

Identifikation af billedfejl, der er særlige for røntgenoptagelse med digitale intraorale receptorer

Vibeke Borch, Mia Østergaard, Erik Gottfredsen og Ann Wenzel

Mange tandlæger anvender i dag et digitalt røntgensystem i stedet for den konventionelle film til intraorale optagelser. Der er derfor et behov for at definere og beskrive billedfejl, der er særlige for digitale røntgenoptagelser. Der findes i øjeblikket kun sparsom litteratur om dette.

De fejl, der kan opstå under optagelsen af et røntgenbillede, er i princippet ens for film og digitale receptorer. Det drejer sig om projektionsfejl, altså fejl under positioneringen af receptoren og tubus. Det er dog vist, at de digitale receptorer kan være vanskeligere end film at placere korrekt til intraorale optagelser og derfor kan give anledning til flere fejl og omtagninger, end når der anvendes film (1,2). Projektionsfejl vil ikke blive behandlet i det følgende.

Andre billedfejl er unikke for optagelse med henholdsvis konventionelle røntgenfilm og digitale receptorer. En hyppig årsag til ikkebrugbare filmoptagelser er fejl opstået under fremkaldning og fiksering, og Sundhedsstyrelsen har derfor udstedt bekendtgørelser med krav om kvalitetskontrol af fremkalderprocessen (3). Denne kvalitetskontrol er det ikke nødvendigt at udføre, hvis der kun anvendes digitale receptorer på en tandklinik.

Med indførelsen af digitale receptorer til intraoral røntgenundersøgelse er der imidlertid en række nye fejlmuligheder, som tandlægen bør være opmærksom på. For at forstå, hvordan fejlene kan opstå, er det nødvendigt at kende til processen i billeddannelsen, fra receptoren bestråles, til det færdige røntgenbillede vises på computerskærmen.

Der findes to typer digitale receptorer (4). Disse er fotostimulérbare fosforplader og sensorer, CCD (»charge-coupled device«) og CMOS (»complementary metal-oxide semiconductors«). Disse receptorer er fysisk meget forskellige og vil derfor give anledning til helt forskellige fejltyper. De fotostimulérbare fosforplader er opbygget af stoffer, der ioniseres, når pladen røntgenbestråles, og der dannes et latent billede (som det også kendes fra film) bestående af elektriske ladninger. Dette latente billede aflæses ved hjælp af en rød laserstråle i en scanner. CCD-sensorer består af chips i et integreret kredsløb opbygget af silikoneplader, hvorpå elektriske porte er beliggende i en matrix af kolonner og rækker. En foranliggende krystal omdanner absorberede røntgenstråler til lys. Når lyset rammer CCD'en, frigives der elektroner fra silikonen proportionalt med lysintensiteten, og elektronerne danner det latente billede. Det latente billede flyttes i en hel kolonne eller række ad gangen (heraf navnet »charge-coupled«) hen til et sted i CCD'en, hvor det integreres, behandles og digitaliseres. CMOS-sensorer er opbygget på stort set samme måde som CCD-sensorer. I modsætning til CCD læses hver port i CMOS individuelt. Indbygget i visse CCD- og CMOS-sensorer kan findes en form for raster. Det består af tynde, parallelt liggende blylameller, der er placeret i en ret vinkel på sensoren. Formålet med lamellerne er at frasortere spredt stråling, således at der opnås en bedre billedkontrast.

Køb af en digital receptor kombineres oftest med købet af den samme producents software, der anvendes til at vise billedet efter dannelsen, til en efterfølgende billedbehandling og til lagring af billedet. I nogle tilfælde er der fra producentens side foretaget en billedbehandling (filtrering), inden billedet vises på skærmen efter eksponeringen. Formålet med disse automatiske filtre er at optimere billedet, oftest skarphe den, inden det vises for brugeren, og filtreringen foregår uden brugerens kendskab eller mulighed for indblanding.

Denne rapport s formål er at undersøge og beskrive billedfejl og uhensigtsmæssigheder i billedsystemerne, som er særlige for intraoral røntgenundersøgelse med digitale receptorer. Der blev udført fem undersøgelser:

1. Undersøgelse af mekaniske skader på fosforplader
2. Undersøgelse af »intelligens« blandt scannere til fosforplader
3. Undersøgelse af »blooming«-fænomenet blandt sensorer
4. Undersøgelse af automatiske filtre i sensorers software
5. Undersøgelse af blylameller i sensorer.

Undersøgelserne gennemgås individuelt i det følgende, og for hver undersøgelse afsluttes med en diskussion af undersøgelsens resultater og fund fra faglitteraturen, hvor sådanne eksisterer.

Mekaniske skader på fosforplader (undersøgelse 1)

Under håndteringen af pladen kan der forekomme utilsigtet tryk mod fosforlaget, hvilket kan resultere i permanente skader i form af pletter eller ridser, der ses på det fremkaldte billede som hvide pletter eller streger, og som kan forringe den diagnostiske anvendelighed af billedet. For at begrænse slidskaderne er pladen overfladebehandlet (»coating«), og desuden indpakkes den i en pose/plastkuvert inden optagelsen (dette også af hygiejniske årsager).

