, kar pomeni, da vsebuje veliko energije.

Sestavljen je iz:

- pregledovalnega monitorja – Touch Screen Monitor,
- kontrolne plošče čitalca,
- predala za vstavljanje kasete in
- osebnega računalnika z ustrezno programsko opremo.

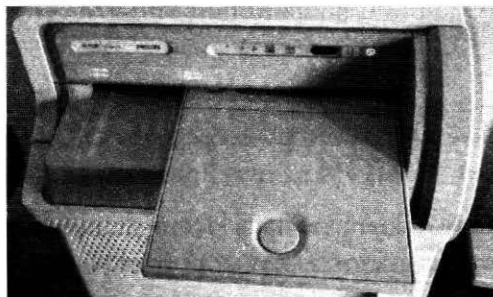


Slika 3: Čitalec

4.3.1 Kontrolna plošča čitalca

Kontrolna plošča vsebuje različne signalne in komandne lučke, ki nas

obveščajo o posameznih fazah branja in ponovnem vlaganja slikovne plošče v kaseto (Slika 4).



Slika 4: Kontrolna plošča čitalca

4.3.1.1 Faze – princip oblikovanja slike

Rentgenska ekspozicija poteka na isti način kot pri konvencionalnem sistemu folija – film. Rentgenski žarki prodrejo skozi telo in padejo na slikovno ploščo, ki je v kaseti. Fotostimulativna fluorescenčna snov, ki jo vsebuje slikovna plošča, shrani energijo sorazmerno z intenziteto sevanja v obliki dvodimenzionalne slike.

4.3.1.1.1 Odčitavanje fotostimulirane luminiscence

Za dvodimenzionalno skeniranje površine slikovne plošče se uporablja laserska svetloba s fiksno intenziteto. Na ta način se lahko shranjena energija v obliki fotostimulirane luminiscence prenese kot časovno urejeni podatek.

Fotostimulirana luminiscenca, ki nastaja v različnih točkah, se s pomočjo zbiralca svetlobe (light – collecting guide) zbere in ojača s fotopomnoževalko ter

preoblikuje v analogni električni signal. Dobljeni električni signal se s pomočjo analogno-digitalnega pretvornika pretvori v digitalni ekvivalent.

Energija, ki še ostane v slikovni plošči po odčitavanju, se izbriše z eksponiranjem celotne površine slikovne plošče z močno fluorescentno svetlobo. Tako je slikovna plošča zopet pripravljena za naslednjo ekspozicijo.

4.3.1.1.2 Vpliv naravnega sevanja

Ker je slikovna plošča visoko občutljiv detektor sevanja, jo moramo zaradi naravnega sevanja (gradbenih elementov, kozmičnega sevanja) po vsaki daljši neuporabi zbrisati (program erasure). Če tega ne naredimo, lahko na slikah dobimo večji šum, podobno kot ga daje pri konvencionalnih filmih velik lastni osen filma.

4.3.2 Predal za vstavljanje kaset

Čitalec slikovnih plošč je prilagojen za branje naslednjih formatov kaset: 35×43 , 35×35 , 24×30 , 18×24 .

Čas branja, brisanja in ponovnega vlaganja slikovne plošče v kaseto je različen za različne formate kaset (Tabela 2).

Tabela 2: Število prebranih plošč glede na format kasete

Format kasete	Število plošč [uro]
35 × 43	56
35 × 35	64
24 × 30	69
18 × 24	90

4.3.3 Pregledovalni monitor čitalca

Po odčitanju slikovne plošče se na monitorju (Slika 5) pokaže slika preiskovanega organa. Poleg slike so prikazani še vsi pacientovi osebni podatki (ID, ime in priimek, datum rojstva, spol) in slikovni parametri:

- ime in projekcija preiskovanega organa,
- datum in čas preiskave,
- številčna parametra za svetlost in kontrast.



Slika 5: Pregledovalni monitor – touch screen

Slednja parametra lahko popravljamo oz. uravnavamo. Ko sliko ustrezno uravnamo, jo pošljemo na delovno postajo - Easy Vision, kjer se vrši nadaljnje obdelovanje.

4.4 Delovna postaja – EASY VISION

To je delovna postaja, ki temelji na UNIX operacijskem sistemu za obdelovanje in pošiljanje digitalnih rentgenskih slik. Delovna postaja deluje v kombinaciji s PCR sistemom, ki bazira na kasetnem sistemu s fluorescentnimi folijami. Lahko je kot samostojna enota, ali pa je povezana v mrežo.

V kombinaciji s čitalcem slikovnih plošč, PCR terminalom in laserskim tiskalnikom dovoljuje delovna postaja naslednje funkcije:

- obdelovanje in interno shranjevanje digitalnih slik,
- prikaz in obdelavo slik na monitorju,
- avtomatsko in ročno tiskanje,
- shranjevanje slik na CD ali DVD medij,
- prenos slik drugim DICOM uporabnikom znotraj mreže (HIS – Hospital Information System, PACS – Picture ArChiving System).

Ta sistem omogoča preprosto in zanesljivo obdelavo na več delovnih mestih hkrati.

4.4.1 Obdelava in komuniciranje digitalnih slik v medicini – DICOM

DICOM je trenutno najbolj uporabljen standard – program za obdelavo in prenos digitalnih slik v radiologiji.

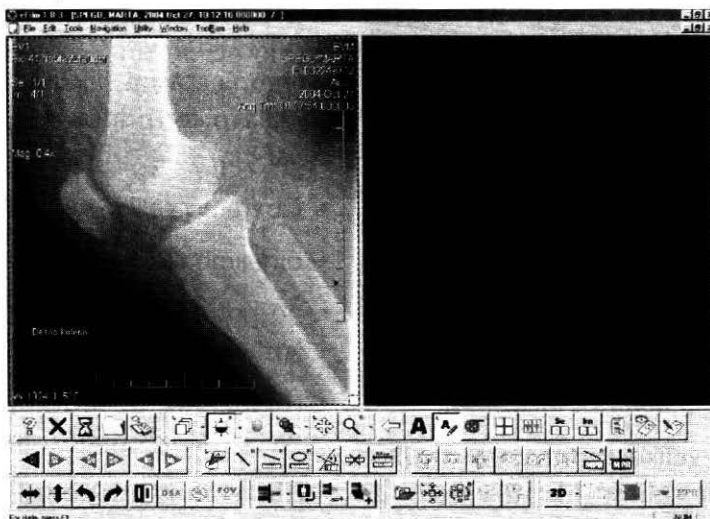
Obstaja nekaj osnovnih zahtev, ki jih morajo vsebovati standardi – programi:

- **Povezljivost** – sistem mora biti sposoben, da se poveže z ostalimi sistemi, lahko z uporabo vmesnih členov, najbolje pa neposredno iz sistema v sistem. To je pomembno, kadar vzpostavljamo začasni sistem. V prihodnosti se bodo sistemi lahko povezovali v večje omrežne povezave.
- **Zanesljivost oz. vzdržljivost** – podatki morajo ostati ob prenosu iz sistema v sistem nespremenjeni. Prav tako mora imeti sistem komponente, ki preprečujejo izgubo preiskovanih informacij.

- **Varnost** – sistem mora preprečiti dostop nepooblaščenim osebam ali virusom, da ne bi prišlo do izgube informacij. Za varnost in kontrolo sistema mora skrbeti ena oseba, ki je odgovorna za vsesplošno varnost sistema.

4.4.1.1 Računalniški program eFilm

EFilm je programska oprema, ki poleg pregledovanja in pošiljanja omogoča tudi manjše popravke digitalne slike različnim DICOM uporabnikom. EFilm omogoča popravke in pregledovanje digitalnih slik tudi ostalim uporabnikom, ki ne uporabljajo DICOM sistema. Pogoj za pregledovanje digitalnih slik brez DICOM sistema je nameščen računalniški program eFilm (Slika 6). Prenos digitalnih slik je mogoč preko interneta ali pa z uporabo drugih prenosljivih medijev.



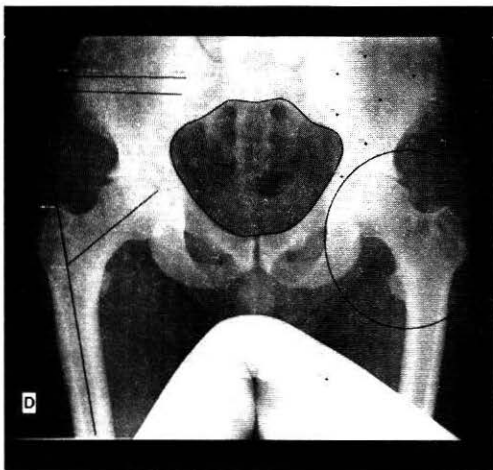
Slika 6: Primer obdelave slike z eFilmom

EFilm omogoča:

- spreminjanje kontrasta in svetlosti slike,
- povečave in pomanjšave,
- razne meritve (kotov, dolžin ...),
- obračanje slike,
- opremljanje slike z raznimi oznakami in komentarji.

4.4.2 Obdelava slik za diagnosticiranje

Diagnosticiranje se izvaja neposredno iz monitorja. V bazi podatkov poiščemo pacienta z vsemi njegovimi slikami in začnemo z obdelavo le-teh (Slika 7):



Slika 7: Primer obdelave slike - meritve

- popravljamo kontrast in svetlost,
- izberemo velikost formata in število slik, ki jih želimo hkrati videti na monitorju,

- povečamo posamezno področje organa,
- obračamo sliko v želeni položaj,
- gledamo pozitiv – negativ,
- delamo razne meritve.

4.5 Priprava slik za nadaljnjo obdelavo

Obdelane slike lahko:

- tiskamo na film,
- shranjujemo na CD, DVD, optični disk ali slike pošljemo v centralni arhiv,
- pošljemo po mreži drugim DICOM uporabnikom.

4.5.1.1 Tiskanje na film

Slike tiskamo s suhim laserskim tiskalnikom na infrardeči film oznake DVB.

V bazi podatkov izberemo pacienta z vsemi njegovimi slikami in začnemo z obdelavo ter pripravo slik za tiskanje (Slika 8):

- izberemo velikost formata,
- omejimo slikovno polje,
- po potrebi dodamo razne oznake in komentarje,
- ročno popravimo kontrastnost in svetlost ali izberemo ustrezen protokol,
- izberemo, katere podatke želimo imeti na filmu in

- oblikujemo format – velikost in število posnetkov na enem filmu formata 35 × 43.



Slika 8: Slika, pripravljena za tiskanje

4.5.1.2 Arhiviranje slik

Po končni obdelavi slike, ki jo izvajamo na delovni postaji, sliko primerno arhiviramo. Sistem arhiviranja poteka tako, da sliko shranimo na prenosne medije: CD, DVD ...

Večje zdravstvene ustanove so opremljene z opremo, ki omogoča centralno arhiviranje slik.

V oknu za obdelavo podatkov "Data handling" označimo paciente, ki jih želimo posneti in izberemo format, v katerem želimo te podatke shraniti. Poleg DICOM formata imamo na voljo še JPEG in TIFF format. Če posnamemo slike v JPEG ali TIFF formatu, lahko slike gledamo na vsakem računalniku, vendar jih ne moremo naknadno obdelovati.

5 PRIMERJAVA MED KONVENCIONALNO IN DIGITALNO TEHNIKO

Primerjavo slik med konvencionalno tehniko folija – film (folija fine) in digitalnim sistemom sem izvajala na fantomu roke. Pri obeh tehnikah sem uporabila iste parametre slikanja: kV in mAs produkt, fokus-film razdaljo, omejitev polja, slikanje z rešetko ali brez rešetke, slikanje z avtomatsko kontrolo ekspozicije (AEC) ali z ročno nastavljeno ekspozicijo.

5.1 Primerjava slik



Slika 9: Avtomatska kontrola ekspozicije, klasičen folija - film sistem



Slika 10: Avtomatska kontrola ekspozicije, slikovna plošča

Na slikah 9 in 10 je prikazana uporaba avtomatske kontrole ekspozicije - 50 kV. Sliki sta tehnično primerljivi in primerni za diagnosticiranje.

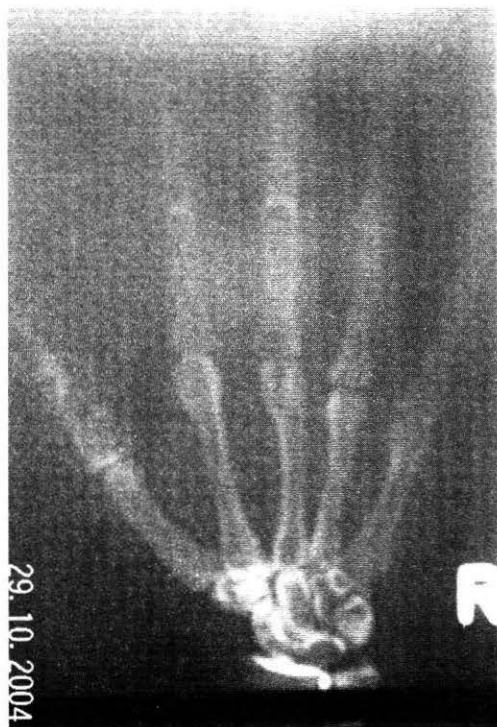


Slika 11: Ročna ekspozicija brez rešetke, klasičen folija - film sistem



Slika 12: Ročna ekspozicija, brez rešetke, slikovna plošča

Sliki 11 in 12 prikazujeta izvedbo z ročno izbranimi parametri – 46 kV in 2,5 mAs, brez rešetke. Sliki sta tehnično primerljivi in primerni za diagnosticiranje.

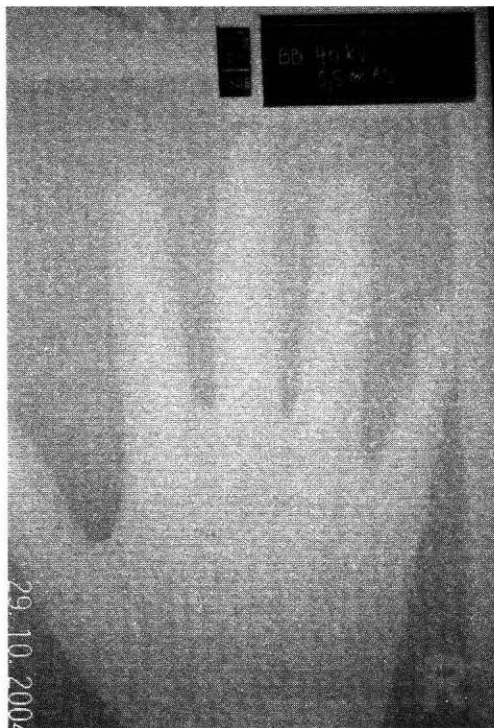


Slika 13: Ročna ekspozicija, brez rešetke, klasičen folija – film sistem

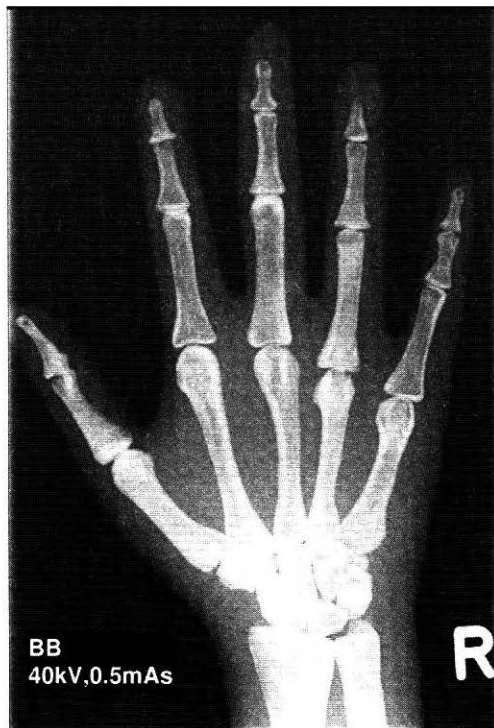


Slika 14: Ročna ekspozicija, brez rešetke, slikovna plošča

Sliki 13 in 14 prikazujeta izvedbo z ročno izbranimi parametri – 60 kV in 10 mAs. Ti parametri so za slikanje roke pri klasičnem sistemu folija – film previsoki, kar je razvidno tudi iz Slike 13. Takšna ekspozicija je primerna za koleno. Pri slikanju na slikovne plošče (Slika 14) pa so parametri ustrezni – slika je tehnično primerna in ustrezna za diagnosticiranje.



Slika 15: Ročna ekspozicija, brez rešetke, klasičen folija - film sistem



Slika 16: Ročna ekspozicija, brez rešetke, slikovna plošča

Na Slikah 15 in 16 je prikazana uporaba najnižjih ekspozicijskih parametrov, ki jih dovoljuje aparat - 40 kV in 0,5 mAs. Na klasičnem folija - film sistemu so vidni le obrisi roke - ekspozicija je prenizka (Slika 15), kar ne velja za slikovne plošče (Slika 16), kjer je vidno, da je slika kljub mejnim nastavitvam aparata še vedno tehnično primerna in ustrezna za diagnosticiranje.



Slika 17: Avtomatska kontrola ekspozicije, klasičen folija – film sistem



Slika 18: Avtomatska kontrola ekspozicije, slikovna plošča

Na slikah 17 in 18 je prikazana uporaba avtomatske kontrole ekspozicije – 77 kV. Sliki sta tehnično primerljivi in primerni za diagnosticiranje.

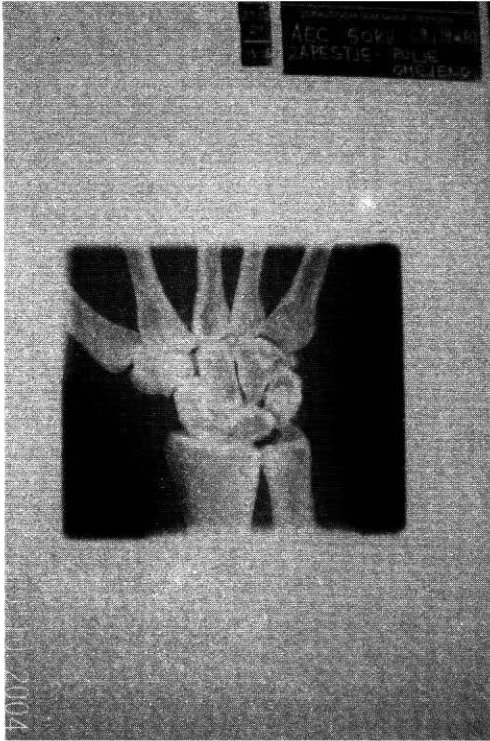


Slika 19: Avtomatska kontrola ekspozicije, zaslonka maksimalno odprta, klasičen folija - film sistem

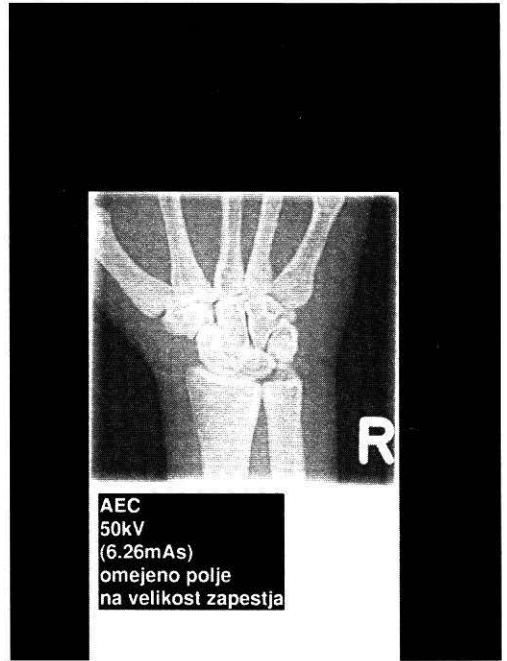


Slika 20: Avtomatska kontrola ekspozicije, zaslonka maksimalno odprta, slikovna plošča

Na slikah 19 in 20 je prikazana uporaba avtomatske ekspozicije – 50 kV in maksimalno odprte zaslonke. Večjih razlik med obema slikama ni, sliki sta tehnično primerljivi in primerni za diagnosticiranje. Pri slikah z zaslonko, omejeno na velikost zapestja (Sliki 21 in 22), pa je kvaliteta slike veliko boljše pri sistemu slikanja na slikovne plošče.



Slika 21: Avtomatska ekspozicija, zaslonka omejena, klasičen folija - film sistem



Slika 22: Avtomatska ekspozicija, zaslonka omejena, slikovna plošča

5.2 Povečave

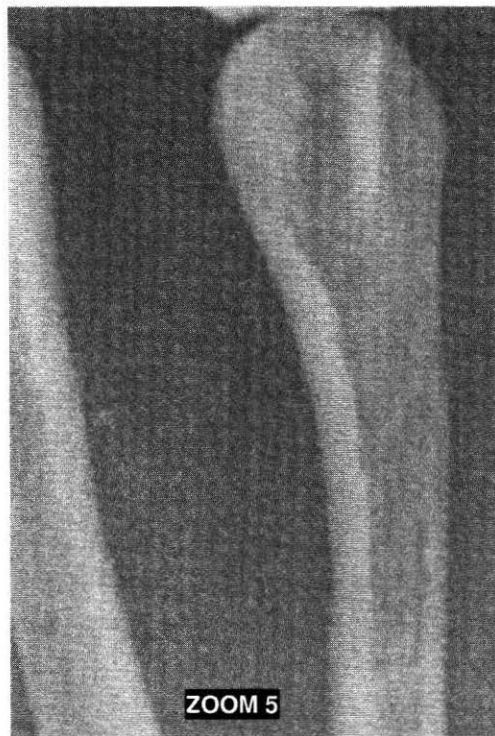
Ena od možnosti, ki jih nudi delovna postaja, so povečave. Sliko lahko povečamo največ 10-krat. Problem pri povečavah je šum. Večja kot je povečava, večji je šum. Šum pri isti povečavi je manjši pri objektih, ki so slikani na slikovno ploščo 18×24 , kot pri objektih, ki so slikani na slikovno ploščo formata 35×43 . Razlika v šumu nastane zaradi velikosti in števila zrn/mm – pikslov. Število pikslov je obratno sorazmerno z velikostjo slikovne plošče.



Slika 23: Slika roke v naravni velikosti



Slika 24: Povečava roke za 2-krat



Slika 25: Povečava roke za 5-krat



Slika 26: Povečava roke za 10-krat

6 ZAKLJUČEK

Minilo je že več kot dvajset let, odkar se je na tržišču pojavila prva slikovna plošča. Izgledi za prihodnost so obetavni. Sam PCR sistem ne zahteva nabave novega rentgenskega aparata, temveč le nadgradnjo starega. Število obdelanih pacientov na časovno enoto se poveča, s tem ni predolгих čakalnih vrst in nezadovoljnih pacientov. Ponavljanj ekspozicij zaradi nepravilnih parametrov slikanja ni, saj je vsako nepravilno ekspozicijo možno korigirati, najprej na pregledovalnem monitorju čitalca in nato še na delovni postaji (Slike 20–24).

Materialni stroški se znižajo – ni kemikalij, število porabljenih filmov se zmanjša, ker se diagnosticiranje vrši neposredno iz monitorja. In nenazadnje, diagnoze so natančnejše, saj lahko zdravnik sam obdeluje sliko – spreminja velikost, spreminja kontrastnost, izvaja meritve ...

Razvoj gre tudi v smeri izboljšav slikovnih plošč in čitalcev. Močno se zmanjšuje kvantni in strukturni šum na račun povečanja specifične teže fluorescentne snovi, zmanjšanja zrn in večje razpršitve le-teh.

ZD Ravne je prva zdravstvena ustanova v Sloveniji, ki ima računalniško skeletno

diagnostiko. Z razvojem tehnologije v svetu težimo k modernizaciji naših storitev v večje zadovoljstvo uporabnikov.

Upam, da bo v prihodnje omenjenih aparatov vedno več. S tem bi PCR sistem dosegel svoj namen, katerega bistvo ni v tiskanju slik na IR film, temveč v komuniciranju in pošiljanju digitalnih slik drugim zdravstvenim ustanovam znotraj PACS omrežja.

Literatura:

- 1 Easy Vision RAD – Navodila za uporabo; izdaja št. 5. Philips Medical Systems, Junij 2003.
- 2 Fuji Computed Radiography - Imaging Plate – Tehnična revija; izdaja št. 14. Fuji Photo Film CO.
- 3 Oakley J. : Digital Imaging. London: Greenwich Medical Media Limited, 2003.
- 4 PCR System – Navodila za uporabo; izdaja št. 5. Philips Medical Systems, Junij 2003.