

## Film, bildplatta och sensorer

Så fungerar  
intraorala receptorer

**SAMMANFATTAT** I dag använder tandläkare tre typer av receptorer vid intraorala röntgenundersökningar, den konventionella dental-filmen, ett system med bildplatta eller en sensor med eller utan sladd. Här beskrivs receptorernas olika egenskaper, vilka fel som kan uppstå under bildframställning och problem vid undersökningen.

Artikelns diskuterar vad man bör tänka på när man granskar den digitala bilden på skärmen samt nya diagnostiska metoder där digitala receptorer använts för diagnostik av karieslesioner, marginalt och apikalt ben samt rotfrakturer i samband med endodontisk behandling och för att skilja på olika dentala material. Bildbehandlingen är ett viktigt element i digital bildframställning som artikeln diskuterar och författarna pekar även på framtida möjligheter för diagnosspecifik bildbehandling. Slutligen diskuteras vilka hänsyn som bör tas när man lagrar den digitala bilden och när man skickar den via internet.

**TEKNIK OCH BILDFRAMSTÄLLNING**

Intraoral röntgenundersökning är, trots att det utvecklats nya avancerade metoder, fortfarande den oftast använda röntgentekniken i tandläkarpraktiken. Valet av bildframställande teknik står mellan konventionell dental film och digitala receptorer med eller utan skanning efteråt.

**Film och framkallning**

En röntgenfilm är uppbyggd av två komponenter: en bas av ett plastmaterial och en emulsion, oftast på bägge sidor av basen. Emulsionen består av silverhalidkristaller, oftast silverbromid. Vid exponering med röntgenstrålning bildas en latent bild i emulsionen. Filmen framkallas i en kemisk lösning efter exponering, de bestrålade silverbromidkristallerna reduceras till metalliskt silver under framkallningen, och ickebestrålade silverbromidkristaller sköljs under fixeringen [1].

Tidigare användes en basisk framkallningskemi som innehöll hydrokinon och glutaraldehyd, som är giftigt, och därför ska det finnas utsugning över en framkallningsmaskin. Nu finns en askorbinsyrebaserad framkallningsvätska som är mindre giftig och inte luktar, som man bör använda. Vätska som använts ska destrueras på ett miljömässigt försvarbart sätt.

Ju snabbare (känsligare) en röntgenfilm är, desto mindre strålning krävs för att få nödvändig svärta. Hastigheten (speed) på dental film anges med beteckningarna D, E, och F och definieras som det reciproka värdet av den bestrålning (mätt i R) som krävs för att få en svärta på 1,0 D utöver grundslöja (inklusive bas). E-speedfilm kräver endast cirka 50 procent av den strålning som är nödvändig för att under i övrigt identiska villkor svärta en D-speedfilm. Det finns film som med optimal framkallning är cirka 20 procent känsligare än E-speedfilm och som under dessa förhållanden är en F-speedfilm. Man har inte funnit diagnostiska skillnader mellan E-speedfilmen och den under optimala förhållanden snabba F-speedfilmen [2].

Utvecklingen av en snabbare film innebär ofta att de enskilda kristallerna i filmen ska vara större. När kristallstorleken ökas, kan det gå ut över detaljskärpan i bilden. För bedömning av den spatiella upplösningen i en röntgenbild används ofta ett »streck-test« som består av att man röntgar en testfantom som innehåller 50 µm tjocka blylameller inlagda i plast med olika inbördes avstånd. Genom att bedöma hur många tätstående lameller man kan urskilja med ögonen får man ett uttryck för den spatiella upplösningen i »linjepar/mm« (lp/mm, där ett linjepar är en blylamell+luften mellan två lameller). Intraoral film har en upplösning på 12–16 lp/mm. Kontrasten i filmen definieras som filmens förmåga att visa svärteskillnader mellan objekt med olika tjocklek, täthet och atomnummer.

Om den oframkallade filmen utsätts för ljus, får man en oavsiktlig svärta som kan reducera eller förstöra bildkvaliteten. Detta kan inträffa om mörkrummet inte är tillräckligt ljustätt, till exempel om ljus tränger in genom nyckelhål, otäta dörrar och liknande. Om man använder framkallningsmaskiner med dagsljusstillsats är det viktigt att manschetterna är täta. All röntgenfilm har en grundslöja som visar sig genom en viss svärtning

**Ann Wenzel**  
professor, lic et dr  
odont, avdelningen  
för oral radiologi, Tand-  
läkarskolan i Århus,  
Hälsövetenskapliga  
fakulteten,  
Århus universitet  
**E-post:** awenzel@  
odont.au.dk

**Anne Møystad**  
förste amanuens, dr  
odont, specialist i käk-  
och ansiktsradiologi,  
avdelningen för käk-  
och ansiktsradiologi,  
Institutet för klinisk  
odontologi,  
Universitetet i Oslo  
**E-post:** amoystad@  
odont.uio.no

efter framkallning av en oexponerad film, och denna grundslöja minskar kontrasten i bilden. Grundslöjan tilltar under lagring [3].

### Digitala receptorer

Intraoral röntgenundersökning med digitala receptorer har fått stor utbredning bland tandläkare i Norden. 2001 arbetade till exempel 17 procent av de norska tandläkarna med en digital receptor [4], och antalet stiger i alla nordiska länder. Tandläkaren kan välja mellan tre typer av receptorer för digital bildupptagning; den CCD-baserade sensorn (charge-coupled device), den CMOS-baserade sensorn (complementary metal oxide silicon) och den stimulerbara bildplattan.

CCD-sensorer består av chips i ett integrerat kretslopp uppbyggt av silikonplattor där elektriska pixlar ligger i en matris av kolumner och rader. En framförhängande kristall omvandlar absorberade röntgenstrålar till ljus. Ljusintensiteten motsvarar mängden absorberade röntgenstrålar. När ljuset träffar CCD:n frigges elektroner från silikonen proportionellt med ljusintensiteten och elektronerna skapar en latent bild. Bilden flyttas en hel kolumn eller rad åt gången (därför namnet charge-coupled) till en plats i CCD:n där den integreras, behandlas och digitaliseras. CCD-systemen har en kabel som förbinder sensorn med datorn och bilden visas nästan direkt på datorskärmen efter exponeringen [1].

CMOS-sensorer är uppbyggda på i stort sett samma sätt som CCD-sensorer. I motsats till CCD avläses varje pixel i CMOS individuellt. De flesta CMOS-sensorer har en kabel, men det finns sladdlösa versioner. Informationen som är lagrad i sensorerna utan kabel, omvandlas till radiovågor som skickas till en stationär radiomottagare kopplad till en dator. Avståndet mellan sensorn i patientens mun och radiomottagaren får vara upp till 3,5 meter (5).

CCD- och CMOS-sensorer för intraoral användning finns i flera storlekar. Den största motsvarar i ytterdimensionerna en 3x4 centimeter vuxenfilm, men det strålkänsliga området är 2-3 millimeter mindre på både höjden och bredden. Sensorernas tjocklek varierar; den tunnaste är cirka 3 millimeter och den tjockaste cirka 7 millimeter (tjockare vid sladdfästet). Det finns hållare framtagna till sensorer men alla är inte lika flexibla.

Den fotostimulerbara bildplattan har en yta av ämnen som joniseras när plattan utsätts för röntgenstrålning, och det bildas en latent bild som består av elektriska laddningar. Bild läses av med hjälp av en röd laserstråle i en skanner. Laserljuset stimulerar de »fångade« elektronerna varvid energi frigges i form av ljus. Detta registreras av en fotomultiplikator som omvandlar ljuset till en elektrisk signal som digitaliseras [6]. Skanningen tar från åtta sekunder upp till flera minuter, allt efter skannertyp och val av upplösning i bilden. Bildplattorna finns i olika storlekar (från storlek



**»Valet av bildframställande teknik står mellan konventionell dental film och digitala receptorer med eller utan skanning efteråt.«**

0 till storlek 4 i en del system) och kan användas med samma hållare som för film. Plattorna levereras i de flesta system i samma storlekar som film och är flexibla till en viss grad, men det går inte att bocka ett hörn som man kan med film.

### Bildupplösning

Upplösningen (lp/mm) är lägre i många digitala röntgensystem än i den konventionella dental-filmen och varierar mellan 6 och 20 lp/mm. Den spatiella upplösningen i digitala bilder kan också uttryckas som antal pixlar per ytenhet. Bildplattor genererar generellt bilder med lägre spatiell upplösning än sensorer, beroende på fabrikat och avläsningsfunktionen i skannern.

Kontrastupplösningen eller bitdjupet (antal möjliga gråtoner en pixel kan anta) i digitala intraorala bilder ligger mellan 8 (256 gråtoner) och 16 (65 536 gråtoner), där bildfilstorleken (hur mycket plats bilden tar i minnet) växer proportionellt med upplösningen. För bildplattesystem är skanningstiden dessutom proportionell med upplösningen i bilden. Man bör därför tänka på om man behöver hög upplösning i intraorala bilder? En tidigare undersökning har visat att det inte var någon skillnad i den diagnostiska säkerheten mellan digitaliserade bilder med 6 och 8 bitars djup [7]. Två nyligen gjorda undersökningar av kariesdiagnostik visade att förmågan att upptäcka en lesion endast i liten

grad påverkades av en hög spatiell upplösning i bilden [8, 9] eller i en ökning av bitdjupet från 8 till 12 alternativt 16 bitar inom olika röntgensystem [9]. En undersökning av möjligheten att rätt bedöma placeringen av en endodontisk fil fann däremot att 12-bitarsbilder gav mer korrekt information än 8-bitarsbilder (10).

**Dynamik i receptorn**

Intraorala röntgenreceptorer har varierande dynamisk bredd, det vill säga hur stor variation i bestrålningen receptorn tillåter för att det ska bildas en användbar bild [11–15]. Om bilden är användbar beror också på receptorns signal/brusförhållande [13, 15, 16], eftersom några receptorer ger en kornig, brusig bild (för liten signal/brusratio) vid låga exponeringar. Bildplattesystem har tidigare visat sig ha bredare dynamisk bredd än CCD-sensorer [12, 14].

Försök med olika intraorala receptorers dynamiska bredd för att återge ett lågkontrastobjekt visade att film, bildplattor och enstaka sensorer hade en stor dynamisk bredd medan CMOS-sensorer hade smalare dynamisk bredd och en ny sensor på marknaden hade den smalaste dynamiska bredden av alla [17]. Bildplattorna presterade bäst vid en hög exponering (70 kV) medan de flesta sensorer presterade bäst vid 65 kV, och några till och med vid 60 kV. Sensorerna är därför mer strålkänsliga än film och bildplattor.

**FEL UNDER BILDFRAMSTÄLLNINGEN**

**Film**

Vid hårdhänt hantering av film kan det uppstå repor i emulsionen som uppträder som vita streck i den färdiga bilden. Spilld vätska på filmen innan framkallningen kan ge upphov till svarta eller vita fläckar på den framkallade filmen [1].

Den största orsaken till en dålig filmbild är framkallningen. Om framkallningsvätskan är gammal blir bilden kontrastlös, om fixeringsvätskan är gammal, eller tiden i den för kort, får bilden med tiden en gul-brun färg som förstör dess diagnostiska egenskaper. Om filmen överexponeras eller överframkallas ökar densiteten och den kan bli helt svart. Det finns tydliga och noggranna riktlinjer för kvalitetskontroll av filmframkallning som alla tandläkare ska följa [18]. Om mörkrummet/framkallningsmaskinen släpper in ljus ger det en diffus svärta i filmen med sämre kontrast som följd.

**Bildplattor**

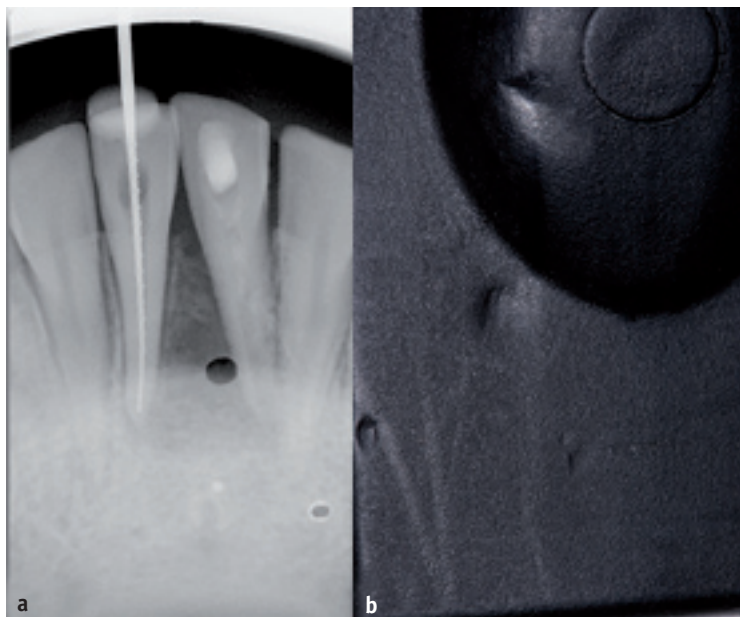
Bildplattor får relativt lätt defekter i ytlagret som efter skanningen ses som vita fläckar/streck i bilden. Om en platta har fått en repa syns den naturligtvis på samtliga bilder som tas med den här plattan (figur 1). En undersökning har visat att en äldre typ av plattor fick synliga repor vid en belastning med 20 g medan nya typer av plattor får repor vid belastning med 50–100 g [19]. En bildplattas motståndskraft mot mekanisk påverkan påverkar plattans livslängd i tandläkarpraktiken. En tidigare undersökning visade att äldre typer av plattor bedömdes som icke-diagnostiska efter att ha använts cirka 50 gånger [20]. En ny undersökning visade att man kan öka plattornas livslängd genom att packa in dem i påsen med ett pappersinlägg [21]. Man bör inte använda pincett när man för in plattan i skannern eftersom det ökar risken för att repa plattan.

Olika skannrar för intraorala bildplattor visar bilden olika [19]. Några behöver information före skanningen om vilken plattstorlek som ska skannas (till exempel Digora fmx). Bilden visas i denna storlek, oavsett om det är vita områden eller inte (exempelvis bländaravskärning) i bilden. Andra är mer »intelligenta« och läser endast av det område av plattan som har fått strålning, och anpassar sedan bildens storlek efter det exponerade området (till exempel Digora Optime och Vista). I dessa skannrar går det inte att se om man har använt en liten plattstorlek eller om det blivit en bländaravskärning under exponeringen.

Bildplattan tål påverkan med synligt ljus i ett kort ögonblick under upppackningen. Skannern kan därför stå i normal rumsbelysning. Flera undersökningar har dock visat att ju högre ljusintensitet och ju längre den varade, desto större blev informationsförlusten i plattan [22–24]. Även om plattan ligger kvar i sin förpackning efter exponeringen blir det en objektiv effekt på pixelintensiteten efter några timmar, om den ligger i dagsljus [25, 26]. Om plattan placerades i fullständigt mörker innan skanningen kunde man inte konstatera någon förändring i den subjektiva uppfattningen av bildkvaliteten efter sju dagar [25].

En del skannrar har en inbyggd ljuskälla som ser till att plattan rensas fullständigt från infor-

Figur 1 a, b. a) Svart-vita »fläckar« i en digital bild av underkäksfronten. b) Fläckarna har orsakats av en permanent skada i sensor som resultat av bett. Man har försökt, men inte lyckats, kalibrera om sensorn.



mation innan den kommer ut igen från skannern. Andra kräver att man efter skanningen belyser plattan med en stark ljuskälla för att få plattan ren till nästa exponering. En undersökning har visat att det inte var någon skillnad på kvaliteten i nästa bild efter att en platta (i DenOptix) hade belysts i 5 respektive 98 sekunder [27].

En undersökning slog fast att arbetstiden för en helstatusundersökning med bildplattor tog 27–31 minuter, och att det inte var någon skillnad på olika bildplattesystem [22].

### Sensorer

Det så kallade »Blooming-fenomenet« uppträder hos en del sensorer i samband med överexponering av sensorn. Det betyder att pixlar i ett område »bränner ut« och framträder helt svarta/döda i bilden. En förklaring är att det sker ett överflöde av energi i några av pixlarna. Detta beror på att gränsen för sensorns dynamik överskrids och att pixlar i vissa områden övermätts. Det här försämrar bildkvaliteten och kan försvåra tolkningen i cervikalområdet, där det först uppträder. Dessutom kan den marginala benkanten försvinna i bilden, vilket kan feltolkas som benförlust. Fenomenet sågs för några CCD-sensorer, medan blooming inte uppträdde vid exponering på CMOS-sensorerna [19].

Skador kan även uppstå i sensorerna om de tappas på golvet eller om en patient biter hårt på sensorn (figur 2).

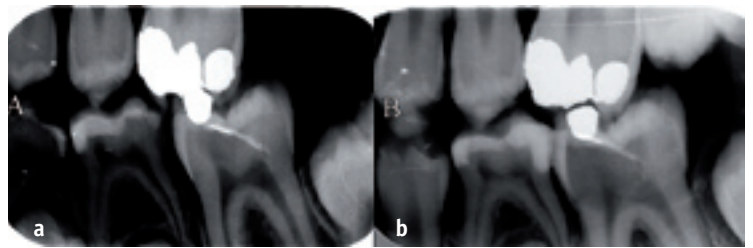
### PATIENTUNDERSÖKNING

Enkätundersökningar till tandläkare som arbetar med digitala röntgensystem har visat att det är den enklare efterbehandlingen av bilden (snabb bildåtergivning, ingen framkallning, möjlighet att förbättra bilden) som anses vara den största fördelen med ett digitalt system [4, 28]. De flesta tandläkare anger dock att de haft problem med sitt digitala system och många använder film som ett komplement [29, 30].

Sensorerna är mycket tjockare än film och de flesta är förbundna med datorn via en kabel som kan vara styv och svår att få plats med. Några bildplattor packas in i en plastpåse som har skarpa kanter, och det går inte att böja hörnen på plattorna. De digitala receptorerna kan därför skapa problem för patienten och operatören under en intraoral undersökning.

### Obehagskänsla

I en tidigare undersökning jämfördes en CCD-sensor (yttermått 32x45x7,5 mm) och en bildplatta (yttermått 35x45x2 mm) genom att patienten registrerade sin känsla av obehag i samband med en bitewingundersökning [31]. Patienterna registrerade större obehag med sensorer än med bildplattor [31, 32]. En motsvarande undersökning jämförde obehaget vid användning av tre sensorer, två bildplattor och film för undersök-



**Figur 2 a, b. a) Repar i en bildplatta ses som vita streck projicerade över 36. b) Samma bildplatta råkade användas till samma region hos samma patient efter en tid (frambrött av 34). Det har kommit en ny repa i plattan horisontellt över 26, 27.**

ning av visdomständer i underkäken. Alla digitala receptorer kändes obehagligare än film [33]. Bildplattor var mindre obehagliga än sensorer och tjocka sensorer med sladd var som förväntat obehagligare än tunnare sensorer respektive sensorn utan sladd. I 12 av 220 visdomstandsregioner i underkäken kunde patienten inte acceptera att få en sensor placerad i regionen, medan två patienter inte accepterade filmen [33]. I en annan undersökning fann man inte någon skillnad på käslan av obehag mellan undersökningar med en sensor med kabel och samma sensortyp utan kabel [5].

### Fel och omtagningar

Om patienten känner obehag av att ha receptorn i munnen kommer detta förmodligen att resultera i fler bilder med positioneringsfel. En undersökning av bilder som skickats till ett försäkringsbolag visade att det var väsentligt fler positioneringsfel i de digitala bilderna än i filmbaserade [34].

I en tidig undersökning fann man att omkring en fjärdedel av undersökningarna med marknads första CCD-sensor (motsvarar en storlek 0-film) måste göras om eftersom det aktuella området inte var med på bilden [35]. Det uppstod fler positioneringsfel när en bitewingundersökning gjordes med den största CCD-sensorstorleken jämfört med en bildplatta. Bägge receptorerna var av någorlunda samma höjd och bredd som filmen [31] men sensorn väsentligt tjockare än plattan.

En annan undersökning har visat att det gjordes fler omtagningar vid periapikala röntgenundersökningar med en CCD-sensor jämfört med film [36]. Sex procent av filmerna togs om mot 28 procent av sensorbilderna. I samband med röntgenundersökning av visdomständer i underkäken togs dubbelt så många bilder om när man använde sensorer som när man använde bildplattor [33].

När positioneringsfel leder till omtagningar ökar naturligtvis tidsåtgången och stråldosen till patienten. Det behövs mer information om de uppenbara svårigheter som finns när en sensor ska placeras och hållas i position under exponeringen vid intraoral röntgenundersökningar.

**Figur 3. Digital bitewingbild som uppvisar vita fläckar i det övre högra hörnet, sannolikt från sprit eller annan vätska som skadat bildplattan.**



**Stråldos till patienten**

Med E-speedfilm är det cirka 20 procent reduktion i absorberad dos jämfört med D-speedfilm, och med äldre sensorer och bildplattesystem kan man få en acceptabel bildkvalitet med omkring 30–60 procents strålreduktion för varje exponering jämfört med E-speedfilm [14, 37, 38].

Skillnaden mellan den dos som krävs för en diagnostisk optimal bild till en dentalfilm och en digital receptor har dock minskat. Detta beror på att filmen de senaste 20 åren ökat i känslighet från D-speed till E-speed och från E-speed+ till F-speedfilm (till exempel Kodak Insight, när den maskinframkallas). Samtidigt har skanningstiden reducerats till cirka åtta sekunder för ett nyare bildplattesystem (Digora Optime), vilket gör att plattorna måste mättas ytterligare med strålning före skanning. För att få en bra bildkvalitet är det för närvarande ingen väsentlig strålbesparing med nyare bildplattesystem jämfört med film, medan det fortfarande är en besparing för enskilda exponeringar med de flesta sensorer [39, 40].

En sensor har emellertid ett aktivt bildfält som är mindre än för film och bildplattor vilket kan medföra att man för att täcka samma område med en sensor som med film (exempelvis en bitewingundersökning av premolarer och molarer) måste göra två exponeringar med sensorn. Man har visat att även med den största sensorstorleken återges i genomsnitt två tandytor färre i en bitewingundersökning gjord med en sensor jämfört med samma undersökning med film eller bildplatta [31]. Eftersom strålfältets storlek (danska regler: högst 6 cm i diameter för ett runt riktmedel och 4x5 cm för ett rektangulärt riktmedel) endast sällan anpassas till den mindre sensorytan i form av ytterligare inbländning, betyder två exponeringar i stället för en dubbel stråldos till patienten. För att minska strålbeklastningen bör tandläkare som arbetar med sensorer anpassa strålfältets storlek till receptorns aktiva yta.

En del sensorer har en smalare dynamisk bredd och skapar inga bilder vid för höga eller för låga stråldoser. Om exponeringen inte är anpassad till sensorns dynamiska område får man ingen bild, och patienten har fått stråldosen i onödan. För några av sensorerna är det dessutom ett relativt litet bildaktiverande område (»trigger zone«) som ska träffas av strålning för att det ska skapas

en bild – skjuter man förbi detta område (bländaravskärning) skapas ingen bild [19].

Enkätundersökningar till allmänpraktiserande tandläkare har visat att tandläkare med digitala receptorer tar fler bilder och gör fler omtagningar än tandläkare som arbetar med film [29, 41].

När man jämför omtagningsfrekvens, antal bilder som krävs för att täcka det område man vill återge och stråldos för varje exponering, är det osannolikt att man uppnår en dosminskning genom att använda sensorer jämfört med att använda film eller bildplattor.

**ALLMÄN HYGIEN MELLAN UNDERSÖKNINGARNA**

I motsats till film återanvänds receptorn i digitala system många gånger, vilket betyder att problemet med korskontaminering är större. Bildplattan ska transporteras från munnen till skannern och har därför potentiellt större kontamineringspotential än sensorn. Dessutom tål inte ytlagret avtorkning med tvål eller sprit. Påsen bör dock snabbt torkas av med tvål eller en spritservert när den kommer ut ur munnen, innan den klipps upp och läggs i skannern. Figur 3 visar en bild där bildplattan har fått en skada, sannolikt orsakad av sprit eller annan vätska.

En undersökning utvärderade en CCD-sensor och en bildplatta i avsikt att bedöma en enkel procedur för infektionskontroll. På slumpmässigt utvalda dagar togs prover från sensorn och plattan före och efter patientundersökning samt från alla instrument och skannern. Korskontaminering visades vara ett mycket litet problem med de digitala teknikerna eftersom man inte kunde odla munhålebakterier från någon av receptorerna [32]. En annan undersökning av infektionskontroll i samband med röntgenundersökningar med bildplattor visade också att receptorn blev minimalt kontaminerad när den var inpackad i plastpåse under undersökningen [42].

**DIAGNOSTIK MED FILM OCH DIGITALA BILDER**

**Film**

Röntgenfilm ska avläsas på ett ljusskåp eller en filmbetraktare som har en tillräckligt hög (>1 700 cd/m<sup>2</sup>) och gärna variabel luminans. En effektiv metod att eliminera bländning och för att utestänga störande rumsbelysning [3] består i att använda en betraktningsskikare som samtidigt förstör bilden 1½–2 gånger.

**Den digitala bilden**

Den digitala bilden ska granskas på en bildskärm (figur 4). Skärmar finns i många utföranden och de varierar i utseende och pris. Tidigare var flatskärmar (LCD) dyra jämfört med vanliga så kallade CRT-skärmar, men i dag kan man få relativt prisvänliga flatskärmar och skärmen på bärbara datorer har förbättrats i kvalitet.

Det har tidigare visats att kariesdiagnostik var lika korrekt när bilden granskades på en LCD-

skärm som på en CRT-skärm [43]. Senare undersökningar har bedömt nya skärmtyper och funnit att typen hade liten effekt på den diagnostiska möjligheten att upptäcka karieslesjoner i digitala röntgenbilder. Lågprismonitorer försämrade inte den diagnostiska kvaliteten, och dyra monitorer (cirka 25 000 danska kronor) med högupplösning och digital signal (så kallade medicinska skärmar) ökade inte kvaliteten [44, 45]. Det är dock viktigt att ljus- och kontrastförhållandena för skärmen är optimalt inställda. En ny svensk undersökning visade att många tandläkare, som arbetade med digital röntgenutrustning granskade bilderna på en skärm med dålig upplösning och där ljus och kontrast inte var optimalt inställda [46]. Förhållandena dokumenterades vara av stor betydelse för korrekt kariesdiagnostik [47].

En annan viktig faktor vid bedömning av en digital bild är ljusförhållandena i rummet. Belysningen bör inte vara starkare än 50 lux vid granskning av digitala röntgenbilder för att man ska få bästa diagnostiska utbyte [47]. Man har visat att kliniker var sämre på att upptäcka karieslesjoner i starkt kliniskt ljus på en bärbar dator, än om de skärmade av datorn med en duk [48]. Figur 4 visar ett förslag till avskärmning av bildskärmen på kliniken. Digitala bilder kan naturligtvis skrivas ut på papper eller foliefilm [49]. Detta innebär dock en kvalitetsförlust och alla digitala bilder bör i första hand granskas på en bildskärm.

#### **Bildens diagnostiska värde**

Sedan den digitala eran startade har det publicerats ett stort antal översiktsartiklar om det diagnostiska värdet av digitala röntgenbilder. Bilder har jämförts inbördes eller med konventionell film. Receptorerna utvecklas dock och en undersökning av en specifik digital receptor är bara relevant så länge den finns på marknaden. I vår genomgång av den intraorala bildens diagnostiska värde har vi endast tagit med resultat från undersökningar som är högst fem år gamla.

Den 1 juli 2008 gjorde vi en systematisk sökning i PubMed på sökkriterierna: »dental AND digital AND radiograph\*«, som gav 563 resultat, och därefter en sökning på »intraoral AND digital AND radiograph\*«, som gav 77 resultat. Vi hade satt en femårsgräns på publikationsåret. Resultaten sorterades därefter för hand och endast undersökningar som innehöll en diagnostisk bedömning av ett intraoralt digitalt system, eventuellt jämfört med film, togs med. Undersökningar som uteslutande bedömde den subjektiva uppfattningen av bildkvaliteten och undersökningar av aluminiumtestfantomer och liknande utelämnades.

#### **Karieslesioner**

2006 publicerades en stor översiktsartikel om intraorala digitala receptorer för diagnostik av karieslesioner [58]. Konklusionen var att det endast i mycket få fall kunde påvisas en väsentlig skillnad

mellan de digitala receptorsystemen och den konventionella filmen. Sedan dess har det publicerats ytterligare undersökningar med F-speedfilm (Kodak Insight), och en ny undersökning har visat att det inte var någon skillnad på E- och F-speedfilm och ett sensorsystem [62].

Sedan översiktsartikeln publicerades har det skett uppdateringar av några av de digitala systemen och nya versioner av både bildplattesystem och CCD-/CMOS-sensorer har kommit ut på marknaden. En undersökning fann att det inte var någon skillnad på den nya och den gamla versionen av ett bildplattesystem (Digora fmx och Optime) eller ett CMOS-sensorsystem (Schick med sladd och sladdlös) [39]. Man fann heller ingen skillnad mellan E-speedfilm och CMOS-sensorn med sladd [63].

En studie utvärderade sju sensorsystem och fann att en sensor (RVG-Kodak) skiljde sig från de andra systemen genom att sensitiviteten var högre men specificiteten lägre, och dessutom var det större variation mellan observatörerna [64]. Risken för falska positiva observationer var lägre för två digitala system (Dixi och Digora fmx) än för film och högre för ett av systemen (Digora Optime). Observatörer utan erfarenhet av digitala bilder hade en sex gånger så hög risk för att göra ett falskt positivt fel som observatörer med erfarenhet [65]. En senare studie har dock funnit att bildplattesystemet (Digora Optime) hade en högre diagnostisk säkerhet än både ett sensorsystem och film vid ocklusalkariesdiagnostik och var mer oberoende av kilovolttalet [66]. Tomografisnitt, konventionella eller från dental datortomografiskanning, har inte visats förbättra diagnostiken av karieslesioner jämfört med digitala intraorala undersökningar [67, 68].

Klinikern vill veta hur djup en röntgenologiskt synlig demineralisering är i verkligheten och om det finns en kavitet i en approximalyta som inte är tillgänglig för klinisk inspektion. Ännu har inget röntgensystem visat sig pålitligt för att skil-

**Figur 4. I en klinik som har kraftigt ljus från lampor och fönster rekommenderas att skärmen är väl avskärmad och att ljus- och kontrastförhållanden på skärmen är optimalt inställda för att man ska få korrekt resultat vid diagnostik av karieslesioner.**

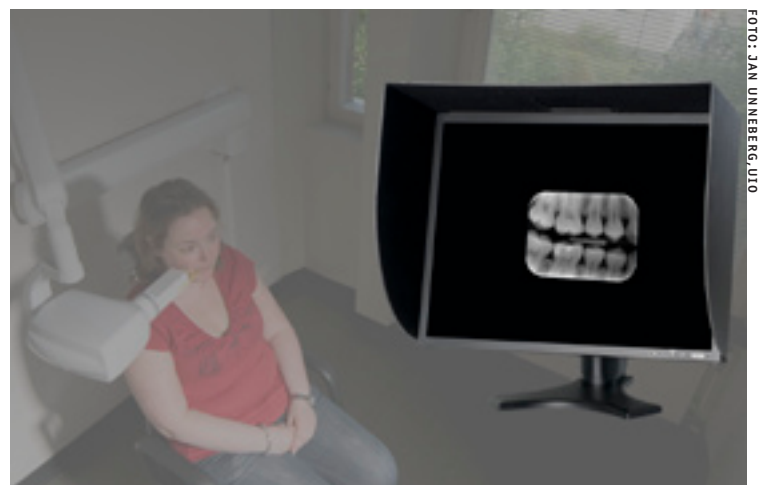


FOTO: JAN UNNEBERG/UITO

ja mellan en demineralisering med och utan kavitet i en approximalyta, men framtidens lågdosdatortomografiapparater skulle kunna ha denna möjlighet. Detta kräver ytterligare studier.

### **Endodontibehandling**

Ögonblicklig bildåtergivning, vilket man nästan får med CCD-sensorerna, underlättar vid endodontiska behandlingar, och undersökningar har gjorts med syfte att bedöma riktigheten i rotfilsmått. En undersökning fann ingen skillnad i rotlängdsmått mellan två filmer och två digitala sensorer med och utan bildbehandling av bilderna med en rotfil storlek 015 i kanalen [69].

En annan studie fann att bildbehandling resulterade i mindre mätfel när en sensor användes i stället för film (Kodak RVG 6000-sensor) [70]. Samma sensor var också bättre på att visualisera den extra mesiobuckala kanalen i överkäksmolarer jämfört med ett bildplattesystem (DenOptix) och film (Insight Kodak) [71]. För att undersöka om rotfyllningar var otäta var ett sensorsystem inte bättre än film, oavsett om man använde bildbehandling [72].

### **Marginalt och apikalt ben**

Den marginala bennivån kunde mätas lika reproducerbart i röntgenbilder tagna med ett digitalt sensorsystem som med film [73]. En annan undersökning fann att man med det digitala systemet bedömde benförlust i fler regioner än med film [74], medan en tredje bedömde att de digitala bilderna var bättre än film för att påvisa vertikala bendefekter [75]. Olika digitala receptorer skiljde sig inte från film när observatörerna skulle bedöma periimplantära bendefekter eller periapikala lesioner [76–78].

Med tillgången till digitala receptorer har det blivit enklare att göra röntgenundersökningar före, under och efter insättning av implantat, eftersom programvaran till de intraorala digitala röntgensystemen gör det möjligt att kalibrera för längdmått och bedöma täthetsförändringar i benet.

### **Rotfraktur**

En undersökning fann att en CCD-sensor var bättre än ett bildplattesystem på att lokalisera horisontella rotfrakturer [79], medan en annan undersökning inte fann några skillnader mellan en CCD-receptor och film för att diagnostisera vertikala rotfrakturer i rotbehandlade tänder [80].

### **Dentala material**

Det kan vara av intresse att kunna skilja röntgenologiskt mellan olika dentala material, till exempel i samband med rättsodontologiska undersökningar. Två undersökningar visade att densitetsmått i den konventionella filmen var bättre på att skilja mellan dentala cement och hartsbaserade material än ett digitalt system [81,

82], medan en annan undersökning fann att receptorer var lika bra på att skilja mellan olika materials radioopacitet [83].

### **Bildbehandling efter exponeringen**

I motsats till film, som är färdigbehandlad när den kommer ut ur framkallningsmaskinen, är en digital bild inte statisk. En digital receptor installeras tillsammans med tillverkarens programvara. Programvaran används för att visa bilden efter exponeringen, för bildbehandling och för lagring av bilden. Tillverkaren kan ha förbehandlat bilden innan den visas på skärmen. Syftet med dessa automatiska filter är att optimera bilden, ofta skärpan, innan den visas för användaren, och filtreringen sker utan användarens kännedom eller möjlighet att påverka. Förbehandlingen kan ge anledning till varierande grad av brus i ett icke-exponerat område av plattan [19].

Eftersom programvaran oftast är avsedd för en bestämd digital receptortyp är det viktigt att veta om en bild som är upptagen i en specifik programvara har lika högt diagnostiskt värde om den granskas i en annan programvara. Parodontala defekter kunde mätas lika noggrant i en allmän programvara som i den specifika [84], det samma gällde för rotlängd [85], och det var heller ingen skillnad i resultaten vid kariesdiagnostik [86, 87]. Detta underlättar utbyte av bilder mellan tandläkare som inte har samma programvara.

Programvaran innehåller olika möjligheter för bildbehandling: zoomning, densitetsändring, kontraständring, förstärkningsfilter, invertering av gråtonsskalan (vitt till svart och vice versa), konvertering av gråtoner till pseudofärger och dessutom mätmetoder med möjlighet att få mått i absoluta, korrekta millimeter efter kalibrering av bilden mot ett objekt med känd storlek. Det går att efterbehandla bilden i programvaran till alla röntgensystem, men programmen varierar i utseende och användarvänlighet. Med bildbehandling kan man använda en bild för diagnostik av både den marginala bennivån och karieslesioner, där bilden bör vara mörkare. Man får dock bäst resultat genom att exponera med optimal svärta och kontrast från början eftersom bildbehandling, innebär ökat brus i bilden.

Både studerande och tandläkare tycks använda sig av bildbehandling, dock mest ändring av svärta, kontrastförstärkning och ändring av gammalfunktionen [88, 89]. I en enkätundersökning om vilka faktorer man tyckte var viktiga för en digital receptor prioriterade tandläkarna kontrastupplösningen som det viktigaste [90]. Om röntgenexponeringen anpassats till receptorn, så att bilden har tillräcklig svärta, har i stort sett alla undersökningar visat att bildbehandling inte ökar den diagnostiska indikationen för kariesdiagnostik [91–94]. Konvertering av gråtonsbilden till färg ökade inte heller möjligheten att mäta den marginala bennivån [95]. Det är endast

för att mäta längden på små rotfilare vid endodontisk behandling som skärpefilter har ökat den diagnostiska möjligheten [96, 97].

De senaste åren har både tillverkare och forskare arbetat med att utveckla diagnosspecifika bildbehandlingsalgoritmer, som tänks resultera i att en enda knapptryckning skulle kunna optimera bilden för en given diagnostisk uppgift, till exempel kariesdiagnostik. Man har funnit små men lovande skillnader i exakthet vid kariesdiagnostik när man använt sådana filter [98–100]. Sista ordet är inte sagt när det gäller denna diagnostiska möjlighet.

### Automatisk bildanalys

Man har undersökt datorstödd bildanalys inom åtskilliga diagnostiska områden [101], men hittills finns det endast mycket få program på marknaden. Ett program för automatisk kariesdiagnostik, Logiconä, medför inte någon ökad diagnostisk exakthet jämfört med observatörens egen bedömning [102, 103]. Det finns alltså för närvarande inga fungerande program för automatisk analys tillgängliga som kan stödja eller överta tandläkarens funktion när det gäller röntgendiagnostik av tandbilder.

### ARKIVERA OCH SKICKA FILM OCH DIGITALA BILDER

Intraoral film finns som enkel- eller dubbelfilm. De flesta tandläkare använder enkelfilm och kan inte kopiera röntgenfilm. Det krävs mycket för att arkivera filmen korrekt tillsammans med patientens andra journaldata, och det är känsligt att skicka sin originalfilm till utomstående. Det är inte ovanligt att en undersökning måste göras om på grund av en bortkommen film.

Den digitala bilden lagras elektroniskt och varje tandvårdsklinik bör ha en automatisk backupfunktion av elektroniska data, till exempel en gång/dygn, så att dataförlusterna blir minimala om tekniken skulle svikta. En elektronisk bild kan naturligtvis kopieras i obegränsad omfattning utan kvalitetsförlust.

Digitala bilder kan skickas via internet. Bilden ska exporteras från bild databasen till ett känt bildformat (till exempel tif- eller bmp-filformat). Bilden kan manipuleras innan exporten, och i stort sett alla digitala system har en funktion som gör att bilden sparas i den manipulerade versionen efter export. Bildfilen bör krypteras innan den skickas till exempelvis en annan tandläkare, eftersom patientbilder tillhör journalen. Mottagaren behöver bara en dator med rätt programvara för att kunna granska en digital bild, men kan inte alltid själv efterbehandla bilden, om programvaran inte tillåter det.

Digitala bilder kan ändras permanent, utan att klinikern kan upptäcka det, vilket ökar möjligheten att förfälska informationen i en digital bild jämfört med konventionell film [104, 105].

Komprimering av en bildfil kan minska behovet

av arkivplats, oavsett om den är reversibel eller irreversibel. Den irreversibla bildkompressionsalgoritmen, jpeg, ändrar pixelvärdena oåterkalleligt och innebär en destruktion av ursprungsbilden [106]. En undersökning har bedömt effekten av olika nivåer av jpeg-komprimering. Komprimeringen resulterade i att bilden fyllde 20, 8, 5 respektive 3 procent av det ursprungliga värdet [107]. Vid kariesdiagnostik på ocklusalytor fanns det inget samband mellan den diagnostiska kvaliteten och bildkomprimeringen, medan man fann ett kontinuerligt försämrat resultat för approximalytor ju högre komprimering. Andra har funnit att medelhög komprimering inte medförde någon försämrad diagnostik av periapikala lesioner [108], och en översiktsartikel har konkluderat att medelhög komprimering kan användas i den kliniska vardagen [109]. Vilka detaljer som går förlorade i en komprimerad bild beror på den ursprungliga bildinformationen [110]. I till exempel Tyskland är det förbjudet enligt lag att använda irreversibel komprimering som primär lagring, eftersom alla ursprungliga bild-data ska sparas. En generell rekommendation till nordiska tandläkare måste därför vara att bildkomprimering inte ska användas i den primära lagringen av digitala bilder.

### ENGLISH SUMMARY

*Film and digital radiographic receptors*

*Ann Wenzel, Anne Møystad*

*Tandläkartidningen 2009; 101 (1): 36-44*

X-ray film emulsion consists mainly of silver halide grains, which after exposure are reduced to metallic silver in the basic – or more recently ascorbic acid-based – developmental process. Ascorbic acid-based chemicals are less toxic and do not smell and should be preferred in dental practice. The dentists can choose between the film and three well established digital receptors for intraoral radiography, the CCD-based sensor, the CMOS-based sensor and the photostimulable phosphor plate (PSP). Film technology implies that the emulsion can be damaged, and image quality is highly dependent on the developmental chemicals and procedure.

Patients feelings of unpleasantness during an intraoral radiographic examination is higher with digital receptors than with film. PSP plates are less unpleasant than sensors, and thicker sensors are more unpleasant than thinner sensors and a wireless sensor. Even though the digital receptors are re-used for exposure of many consecutive patients, cross-contamination seems not be a problem since bacteria from the oral cavity could not be cultured from PSP plates when these were packed in envelopes during exposure. The sensors can be wiped with alcohol tissue while the plates do not tolerate wiping.



Film should be read on a light box with a reasonable luminance (>1700 cd/m<sup>2</sup>), and digital images are read on the computer monitor. Recent high-cost LDC monitors do not increase caries diagnostic accuracy, and older low-cost monitors do not impair accuracy.

One of the advantages of digital imaging compared with film is the ability to change the image after capture. The development of »task-specific« enhancement algorithms may in the future be an aid for the dentist as well as automatic computer-assisted image analysis. Film

radiographs are often mislaid, and few dentists use double film or make film copies. A digital image can be »copied« infinitely to third parties, but the file of a patient should be encrypted before sent over the Internet. When exported from its original software, the digital image may be fraudulently changed, undetectable to the observer. Irreversible image compression, like JPEG changes the pixel values and implies a destruction of the original image. Generally, compression should be avoided in the primary storage of digital images.

Den fullständiga referenslistan kan rekvideras från huvudförfattaren.

Artikeln är översatt från danska av Nordisk Översättergrupp, Köpenhamn.

- White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology. Principles and interpretation. Mosby, 5th Edition, 2004.
- Syriopoulos K, Velders XL, Sanderink GC, van der Stelt PF. Sensitometric and clinical evaluation of a new F-speed dental X-ray film. Dentomaxillofac Radiol 2001; 30: 40–4.
- Wenzel A, Sewerin I. Stråledoser, stråleskader, strålehygiene. Munksgaard, 2. utgåva, 2005.
- Wenzel A, Møystad A. Decision criteria and characteristics of Norwegian general dental practitioners selecting digital radiography. Dentomaxillofac Radiol 2001; 30: 197–202.
- Tsuchida R, Araki K, Endo A, Funahashi I, Okano T. Physical properties and ease of operation of a wireless intraoral x-ray sensor. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005; 100: 603–8.
- Gröndahl HG, Wenzel A, Borg E, Tammisalo E. An image plate system for digital intraoral radiography – The Digora. Dent Update 1996; 23: 334–7.
- Wenzel A. Effect of varying gray-scale resolution on detectability of bone lesions in intraoral radiographs digitized for teletransmission. Scand J Dent Res 1987; 95: 483–92.
- Berkhout WE, Verheij JG, Syriopoulos K, Li G, Sanderink GC, van der Stelt PF. Detection of proximal caries with high-resolution and standard resolution digital radiographic systems. Dentomaxillofac Radiol 2007; 36: 204–10.
- Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007; 103: 418–22.
- Heo MS, Han DH, An BM, Huh KN, Yi WJ, Lee SS et al. Effect of ambient light and bit depth of digital radiographs on observer performance in determination of endodontic file position. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008; 105: 239–44.
- Wakoh M, Farman AG, Scarfe WC, Kelly MS, Kuroyanagi K. Perceptibility of defects in an aluminum test object: a comparison of the RVG-S and first generation VIXA systems with and without added niobium filtration. Dentomaxillofac Radiol 1995; 24: 211–4.
- Borg E, Gröndahl HG. 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.
- Borg E, Attaelman AG, Gröndahl HG. Image plate systems differ in physical performance. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000; 89: 118–24.
- Berkhout WE, Beuger DA, Sanderink GC, van der Stelt PF. The dynamic range of digital radiographic systems: dose reduction or risk of overexposure? Dentomaxillofac Radiol 2004; 33: 1–5.
- Farman AG, Farman TT. A comparison of 18 different x-ray detectors currently used in dentistry. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005; 99: 485–9.
- Attaelman AG, Borg E, Gröndahl HG. Signal-to-noise ratios of 6 intraoral digital sensors. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001; 91: 611–5.
- Wenzel A, Søybe I, Andersen M, Erlendsson T. Intraorale digitale receptorers dynamikområde og evne til at fremstille et lavkontrastobjekt. Tandlægebladet 2007; 14: 1080–6.
- Skov SJ, Sewerin I. Konstanskontrol af fremkaldeprocessen ved brug af dentalrøntgenanlæg med spændinger til og med 70 kV. Tandlægebladet 2000; 104: 250–4.
- Borch V, Østergaard M, Gotfredsen E, Wenzel A. Identifikation af billedfejl, der er særlige for røntgenoptagelse med digitale intraorale receptorer. Tandlægebladet 2008, 112: 720–31.
- Bedard A, Davies TD, Angelopoulos C. Storage phosphor plates: how durable are they as a digital radiographic system? J Comtemp Dent Pract 2004; 5: 57–69.
- Molander B, Gröndahl H-G. Durability of storage phosphor plates. Abstract 44, Congress of Dentomaxillofacial Radiology, Beijing, China 2007.
- Ramamurthy R, Canning CF, Scheetz JP, Farman AG. Time and motion study: a comparison of two photostimulable phosphor imaging systems used in dentistry. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 315–8.
- Aknediz BG, Gröndahl HG, Kose T. Effect of delayed scanning of storage phosphor plates. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005; 99: 603–7.
- Aknediz BG, Gröndahl HG. Degradation of storage phosphor images due to scanning delay. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 74–7.
- 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.
- Martins MG, Whaites EJ, Ambrosano GM, Haiter-Neto F. What happens if you delay scanning Digora phosphor storage plates (PSPs) for up 4 hours? Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 143–6.
- Lopes SL, Cruz AD, Ferreira RI, Bóscolo FN, Almeida SM. Image quality in partially erased DenOptix® storage phosphor plates. Braz Oral Res 2008; 22: 78–83.
- Berkhout WE, Sanderink GC, van der Stelt PF. A comparison of digital and film radiography in Dutch dental practices assessed by questionnaire. Dentomaxillofac Radiol 2002; 31: 93–9.
- Wenzel A, Møystad A. Experience of Norwegian general dental practitioners with solid state and storage phosphor detectors. Dentomaxillofac Radiol 2001; 30: 203–8.
- Hellén-Halme K, Rohlin M, Petersson A. Dental digital radiography: a survey of quality aspects. Swed Dent J 2005; 29: 81–7.