De to mest solgte intraorale fosforpladesystemer til danske tandlæger er Digora-systemet (Soredex, Tuusula, Finland) og VistaPerio-systemet (Dürr Dental GmbH & Co. KG, Bietigheim-Bissingen, Tyskland). En given fosforplade sælges sammen med en given scannertype. Undersøgelse 1 havde det formål at vurdere forekomsten af skader ved en kontrolleret mekanisk påvirkning af tre pladetyper til Digora-scannere og en pladetype til VistaPerio-scanneren.

Materiale og metoder

Til undersøgelsen anvendtes den pladetype, der leveredes til Digora FMX-scanneren (denne scanner sælges ikke længere, men er i brug hos mange tandlæger), to pladetyper til Digora Optime-scanneren, SR1 (»gammel« pladetype) og DT1 (ny pladetype med hårdere »coating«), og den plade-

type, der leveres til VistaPerio-scanneren. Alle plader var nye for at sikre mod allerede eksisterende skader i pladerne. Med en blød tusch afsattes et antal prikker på hver plade. Med tape blev fosforpladen fastgjort på en brevvægt på et rullebord. Med en pincet appliceredes et tryk ud for hver prik startende med en belastning på 10 g og med en øgning af trykket for hver prik på 10 g, og imens dette tryk holdtes konstant, blev rullebordet trukket væk under pincetten, hvorved der fremkom en imaginær streg ud for hver prik. Forsøget udførtes tre gange med hver pladetype. Endelig eksponeredes pladerne med en forhåndsbedømt optimal eksponeringstid, og de scannedes i det respektive systems scanner. Efter scanning af billederne blev forekomsten af synlige ridser vurderet.

Resultater og diskussion

Der var ikke forskel i synlige ridser mellem de tre forsøg med den samme pladetype. Der var derimod forskel mellem pladetyperne. På pladen til Digora FMX-scanneren sås ridser ved belastning med 20 g og opefter. På pladerne til Digora Optime-scanneren sås ridser ligeledes ved belastning med 20 g og opefter på SR1-pladerne, men først ved belastning med 50 g og opefter på DT1-plader. På pladerne til VistaPerio-scanneren sås der først ridser ved belastning på 100 g og opefter (Fig. 1).

En fosforplades modstandsdygtighed over for mekanisk påvirkning influerer på pladens levetid i tandlægepraksis. Da pladerne er relativt dyre i indkøb, bør der arbejdes både fra producentens og tandlægens side for at mindske risikoen for mekaniske skader i pladerne. Der findes kun få undersøgelser i litteraturen om fosforpladers holdbarhed. En undersøgelse af tidligere fosforpladetyper viste, at de efter omkring 50 ganges brug blev bedømt som »ikkediagnostiske« af tre observatører (5). En nylig undersøgelse blev udført med de »gamle« SR1-plader anvendt til Digora Optime-scanneren og viste, at man kunne øge pladernes levetid (til i gennemsnit 138 eksponeringer pr. plade) ved at pakke dem i posen sammen med et papindlæg (6). Det anbefales af producenten, at plader, der anvendes i forbindelse med den nye Digora Optime-scanner, lægges ind i et stykke pap, før pladen pakkes i posen. Pappet er udformet, så man undgår at røre ved selve pladen, når den skal ind i scanneren. Under scanning af plader med VistaPerio-scanneren anbefaler producenten at anvende en blød gummi-måtte, som pladen falder ud på og samles op fra. Dette skulle mindske risikoen for ridser ved opsamling.

Man kan naturligvis stille spørgsmål ved, om dette forsøg repræsenterer de mekaniske påvirkninger, fosforplader udsættes for i tandklinikken. Hvor stort tryk skal der

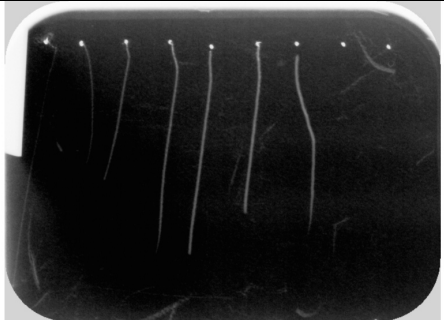
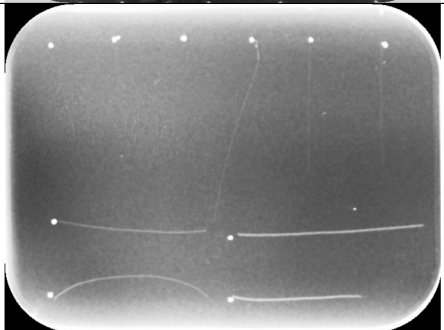
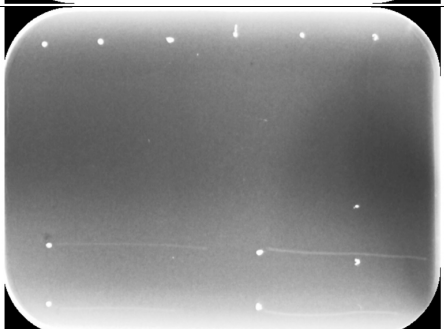
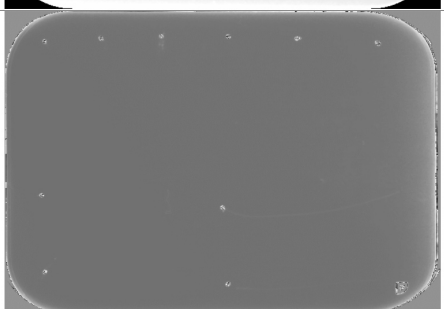
Receptor	Tryk i gram $\pm$ 5 gram	
Digora FMX	20 50 100 150 200 250 300 10 10	
Digora SR1	10 10 10 20 20 20 50 150 50 100	
Digora DT1	10 10 20 20 50 50 100 150 100 150	
Vista	10 10 10 20 20 20 50 150 50 100	

Fig. 1. Ridser i fosforplader ved forskellig mekanisk belastning.

Fig. 1. Scratches in phosphor plates at various mechanical load.

fx til, for at en brødkrumme på et bord eller tryk fra en negl giver anledning til ridser? Desuden kan snavs, der samler sig i scanneren, ligeledes medføre hvide klatter eller streger i det færdige billede, og nogle producenter anbefaler, at scanneren skilles ad og renses en gang om året. Forsøget viser dog, at producenterne bevæger sig mod udvikling af plader med en øget overfladehårdhed og tilsiger, at personalet på tandklinikken skal være yderst omhyggeligt under håndtering af pladerne for at øge disses levetid.

»Intelligens« blandt scannere til fosforplader (undersøgelse 2)

Den tidligste scanner til intraorale fosforplader, Digora FMX (solgt fra 1994) kunne scanne en »voksenplade« (størrelse 2) og en »børneplade« (størrelse 0) ved, at operatøren inden scanningen valgte ved tryk på en knap, hvilken pladestørrelse der skulle scannes. Denne scanner var 25-30 sek. om at aflæse et billede. De nyeste scannere til Digora (Digora Optime-scanneren, ca. 8 sek. om at aflæse et billede) og Vista-systemet (VistaPerio-scanneren, ca. 30 sek. om at aflæse et billede (op til fire ad gangen)) kan scanne flere intraorale pladestørrelser (størrelse 0, 1, 2 og 3). Man skal ikke inden scanningen fortælle scanneren, hvilken pladestørrelse der ønskes aflæst. Disse scannere har en indbygget »intelligens«, idet de selv afkoder, hvilken pladestørrelse der er indsat i scanneren. Hvis et område af pladen ikke er blevet belyst under eksponeringen (en »blændeafskæring«), kunne det tænkes, at scanneren opfatter den indlæste plade som havende en anden størrelse. Formålet med undersøgelse 2 var at registrere, hvordan kontrollere blændeafskæringer aflæses i tre scannertyper.

Materiale og metoder

Til undersøgelsen anvendtes en størrelse 2-fosforplade og en standardiseret eksponeringsopstilling, dvs. en fokus-receptor-afstand på 34 cm, Gendex 1000 dentalrøntgenapparat arbejdende ved 10 mA og 65 kV. En 10 mm plastklods illuderende blødtvæv blev fastgjort for enden af tubus. Som »blændeafskæringsmateriale« benyttedes femten sammentapede blyfolier fra konventionelle røntgenfilmpakker (Fig. 2). Der blev udført otte eksponeringer til aflæsning i hver af tre scannere: Digora FMX, Digora Optime og VistaPerio. Før hver eksponering aflændedes en del af receptoren (horisontalt, vertikalt og på skrå), hvorefter der eksponeredes, og pladen blev scannet.

Resultater og diskussion

Digora FMX-scanneren viste blændeafskæringen, som den var udført uden nogen tilpasning af billedet. Størrelse



Fig. 2. Afblanding med blyplader til undersøgelse af »intelligens« blandt scannere til fosforplader.

Fig. 2. Collimation with lead plates to study »intelligence« in scanners for phosphor plates.

2-pladen blev således hver gang gengivet i sin fulde udstrækning, og de blyfoliedækkede områder fremstod hvide (ikkebelyste) på billedet, som det kendes fra film. Digora Optime-scanneren aflæste kun det område af pladen, der havde modtaget stråling, når afskæringen var foretaget i lige horisontal og vertikal retning. Scanneren tilpassede billedet herefter og viste det oprindelige størrelse 2-format i varierende størrelser på skærmen, alt efter hvor stor en del af pladen der var blevet belyst (Fig. 3). Yderligere tilpassede denne scanner billedets udseende, så det fremstod, som en konventionel film plejer, med runde hjørner. Afskæringer, der var lavet på tværs eller i vinkler, blev vist som hvide områder, da scanneren ikke er i stand til at afskære disse.

VistaPerio-scanneren tilpassede ligeledes billedet til det belyste område af størrelse 2-pladen. Kun den del af receptoren, der var blevet bestrålet, blev opfattet som et billede, men scanneren opfandt ikke runde hjørner for at få billedet til at ligne en konventionel film.

Skanner/Aflændingstype	Horisontal 1	Horisontal 2	Vertikal 1	Vertikal 2
Digora FMX				
Digora Optime				
VistaPerio				
Skanner/Aflændingstype	Venstre hjørne	Højre hjørne	Begge hjørner	Hjørner+horisontal
Digora FMX				Ikke udført
Digora Optime				
VistaPerio				

Fig. 3. »Intelligent« aflæsning i scanneren efter aflænding af fosforpladen.

Fig. 3. »Intelligent« scanning after collimation of the plate.

En blændeafskæring, der involverer hele den ene side af pladen, kan sagtens tænkes på tandklinikker, især hvor der arbejdes med rektangulær tubus. Det er upædagogisk, at den, der forestår røntgenoptagelsen, ikke ser resultatet af at have sigtet forkert med tubus (eller placeret pladen forkert i munden), da man derved ikke anspores til at rette fejlen. Systematiske, uerkendte blændeafskæringer kan derfor være en risiko ved brug af fosforpladesystemer med de nuværende scannere. Traditionelt er en intraoral røntgenfilm eller -plade afrundet i hjørnerne, men det er uhenigtsmæssigt, at scanneren ved blændeafskæring yderligere foretager en systematisk afrunding af de »nye« hjørner

og tildeler pixel i hjørneområdet en mellemgråtone i stedet for den oprindelige gråtone i billedet. Dette betyder, at information i billedet, som kunne være anvendelig, går tabt i afrundingen.

Et lignende forhold er observeret under scanning af ekstraorale optagelser (Vista-scanner til store plader), hvor der er mere end én eksponering på hver plade (tomogramsnit, scannogramoptagelser, o.l.). I disse tilfælde kan det ske, at scanneren fortolker hver deleksponering som et nyt billede og derfor reorganiserer billedernes indbyrdes placering. En scannogramoptagelse bruges til lejringsbestemmelse og består af fire billeder taget i bestemte vinkler i

forhold til hinanden, og forudsætningen for korrekt tolkning af billederne er, at de er placeret korrekt i forhold til hinanden. Scannerens »intelligens« kan således give anledning til alvorlige fejl. Der findes ikke tidligere undersøgelser i litteraturen over effekten af scannerens »intelligens«.

Det sidste forhold, der skal nævnes i forbindelse med scanning af fosforplader, er effekten af ventetid mellem eksponering og scanning af pladen. Det latente billede, der efter eksponering er blevet dannet i fosforlaget, slettes ved belysning med synligt lys. I teorien eksisterer der derfor en risiko for tab af billedinformation, hvis scanningen ikke sker umiddelbart efter optagelsen. Tidligere undersøgelser har imidlertid vist, at der først sker en objektivt målt effekt på pixelintensiteten efter tre timer (7), samt at der efter 168 timer ikke subjektivt kunne konstateres nogen ændring af billedet (8), forudsat at pladen placeredes i mørke inden scanningen. Tandlæger, der ønsker at udsætte scanningen til næste dag, bør derfor gemme pladen under lystætte forhold, da det herefter ingen klinisk betydning har, at scanningen udsættes.

»Blooming«-fænomenet blandt sensorer (undersøgelse 3)

Fosforplader har et bredere dynamisk eksponeringsområde end CCD- og CMOS-sensorer (9,10). Dette skal forstås sådan, at fosforplader tåler en større variation i dosis, uden at den diagnostiske værdi forringes væsentligt. Ved optagelse med sensorer skal eksponeringstiden derfor afpasses nøjere til den eksponerede region. Fænomenet »blooming« optræder hos nogle sensorer i forbindelse med overeksponering af sensoren. Der findes ikke nogen entydig definition på dette fænomen. En mulig forklaring er, at der sker et »overflow« af energi i nogle af portene. Dette skyldes, at grænsen for sensorens dynamik overskrides, og pixel i visse områder »overmættes«. Disse pixel »udbrænder« og fremtræder helt sorte/»døde« på billedet. Fænomenet optræder først i området for den cervikale radiolucens og den marginale knoglekant og kan give anledning til fejldiagnosticering. Formålet med undersøgelse 3 var at observere forekomst af »blooming« for forskellige sensorer.

Materiale og metoder

Til denne undersøgelse benyttedes seks sensorer, tre CCD-sensorer: Dixi2 (Planmeca, Helsinki, Finland), Dr. Suni Plus (Suni Medical Imaging Inc., San Jose, Californien, USA) og Sidexis (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Tyskland); og tre CMOS-sensorer: CDR-APS og CDR-trådløs (begge Schick Technologies Inc., N.Y., USA) og Sigma

(Instrumentarium, Helsinki, Finland). Den standardiserede forsøgsopstilling var som beskrevet for undersøgelse 2. Desuden anvendtes en halv, tør, human maxilla med tænder. Sensoren blev fastsat bag maksillens tænder ved hjælp af rød voks (Fig. 4).

Hver sensor udsattes for en eksponeringsrække bestående af 12 eksponeringstider i intervallet fra 0,12 sek. til 1,0 sek. Alle billeder blev optaget ved hjælp af det respektive sensorsystems egen software. Efter eksponeringerne blev billederne manipuleret i egen software for at afgøre, om et radiolucens (sort) område, typisk i det cervikale område af tænderne, havde en pixelværdi, der kunne manipuleres, eller var »dødt«.

Resultater og diskussion

Af de seks sensorer, der blev testet, viste kun de to af CCD-sensorerne tegn på »blooming« (Fig. 5). Sidexis-sensoren »bloomed« ved 0,42 sek., og Dixi-2-sensoren viste et nærmest binært billede ved eksponeringstiden 0,80 sek. Dr. Suni Plus sensoren »bloomed« ikke, men viste slet intet billede ved overeksponering. Dette er i lighed med resultaterne fra en tidligere undersøgelse af sensorers dynamik (10).

Ved eksponering på CMOS-sensorerne opstod der ikke »blooming«. Tidligere undersøgelser har vist, at CMOS-sensorerne havde et snævrere dynamisk område end CCD-sensorerne, idet der ganske enkelt ikke kommer noget signal fra sensoren ved meget lave og meget høje

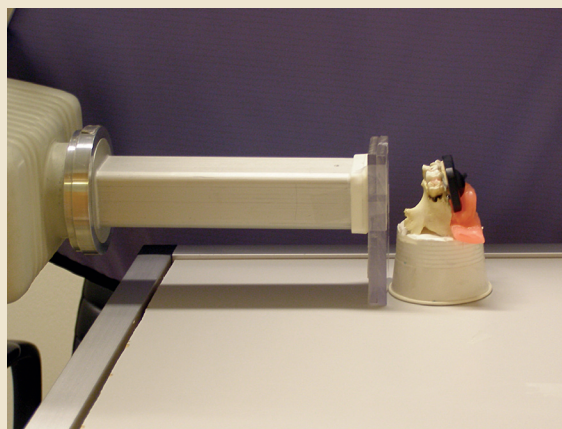


Fig. 4. Forsøgsopstilling til undersøgelse af »blooming«-fænomenet.

Fig. 4. Experimental set-up to study the »blooming«-phenomenon.

eksponeringstider og kV-tal (10). Dog er det nyligt vist, at specielt Sigma-sensoren havde et dynamisk område, der var bredere end de andre CMOS-sensorers og på linje med CCD-sensorernes (Thomas Andersen, upublicerede data, 2008). Dette kan bekræftes i nærværende undersøgelse (Fig. 5). Selv om der ikke konstateredes »blooming«, sås for CMOS-sensorerne tidligt i eksponeringsrækken generelt mørke billeder, som ville være diagnostisk ubrugelige.

Ulempen ved »blooming«-fænomenet er, at det forringer billedkvaliteten og kan vanskeliggøre tolkningen i cervikalområdet. Desuden kan den marginale knoglekant mistes, hvilket kan fejltolkes som knogletab. Forudsat at tandlægen er bekendt med fænomenet og kan identificere dette, bør det ikke give anledning til fejldiagnostik, men det er vigtigt at reducere eksponeringen, når billedet skal anvendes til diagnostik af marginal og peri-implantær knogle. Det har ikke været muligt i litteraturen at finde undersøgelser over fænomenet »blooming«, der relaterer sig til receptorerne i nærværende undersøgelse.

Automatiske filtre i sensorers software (undersøgelse 4)

Den software, der udvikles sammen med den digitale receptor til at vise billedet efter eksponering, har for nogle systemer indbygget en automatisk billedbehandling, der filtrerer billedet, inden det vises på skærmen. Disse såkaldte kantforstærkende »high-pass« filtre fungerer ved, at pixel i en matrix ændrer talværdi efter en matematisk model, hvorved grænserne mellem områder, der fortrinsvis består af lyse (fx emalje/fyldning) gråtoner og områder, der består af mørkere gråtoner (fx luft/pulpa/en carieslæsion), trækkes skarpere op. Når dette filter arbejder i billedet, vil man kunne se manipulationen fortsætte hen over et område, der burde fremstå helt lyst (fx en blændeafskæring) på grund af pixelmatricens størrelse (fx 3x3 eller 9x9 pixel). Dette vil på billedet fremstå som en skygge af mørkere pixel i starten af det lyse område. Formålet med undersøgelse 4 var at vurdere effekten af eventuelle filtre, der automatisk påføres billedet inden visningen.

Materiale og metoder

Til denne undersøgelse blev de samme seks sensorer og den samme standardiserede opstilling benyttet som i undersøgelse 3. Til at afblænde områder af sensoren anvendtes 15 sammentapede blyfolier fra konventionelle røntgenfilmpakker som i undersøgelse 2. Der blev foretaget fire eksponeringer på hver sensor, hver gang med en afblænding af den ene halvdel af sensoren, dels på langs, dels på tværs af sensoren.

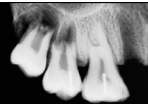
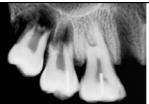
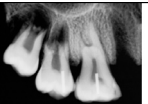
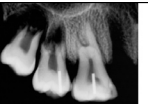
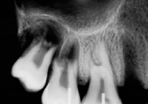
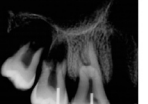
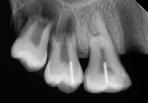
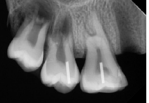
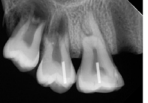
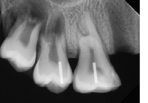
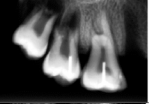
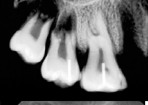
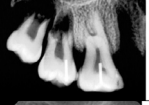
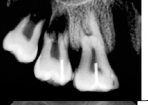
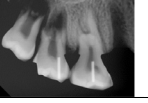
Resultater og diskussion

De to CMOS-sensorer fra Schick, CDR-APS og CDR-trådløs arbejder tilsyneladende ikke i en software, hvor der er indbygget automatisk filter; hvis de gør, er effekten ikke synlig for øjet. For CMOS-sensoren fra Instrumentarium, Sigma, ses, at billedet filtreres, og at den matematiske algoritme bag manipulationen medfører, at en skygge trækkes ind over afblændingen (se vertikal afblænding 1 og 2, Fig. 6). Støjen ses ikke kun i grænsezone; hele det afblændede område får en mellemgråtone (burde have værdien 255=hvid). For CCD-sensoren fra Planmeca, Dixi-2 gjaldt ligeledes, at en automatisk manipulation medfører, at en skygge trækkes ind over den afblændede del af billedet, her startende fra alle hjørner (undtagen ved vertikal afblænding 2, Fig. 6). For CCD-sensoren fra Suni, Dr. Suni Plus, fremkom der slet intet billede ved eksponering med vertikal afblænding 1. For CCD-sensoren fra Sirona, Sisdexis, sås der skygge i den afblændede del ved vertikal afblænding 1, og der fremkom en »trappeformet« aftegning ved vertikal afblænding 2. Der findes en enkelt undersøgelse i litteraturen om denne type artefaktdannelse foretaget med en CCD-sensor fra Trophy (nu Kodak), som ligeledes viste, at der forekom skygge ved afblænding af den ene side af sensoren på tværs, mens der ingen skygge opstod ved afblænding på langs (11).

Det kan konstateres, at der er forskel på, hvordan den til sensorerne knyttede software håndterer afblændingerne. Det er således ikke ligegyldigt, hvilken del af sensoren, der afblændes. Forsøget tyder desuden på, at der for nogle sensorers vedkommende findes et eller flere strålefølsomme områder (»trigger-zones«), som skal aktiveres, før der kan ske en aflæsning af billedet i sensoren. Rammes disse områder ikke under eksponeringen (selv ved en lille blændeafskæring), fremkommer der intet billede.

Blylameller i sensorer (undersøgelse 5)

Visse sensorer var tidligere bygget med tætsiddende blylameller placeret foran og vinkelret på CCD-chippen. I sensorer med blylameller frasorteres de stråler, der ikke er parallelle med lamellerne. I teorien vil der eksistere en vinkel mellem centralstrålen og sensorplanet, uden for hvilken der ikke fremkommer noget billede. Det er ikke klart, om sensorer, der sælges i dag, indeholder lameller, da leverandørerne ikke altid kan give svaret. Formålet med undersøgelse 5 var at eksponere forskellige sensorer fra flere vinkler for at se, om der findes projektiionsretninger, hvorfra der ikke dannes et billede i sensoren.

Receptor/Eksp.tid (sek)	0,26	0,30	0,34	0,42
CDR-Trådløs				
CDR-APS				
Sigma				
Dixi-2				
Dr. Suni Plus				
Sidexis				

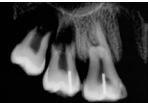
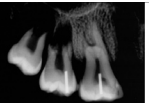
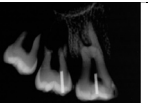
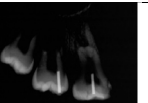
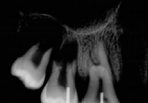
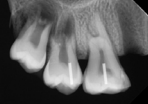
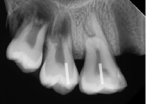
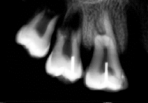
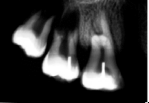
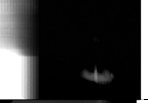
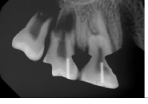
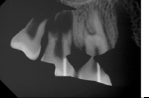
Receptor/Eksp.tid (sek)	0,50	0,60	0,80	1,00
CDR-Trådløs				
CDR-APS				
Sigma				
Dixi-2				
Dr. Suni Plus				
Sidexis				

Fig. 5. »Blooming«-fænomenet ved overeksponering af sensorer.

Fig. 5. The »blooming«-phenomenon at sensor overexposure.

Receptor/Ablændingstype	Horisontal 1	Horisontal 2	Vertikal 1	Vertikal 2
CDR-Trådløs				
CDR-APS				
Sigma				
Dixi-2				
Dr. Suni Plus			Ingen billeddannelse	
Sidexis				

Fig. 6. Skyggedannelse i den aflændede del efter automatisk filtrering af billedet.

Fig. 6. Shadowing in the collimated part of the image after automatic filtering.

Materiale og metoder

Til denne undersøgelse blev de samme seks sensorer benyttet som i undersøgelse 3 og den samme standardiserede opstilling. Der foretoges fem eksponeringer med forskellige projektiionsvinkler på hver sensor. Projektiionsvinklerne var henholdsvis 10, 20 og 30 graders ekscentriske optagelser (horisontalplanet) samt +40 og +60 grader i vertikalplanet.

Resultater og diskussion

Der fremkom billeder ved samtlige eksponeringer med forskellige vinkler på samtlige sensorer. Disse sensorer indeholder derfor ikke lameller, der har relevans for almindelig intraoral røntgenundersøgelse, hvor projektiionsvinkel-

len oftest er vinkelret på sensoren, men kan variere både i det horisontale og vertikale plan.

Den sidste fejl, der skal nævnes i denne rapport, er en skade, der kan opstå ved slag påført sensoren, fx ved tab på gulvet. Der kan opstå en fysisk skade på chippen, som kan ligne en infraktion, og som ikke kan ses uden på sensoren. På skærmbilledet vil dette område fremstå med en anden densitet end resten af billedet og kan under uheldige omstændigheder mistolkes (Fig. 7). Da en sensor er en kostbar receptor, bør rengøringen håndteres omhyggeligt, og sensoren bør flyttes (fx mellem klinikker) så lidt som muligt. Af oplagte grunde er der ikke i denne rapport udført undersøgelser med henblik på at fremstille chipskader i sensorer.

Konklusioner

Denne rapport belyser nogle billedfejl, som er særlige for intraorale optagelser med digitale receptorer. Undersøgelse 1 viste, at der skal et relativt lille tryk til, før der opstår ridser i fosforplader, men at producenterne arbejder på at gøre overfladen mere resistent.

Undersøgelse 2 viste, at nyere scannere til fosforplader udviser »intelligens« og kun aflæser det belyste område på pladen, hvilket forringer erkendelsen af en blændeafskæring. Undersøgelse 3 viste, at »blooming« forekommer ved overeksponering af visse sensorer, men er man bekendt med fænomenet, burde det ikke være et problem i praksis. Undersøgelse 4 viste, at software til sensorer ofte matematisk filtrerer/kantforstærker billedet, inden det vises efter eksponeringen; et fænomen der kan give anledning til skygger i ikke-belyste områder af billedet. Desuden blev det klart, at visse sensorer har nogle små, billedaktiverende områder, der skal bestråles, før der kan ske en aflæsning af billedet. Undersøgelse 5 viste, at de mest solgte sensorer i dag ikke indeholder lameller/raster af betydning for billeddannelsen til almindelige intraorale optagelser.

English summary

Identification of errors specific to digital receptors used in intraoral radiographs

The aim of this report was to study and describe errors particular for intraoral radiographic images obtained with digital receptors. Five studies were conducted:

1. Study of mechanical damages in storage phosphor plates
2. Study of »intelligence« among scanners for storage phosphor plates
3. Study of the »blooming«-phenomenon for sensors
4. Study of effect of automatic filters in sensor software
5. Study of lead lamellae inside sensors.

In study 1, scratches were visible in all four types of plates tested: in the plate working with the Digora FMX scanner scratches were seen at a load of 20 grams or more; in the »old« plate (SR1 type) working with the Digora Optime scanner scratches were seen also at a load of 20 grams and up; in the new plate for the Digora Optime scanner (DT1 type) they were seen at a load of 50 grams or more. In the plate for the VistaPerio scanner scratches were not seen until a load of 100 grams was applied (Fig. 1).

In study 2, a size-2 phosphor plate was collimated by lead foils in the horizontal and vertical directions and

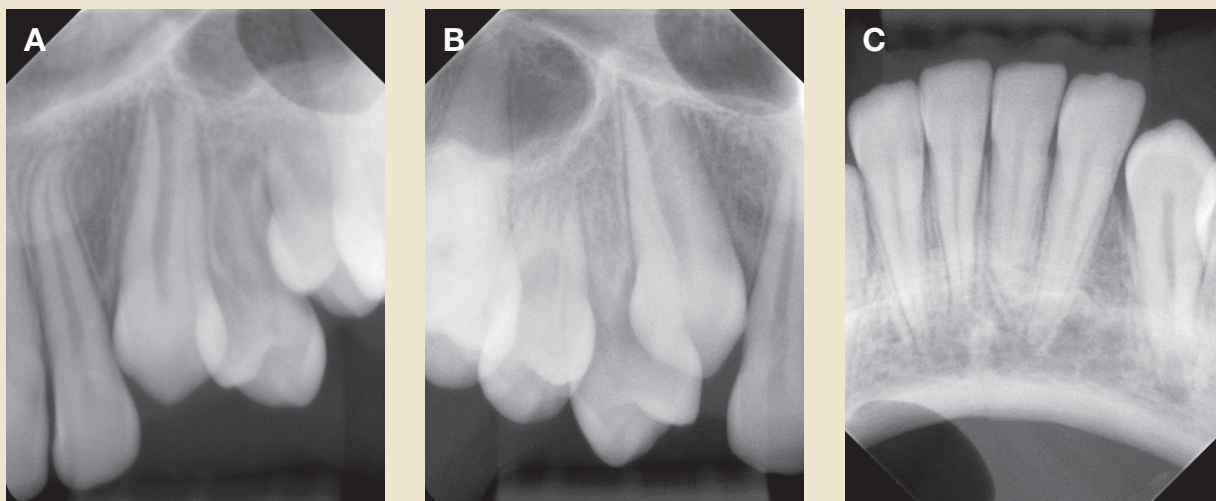


Fig. 7A. Optagelse af venstre side af overkæben. Chipskaden ses i øverste højre hjørne og kan mistolkes som en del af sinus maxillaris.

Fig. 7B. Optagelse af højre side af overkæben. Chipskaden ses stadig i øverste højre hjørne.

Fig. 7C. Optagelse af fronttænderne i underkæben. Chipskaden ses i nederste venstre hjørne.

Fig. 7A. Exposure of the upper jaw left side. The chip damage is seen in the upper right corner and may be misinterpreted as the maxillary sinus.

Fig. 7B. Exposure of the upper jaw right side. The chip damage is still seen in the upper right corner.

Fig. 7C. Exposure of the lower jaw frontal teeth. The chip damage is seen in the lower left corner.

scanned in three scanner systems. The Digora FMX scanner displayed the image in full size with the collimated, unexposed area shown as white (Fig. 3). The Digora Op-time scanner only displayed the exposed area of the plate when the collimation was performed horizontally or vertically. The original size-2 image was therefore displayed in various sizes (Fig. 3). Further, the scanner tailored the image to look like a conventional film with rounded corners. The VistaPerio scanner likewise displayed only the exposed area of the image, but this scanner did not cut round corners to make the image appear like film.

In study 3, six sensors were tested, and only two of the CCD sensors showed a type of blooming: the Sidexis sensor, which bloomed at 0.42 s. and the Dixi-2-sensor, which showed a binary image at the exposure time 0.80 s. (Fig. 5). The Dr. Suni Plus sensor showed no blooming artifact, but neither did it record any image at high exposures. The CMOS sensors did not show blooming, but at low and high exposures there was no signal from the sensor, and the dynamic range was lower since the images very soon became too dark for diagnostics. The Sigma sensor possessed a dynamic range broader than the other CMOS sensors and on a par with the CCD sensors (Fig. 5).

In study 4, the same six sensors were partly collimated to test the effect of possible automatic filters in the software on the collimated area. The CMOS sensors from Schick, CDR APS and CDR wireless apparently do not work in software with automatic filtering of the image before display. For the other CMOS sensor, Sigma the image was filtered and the mathematical algorithm resulted in a shadowing effect drawn into the collimated (white) area (see vertical collimation 1 and 2, Fig. 6). This »noise« is not only seen in the border zone between black and white, but the pixels in the collimated area are given a neutral shade of grey (should have had the value 255=white). For the CCD sensor, Dixi-2 an automatic manipulation resulted in a shadow in the collimated area independent on which part of the sensor had been collimated (except at vertical collimation 2, Fig. 6). For the CCD sensor, Dr. Suni Plus no image was displayed at vertical collimation 1. For the CCD sensor, Sidexis a shadow appeared at vertical collimation 1, and a »step-wedge-like« structure was displayed at vertical collimation 2. Some of the sensors apparently possess »trigger-zones« which should be exposed before image display can occur. If these zones are not irradiated, no image will be displayed.

In study 5, the same six sensors were exposed at eccentric projection angles of 10, 20 and 30 degrees horizontally and +40 and +60 degrees vertically to study whether they

had built-in lamellae to reduce the effect of scatter radiation. An image was displayed for all sensors at all projection angles; thus no lamellae, which could interfere with conventional image projection angles could be observed.

In conclusion, study 1 showed that a relatively small mechanical load is needed to produce scratches in storage phosphor plates, but the manufacturers are apparently working on coatings that make the surface more resistant. Study 2 showed that the new scanners for phosphor plate systems have built-in »intelligence« and only read and display the exposed area of the plate, but this impairs the ability of the operator to recognize a collimation error. Study 3 showed that blooming and other artifacts appear at over-exposure of some sensors, and that some sensors apparently possess »trigger-zones«, which should be exposed before image display can occur. Study 4 showed that the software connected with certain sensor systems often perform a mathematical filtering/edge-preservation of the image before display; a factor which may result in shadows appearing in non-exposed areas of the image. Study 5 showed that the sensors tested do not contain lead lamellae of importance for image capture in intraoral recording.

Litteratur

1. Bahrami G, Hagström C, Wenzel A. Bitewing examination with four digital receptors. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32: 317-21.
2. Hellén-Halme K, Johansson P-M, Håkansson J, Petersson A. Image quality of digital and film radiographs in applications sent to the Dental Insurance Office in Sweden for treatment approval. *Swed Dent J* 2004; 28: 77-84.
3. Sundhedsstyrelsen, Bekendtgørelse nr. 209. Bekendtgørelse om dentalrøntgenanlæg til intraorale optagelser med spændinger til og med 70 kV.
4. Wenzel A, Gotfredsen E. Røntgenundersøgelse med digitale systemer. *Tandlægebladet* 2004; 12: 1024-30.
5. Bedard A, Davies TD, Angelopoulos C. Storage phosphor plates: How durable are they as a digital radiographic system? *J Comtemp Dent Pract* 2004; 2: 57-69.
6. Molander B, Gröndahl H-G. Durability of storage phosphor plates. Abstract 44, Congress of Dentomaxillofacial Radiology, Beijing, China 2007.
7. Martins MGBQ, Whaites EJ, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F. What happens if you delay scanning Digora phosphor storage plates (PSPs) for up 4 hours? *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35: 143-6.
8. Ang DB, Angelopoulos C, Katz JO. How does signal fade on photo-stimulable storage phosphor imaging plates when scanned with a delay and what is the effect on image quality? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 673-9.
9. Borg E, Gröndahl H-G. On the dynamic range of different X-ray photon detectors in intra-oral radiography. A comparison of

image quality in film, charge-coupled device and storage phosphor systems. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25: 82-8.

10. Wenzel A, Søbye I, Andersen M, Erlendsson T. Intraorale digitale receptorers dynamikområde og evne til at fremstille et lavkontrastobjekt. Tandlægebladet 2007; 14: 1080-6.
11. Heaven T, Weems R, Eleazer P. Electronic digital radiographic sensor response to lead and air. J Dent Res 2007; 86 (Special Issue A): Abstract 455.

Forfatteroplysninger:

Vibeke Borch, stud.odont., Tandlægeskolen i Århus, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.

Mia Østergaard, stud.odont., Tandlægeskolen i Århus, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.

Erik Gotfredsen, programmør, Afdeling for Oral Radiologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.

Ann Wenzel, tandlæge, lic. et dr.odont., professor, Afdeling for Oral Radiologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet.