

Røntgenundersøgelse med digitale systemer

Ann Wenzel og Erik Gotfredsen

Denne artikel vil fokusere på den praktiske anvendelse af digitale røntgensystemer til tandlæger. Artiklen giver ikke som de foranstående artikler indikationer for anvendelse af digital røntgenteknik. Der eksisterer ikke specielle selektionskriterier for digitale røntgenundersøgelser i forhold til traditionel filmteknik - og selvom stråledosis er lavere end for film for de fleste digitale receptorer, er det ikke en grund til at foretage andre eller flere røntgenundersøgelser end med film. Artiklen beskriver nogle fordele for digitale røntgensystemer i forhold til film. Desuden beskrives praktiske forhold der kan optimere anvendelsen af digitale receptorer under optagelsen, fremvisning på skærm, samt lagring og transmission af billedet. Der beskrives en model for de økonomiske beregninger, der kan være vigtige før beslutningen om indførelse af digital teknik tages. Sundhedsstyrelsens retningslinjer for digitalt røntgenudstyr beskrives til sidst.

Den sølvbromidbaserede røntgenfilm er et gammelt kendt medie til fremstilling af røntgenbilleder. Filmen skal opfylde tre funktioner samtidig. Den skal være receptor for røntgenstrålerne, fremvise det færdige røntgenbillede og være fast lagermedie for billedet i lang tid. Dette begrænser mulighederne for nytænkning i udviklingen af film. I et digitalt røntgensystem er de tre funktioner separate. De kan derfor optimeres separat.

Digitale røntgensystemer har fundet vej til almen tandlægepraksis. Et stigende antal danske tandlæger har erstattet den konventionelle film med en digital receptor, enten en sensor (CCD-/CMOS-baseret) eller en fotostimulerbar fosforplade. En sensor er altid tykkere end den konventionelle film, da der i sensoren skal være plads til elektronik; tykkelsen varierer mellem 3 og 7 mm afhængig af fabrikatet, og den aktive billedflade er altid mindre end sensorens ydre fladeareal. Sensoren med det største intraorale billedfelt, en såkaldt »bitewing«-sensor, er ca. 2 mm mindre i både højde og bredde end en størrelse-2 film (voksenfilm).

Når røntgenstråling rammer sensoren transmitteres billedinformation gennem en ledning eller trådløst (Fig. 1) direkte til en pc, og billedet vises næsten øjeblikkeligt på skærmen. En fosforplade ligner filmen og fås i de samme størrelser. Når pladen er blevet eksponeret med røntgenstråling, er der skabt et latent billede i pladens fosforlag. Billedinformationen

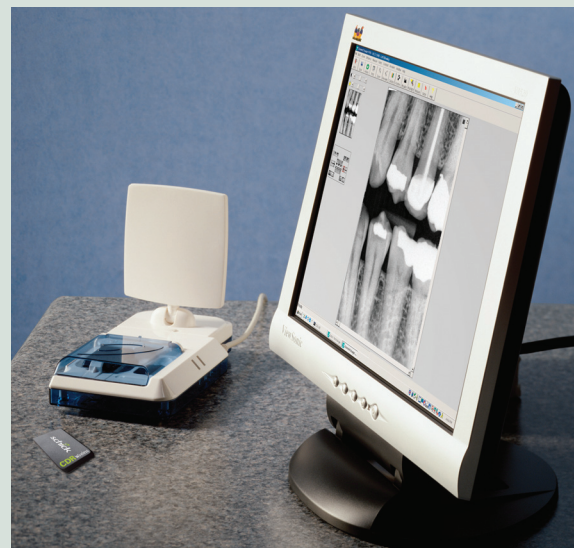


Fig. 1. Den trådløse sensor og radiobølgemodtageren fra Schick.

Fig. 1. The wireless sensor and the radio wave receiver from Schick.



Fig. 2. Digora Optime skanner aflæser, renser og »spytter« pladen ud på 5-8 sek. og er dermed den hurtigste skanner.

Fig. 2. Digora Optime scanner scans, erases, and ejects the plate in 5-8 seconds and is the fastest scanner.

aflæses i en skanner, hvilket tager 5-120 sek. afhængig af fabrikat og pladestørrelse. Den hurtigste skanner (Digora Optime, Soredex) aflæser en størrelse-2 fosforplade på otte sek. (Fig. 2). Producenter og forhandlere af digitale røntgensystemer kan ses på afdelingens hjemmeside www.odont.au.dk/rad, som opdateres jævnligt.

Fordele ved digitale røntgensystemer

Sammenlignet med film er der nogle fordele ved at anvende digital teknik. Nedennævnte rækkefølge er prioriteret af forfatterne:

1. Det digitale billede skal ikke fremkaldes med brug af kemikalier. Den største fordel ved dette er at fremkaldningens dårlige billedkvalitet undgås; desuden skånes miljøet.
2. Da man ikke skal vente på billedfremkaldning i våd kemi, spares en del tid.
3. Det er lettere for tandlægen at vise og forklare detaljer i billedet til patienten. Et billede på en pc-skærm er mere instruktivt for patienten end et lille stykke celluloid.
4. De fleste digitale systemer behøver mindre stråledosis end en film. Man kan typisk halvere eksponeringstiden i forhold til den intraorale film (i følsomhedsklasse E).
5. Den digitale receptor er sædvanligvis mindre følsom for variationer i eksponeringstiden end filmen. Specielt fosforpladesystemerne har en bredere dynamik. Dette betyder at under- og overeksponering i udstrakt grad undgås.
6. Det digitale billede kan efterbehandles; dvs. at fx kontrast og sværtning kan ændres i overensstemmelse med den diagnostiske opgave, således at det samme billede kan optimeres både til caries- og parodontaldiagnostik.
7. Et digitalt røntgensystem er opbygget således at de tre funktioner er uafhængige af hinanden og kan optimeres separat. Receptoren skal kun modtage billedinformationen. Så snart informationerne er overført til pc'en, kan receptoren bruges igen til næste optagelse. Computerskærmen skal vise røntgenbilledet, og et elektronisk medie, fx pc'ens hard-disk, skal lagre billedinformationen. Dette betyder at hver funktion kan optimeres uden at forringe de to andre.
8. Det digitale billede lagres elektronisk. Det kan derfor sendes til andre, uden at man skal aflevere originalen.

Sensorer og fosforplader har hver deres styrker og svagheder i forhold til ovennævnte generelle fordele. Sensorernes største fordel er at billedet vises næsten med det samme på skærmen efter eksponering; der er således stort set ingen ventetid på et røntgenbillede. Ulemperne ved sensorer er at

Tabel 1. Oversigt over litteratur om digitale røntgensystemer der kan have interesse for alment praktiserende tandlæger.

Forfattere	År	Sprog	Artikeltyp	Indhold
Wenzel & Gröndahl (1)	1995	Dansk	Oversigt	Intraoral digital røntgenteknik
Wenzel (2)	1998	Engelsk	Oversigt	Digital teknik til cariesdiagnostik
Wenzel (3)	1999	Dansk	Oversigt	Computeren som diagnostisk støttesystem
Wenzel (4)	2000	Dansk	Oversigt	Digital teknik på tandklinikken
Wenzel & Gotfredsen (5)	2000	Dansk	Original	Danske tandlægers erfaringer med digital teknik
Wenzel & Møystad (6)	2001	Engelsk	Original	Norske tandlægers erfaringer med digital teknik
Wenzel & Møystad (7)	2001	Engelsk	Original	Hvilke norske tandlæger har valgt digital teknik?
Wenzel & Gotfredsen (8)	2002	Engelsk	Oversigt	Digitale røntgensystemer for ortodontister
Berkhout et al. (9)	2002	Engelsk	Original	Sammenligning mellem digital teknik og film i tandlægepraksis
Berkhout et al. (10)	2003	Engelsk	Original	Antal røntgenbilleder hos tandlæger der anvender en digital receptor

de er tykkere end film, er tilkoblet en ledning (undtagen den ledningsfri type (Fig. 1)), har et mindre billedfelt, og at holdere til periapikale optagelser med parallelteknik og *bite-wing*-optagelser ikke er optimale. Der er nyligt udviklet en universel *bitewing*-sensorholder (Kwik-Bite Senso (Kerr-Hawe)), som dog endnu ikke er testet klinisk.

Fosforpladernes fordele er den ydre lighed med film, at man kan anvende konventionelle filmholdere, og at det er lettere at placere pladen rigtigt i munden. Desuden tåler fosforplader en stor variation i dosis uden at blive over- eller undereksponerede. Ulempen ved dette kan være at en høj dosis til en fosforplade også giver et godt billede, og derfor kan muligheden for at opnå en strålereduktion negligeres af tandlægen. Sensorsystemerne tolererer ikke så store udsving i stråledosis, og hvis overeksposering forekommer,

ses en »*blooming*«-effekt i billedet, som er et entydigt tegn på for høj røntgendosis.

Der er tidligere publiceret en række artikler (1-10) med relevans for almen tandlægepraksis omhandlende digitale røntgensystemers kvalitet, anvendelsen blandt tandlæger og den diagnostiske værdi af forskellige digitale receptorer (Tabel 1). Den følgende fremstilling vil derfor mere have karakter af en anbefaling af hvordan man håndterer systemerne i praksis.

Praktiske forhold under optagelse og skanning (Faktarude 1)

Den digitale receptor skal betrækkes med et engangsovertræk for den anbringes i patientens mund.

Til sensoren anvendes en klar plastpose som dækker sensoren og et stykke af ledningen. Til en fosforplade anvendes en plastkonvolut, som er lys- og vandtæt. Man skal være opmærksom på at der ikke er blyfolie indbygget i pladens bagside, som der er i en filmpakke. Hvis man ved et uheld har vendt pladen forkert og bestrålet den fra bagsiden, fremgår dette ikke umiddelbart af billedets udseende efter skanning. Billedet vil fremstå med vanlig kontrast og sværtning, da bagsiden ikke svækker strålerne. Nogle pladesystemer har en indikator for dette, men ingen har en entydig indikator. Problemet kan klares ved at lime en indikator på bagsiden af pladen, fx et bogstav klippet i blyfolie (Fig. 3A). Bogstavet vil vende forkert på det billede der er eksponeret fra bagsiden (Fig. 3B). Man behøver imidlertid ikke tage billedet om, da softwaren kan spejlvende billedet. Når billedet er blevet vendt, ses bogstavet (i dette tilfælde et »L«) at vende rigtigt (Fig. 3C).

Plastkonvolutten til fosforpladen skal sprittes af efter eksponering inden den klippes op og pladen sættes i skanne-

Faktarude 1

Retningslinjer i forbindelse med røntgenoptagelse med digital receptor.

- Sensor og ledning skal dækkes med et plastovertræk. Efter eksponering skal sensor og ledning sprittes af.
- Fosforpladen skal pakkes i en plastkonvolut. Efter eksponering skal konvolutten sprittes af, inden pladen tages ud. Konvolutten klippes op og pladen placeres i skannen med en anatomisk pincet/nyvaskede fingre.
- Fosforpladen skal afkodes i en skanner. Skanneren kan i princippet stå et hvilket som helst sted på klinikken; der skal ikke etableres et mørkekammer.
- Nogle fosforplader skal lægges på lyskasse og afkodes før næste patient.



Fig. 3. A: Et »L« klippet i blyfolie og limet på bagsiden af pladen. B: Pladen er eksponeret fra bagsiden; »L« står spejlvendt efter skanning. C: Billedet er blevet spejlet; »L« vender rigtigt.

Fig. 3. A: An »L« is cut in lead foil and glued to the backside of the plate. B: The plate has been exposed from the backside; the »L« is a mirror image after scanning. C: The image has been mirrored; the »L« now reads correctly.

ren. Selve pladen kan ikke tåle afsprøjtning. Sensoren skal sprittes af mellem patienterne. Følges disse simple procedurer, minimeres risikoen for krydskontaminering (11). For sensorer anvendes det samme plastovertræk til alle optagelser for den samme patient, mens der for fosforplader skal anvendes en plastkonvolut per eksponering. Dette betyder noget for beregningen af økonomien i de to systemtyper (se senere).

En nyere undersøgelse tyder på at digitale receptorer er mere ubehagelige at have i munden for patienten end den traditionelle film til en *bitewing*-undersøgelse (12). Andre undersøgelser har vist at der forekommer flere fejl på *bitewing*-optagelser, og at der derfor skal tages flere billeder om når optagelserne udføres med en sensor end når de udføres med fosforplade eller film (12, 13). Undersøgelser af norske og hollandske tandlægers brug af digitale røntgensystemer har yderligere vist at flere sensorbrugere end fosforpladebrugere fandt det sværere at placere den digitale receptor i munden på patienten end en film (6, 9). Både den norske og hollandske undersøgelse viste at sensorbrugere tager flere billeder end fosforpladebrugere, og begge typer tandlæger tager flere billeder end filmbrugere (6, 10). Hvis det er sværere at placere receptoren korrekt, resulterer dette formentlig i flere omtagninger med et digitalt system end med film, og det er nemt og hurtigt at tage et ekstra billede hvis den første eksponering ikke er optimal. Den dosisreduktion der opnås ved at den digitale receptor er mere strålefølsom end film (14, 15), kan således gå tabt.

Fosforpladen skal fremkaldes i en skanner. Nogle skannere har en åbning som det er let at skubbe pladen ind i; andre anvender en »tromle« som pladerne monteres i. Monteringen i tromle kan tage nogen tid, og pladerne er følsomme

over for lys. Lyset i rummet må derfor dæmpes når denne type skannere anvendes. Nogle skannere er længere om at skanne et billede i en bestemt opløsning end andre. Man bør derfor orientere sig om skannetiden for de enkelte systemer. Nogle skannere »renser« selv pladen for billedinformation efter skanning af billedet (16), mens det for andre systemer gælder at fosforpladen skal lægges på en lyskasse i nogle min., før den kan bruges igen til næste patient.

Praktiske forhold i forbindelse med visning af billedet (Faktarude 2)

Det digitale billede vises på pc'ens skærm. Valg af skærm vil afhænge af hvor meget plads der er til rådighed i klinikken,

Faktarude 2

Retningslinjer i forbindelse med visning af den digitale røntgenoptagelse.

- En god skærmskvalitet skal kunne vise mindst 24 bit farveopløsning.
- Fladskærme og almindelige katoderørskærme er i princippet lige gode til at vise de digitale billeder.
- En skærmstørrelse på mindst 17 tommer kan anbefales, da ikonerne i softwaren ellers kan forekomme meget små.
- Specielle printere (fx Kodak 1200), der anvender glittet papir, kan give et billede af en god diagnostisk kvalitet til nogle formål.
- Faste kopier af det digitalt fødte billede bør ikke anvendes til den primære diagnostik og behandlingsplanlægning.

hvilke arbejdsrutiner tandlægen har og hvilke typer af billeder der skal vises (intraorale/ekstraorale røntgenbilleder, kliniske foto, etc.). Specielle blækprintere kan udskrive billedet i en acceptabel kvalitet (17). Disse er ikke dyre i anskaffelse, men temmelig dyre i brug, så en papirudskrift koster nogenlunde det samme som en røntgenfilm. Almindelige laserprintere kan ikke gengive billedet i en diagnostisk kvalitet. Elektronisk kommunikation af det digitale billede i et standardfilformat må foretrækkes. Billedet kan transmitteres over internettet, web-baseret eller vedhæftet en e-mail. Modtageren af det digitale billede skal ikke være i besiddelse af andet end almindeligt tilgængelig software for at kunne se et tilsendt billede på sin skærm.

Praktiske forhold i forbindelse med efterbehandling og lagring af billedet (Faktarude 3)

Når billedet ses på computerskærmen, kan det efterbehandles. Da billedet i sin grundform består af tal («*digits*»), kan det tal der angiver den enkelte pixels gråtone, ændres. Efterbehandlingen foregår normalt i det digitale systems software, og der anvendes mus og/eller tastatur. Den originale information i billedet skal altid bibeholdes, således at billedbehandlingen er reversibel. Ændring af kontrast, sværtning og gammakurve-funktion er de mest værdifulde faciliteter til manipulation af billedet (18,19).

Et digitalt billede i fuld opløsning optager en del lager-

Faktarude 3

Retningslinjer i forbindelse med billedbehandling, forsendelse og lagring af det digitale røntgenbillede.

- Kontrast- og sværtningsoptimering bør altid anvendes under den primære diagnostik af billedet. Billedet efterlades i den optimerede udgave.
- Zoomfunktion kan anvendes til specielle formål i billeder hvor opløsningen er høj nok.
- Invertering af gråtoneskalaen og farvekonvertering (pseudofarvefunktion) har tilsyneladende ikke større diagnostisk værdi.
- Billedfiltre, såsom »*shadow*«, »*edge enhancement*« og andre kan anvendes hvor der er høj kontrast mellem to objekter, fx ved rodsmål, når rodfilen sidder i tanden.
- Irreversibel billedkompression, såsom JPEG-kompression bør ikke anvendes i den primære lagring.
- Irreversibel kompression kan anvendes til at øge den elektroniske kommunikationshastighed, fx når billedet sendes i en e-mail.
- Backup af harddiske bør ske en gang i døgnet.

plads. Billedet skal ikke desto mindre gemmes i sit originale format, således at billedinformation ikke mistes (20). Irreversibel billedkompression, såsom JPEG ændrer de oprindelige *pixel*-værdier permanent, og på længere sigt kan dette være ødelæggende for muligheden for andre billedanalyser, fx automatisk billeddiagnostik (3). Det digitale billede skal lagres på et magnetisk medie der er holdbart i ti år. Harddiskplads er reduceret væsentligt i pris de seneste år.

Økonomiske overvejelser i forbindelse med anskaffelsen af digitalt røntgensystem

Flere undersøgelser har angivet at den hyppigste grund til at en tandlæge ikke har anskaffet et digitalt røntgensystem er prisen (5, 7, 9). Både sensor- og fosforpladesystemer er stadig temmelig dyre i anskaffelse, og desuden bør man overveje hvilke omkostninger der er forbundet med den daglige drift af systemet. Optages en helstatus på 14 billeder, medgår der fx 14 plastkonvolutter til optagelsen med et fosforpladesystem, mens sensoren kun skal pakkes ind en gang til den samme patient. På Tandlægeskolen i Århus har vi udviklet en økonomisk model for omkostninger ved en intraoral digital røntgenundersøgelse i forhold til film. Modellen er baseret på konventionel film (Kodak Insight, Eastman Kodak, Rochester, New York), en CCD-sensor (Sidedexis, Sirona, Bensheim, Tyskland) og et fosforpladesystem (Digora, Soredex, Helsinki, Finland). Modellen har følgende præmisser: Udgifter fælles for alle tre typer røntgensystemer blev ikke inkluderet i analysen (husleje, lagerplads, røntgenapparat, stole, holdere, autoklave, etc.). Desuden blev det antaget at der er en pc til rådighed på hver behandlingsklinik.

Følgende matematiske udsagn kunne genereres baseret på en empirisk registrering af vore røntgenfotografers tidsforbrug i min. til en enkelt patient: film (10 + 2x), fosforplade (2x) and CCD-sensor (1,5x) (x = antal intraorale optagelser). Udgifter til indkøb blev fordelt over ti år for hvert system. Disse er for film: lyskasse, betragterkikkert, fremkaldningsmaskine og udsugning. For fosforpladesystemet er anskaffelsesudgiften: skanner, plader, software og en pc dedikeret til skanneren. For CCD-sensoren er udgiften: USB boks, software og én »*bitewing*-sensor«. Alle steder blev firmaernes listerpriser anvendt. De løbende udgifter er for film: kemikalier, rensning af maskine og filmforbrug; for fosforpladen: plastkonvolutter, spritservietter, og musebetræk og for CCD-sensoren: beskyttelsesposer, spritservietter og musebetræk.

Der er udført to beregninger, for henholdsvis en mindre tandklinik med 1½ tandlæge og en større tandklinik med tre tandlæger. Antallet af optagelser er fremkommet ved et

Tabel 2. Beregnede udgifter for én intraoral røntgenoptagelse (film str.2) med tre røntgensystemer for to tandklinikker.

	Antal pt./år	Antal opt./år	Film DKK	Sensor DKK	Sensor »break-even« (år)	Plade DKK	Plade »break-even« (år)
1½ tandlæge	522	795	32	13	1,3	21	4,5
3 tandlæger	3133	5140	27	6	0,2	9	0,8

udtræk fra journalsystemet AlDente med velvillig hjælp fra brugergruppen. Tabel 2 viser de beregnede udgifter for én intraoral optagelse udført med hvert af de tre røntgensystemer. »Break-even« er beregnet som den tid det tager for at besparelsen i driften kompenserer for den højere anskaffelsespris for det digitale røntgensystem. Hvis man sammenligner en løsning hvor man ikke deler sensoren, men har eget system ved hver stol, med en løsning med ét fosforpladesystem, bliver fosforpladen billigst når man har mere end to klinikstole. Modellen er dog meget afhængig af hvor mange patienter, hvor mange optagelser i alt, og hvor mange optagelser per patient der udføres.

Ekstraorale digitale røntgenundersøgelser

Flere tandlægepraksis benytter sig af ekstraorale røntgenundersøgelser i forbindelse med mere specielle diagnostiske opgaver, såsom implantatplanlægning og kæbeledssygdomme. Inden for de to odontologiske specialer, kirurgi og ortodonti, er der ofte brug for ekstraorale røntgenundersøgelser, fx panorama- og kranieoptagelser (8). De ekstraorale CCD-sensorbaserede udstyr er født digitale, og receptoren er indbygget i apparatet. Patienten positioneres i apparatet, og forskellige hjælpemidler, såsom muligheden for lysindikatorer, afgør om det er let at opnå et tilfredsstillende billede. De sensorbaserede digitale ekstraorale udstyr har dog visse begrænsninger, idet de ikke kan udføre fx tværsnitstomografi af den kvalitet som man kan have brug for til implantatplanlægning og kæbeledsundersøgelser (se disse artikler i dette nummer). De konventionelle udstyr der indeholder programmer til fx tomografisk optagelse, kan anvendes sammen med fosforplader ligeså vel som med film. I forbindelse med ekstraorale digitale røntgenundersøgelser opnås ikke den strålereduktion som fås ved intraorale optagelser (se forklaring i interview (21)).

Praktiske retningslinjer i forbindelse med kvalitetskontrol af det digitale billede

Alle lande har deres egne røntgenbekendtgørelser og ret-

ningslinjer for kvalitetskontrol i røntgenprocessen. I Danmark gælder »Bekendtgørelse om dentalrøntgenanlæg til intraorale optagelser med spændinger til og med 70 kV«, nr. 209, 1999, samt »Bekendtgørelse om større dentalrøntgenanlæg«, nr. 663, 1999, begge udgivet af Sundhedsstyrelsen. Disse regelsæt gælder, hvad enten man arbejder med konventionelle røntgenfilm eller med digitale receptorer.

Reglerne for modtagekontrol og konstanskontrol af røntgenapparater gælder altid, mens kontrol af mørkekammer, film og fremkaldning bortfalder, hvis man arbejder med digitale receptorer. Sundhedsstyrelsen har udgivet et mindre tillæg til Bekendtgørelse nr. 209, som omhandler »Kvalitetsstyring af dentalrøntgenanlæg til intraorale optagelser (max. 70 kV), hvor der benyttes digital billed-reception«. Dette tillæg kan fås ved henvendelse til Sundhedsstyrelsen.

English summary

Radiography using digital systems

There are several advantages to digital receptors for dental radiography. Wet processing with chemicals is avoided, meaning no image errors due to processing, and less hazards to the environment. Working time from image exposure to image display is reduced, meaning less or no waiting time for the dentist. Most digital systems require less radiation dose than film to create an acceptable image quality. The direct digital receptors, particularly the phosphor plates, have a dynamic range which is broader than that for film, meaning that over- and underexposure is less apt to occur. The digital image is dynamic, i.e. its contrast and density can be changed according to the diagnostic task, meaning that the same image can be used both for e.g. caries and periodontal diagnostics. It is easier to explain details to the patient on a monitor-displayed image than on a small piece of celluloid. Image storage and communication is electronic, meaning that copies of an image can be sent to other parties without »losing« the original.

Litteratur

1. Wenzel A, Gröndahl H-G. Digital teknik til intraorale røntgenundersøgelser. *Tandlægebladet* 1995; 99: 789-96;
2. Wenzel A. Digital radiography and caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27: 3-11.
3. Wenzel A. Computerautomatiserede diagnostiske støttesystemer. *Tandlægebladet* 1999; 103: 180-6.
4. Wenzel A. Direkte digital røntgenteknik på tandklinikken. *Tandlægebladet* 2000; 4: 184-96.
5. Wenzel A, Gotfredsen E. Interviewundersøgelse af danske tandlæger der anvender direkte digital røntgenteknik. *Tandlægebladet* 2000; 3: 130-6.
6. Wenzel A, Møystad A. Experience of Norwegian general dental practitioners with solid state and storage phosphor detectors. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30: 203-8.
7. Wenzel A, Møystad A. Decision criteria and characteristics of Norwegian general dental practitioners selecting digital radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30: 197-202.
8. Wenzel A, Gotfredsen E. Digital radiography for the orthodontist. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121: 231-5.
9. Berkhout WER, Sanderink GCH, van der Stelt PF. A comparison of digital and film radiography in Dutch dental practices assessed by questionnaire. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 93-9.
10. Berkhout WER, Sanderink GCH, van der Stelt PF. Does digital radiography increase the number of intraoral radiographs? A questionnaire study of Dutch dental practices. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32: 124-7.
11. Wenzel A, Frandsen E, Hintze H. Patient discomfort and cross-infection control in bitewing examination with a storage phosphor plate and a CCD-based sensor. *J Dent* 1999; 27: 243-6.
12. Bahrami G, Hagstrøm C, Wenzel A. Bitewing examination with four digital receptors. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32: 317-21.
13. Versteeg CH, Sanderink GCH, van Ginkel FC, van der Stelt PF. An evaluation of periapical radiography with a charge-coupled device. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27: 97-101.
14. Huysmans M-CDNJM, Hintze H, Wenzel A. Effect of exposure time on in vitro caries diagnosis using the Digora® system. *Eur J Oral Sci* 1997; 105: 15-20.
15. Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M. Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 170-5.
16. Gröndahl H-G, Wenzel A, Borg E, Tammissalo E. An image plate system for digital intra-oral radiography. *Dent Update* 1996; 23: 334-7.
17. Benediktsdóttir IS, Wenzel A. Accuracy of digital panoramic images displayed on monitor, glossy paper and film for assessment of mandibular third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 98: 217-22.
18. Gotfredsen E, Wenzel A, Gröndahl H-G. Observers' use of image enhancement in assessing caries in radiographs taken by four intraoral digital systems. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25: 34-8.
19. Wenzel A, Kirkevang L-L. Students' attitudes to digital radiography and measurement accuracy of two digital systems in connection with root canal treatment. *Eur J Dent Educ* 2004 (i tryk).
20. Gotfredsen E, Wenzel A. Image compression in storing and communicating digital radiographs. *Int J Comput Dent* 2001; 4: 273-9.
21. Plesner M, Christensen PF, Wenzel A. Fagre nye tandplejeveden. *Tandlægernes Tidsskr* 2003; 5: 7-14.

Forfattere

Ann Wenzel, professor, lic. et dr.odont., og Erik Gotfredsen, systemplanlægger

Afdeling for Oral Radiologi, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet