

## ABSTRACT

## Cone Beam Computer-tomografi kan endnu ikke anbefales som standardmetode til diagnostik af periapikale læsioner

Formålet med denne undersøgelse var at vurdere brugen af Cone Beam Computer-tomografi (CBCT) til diagnostik af periapikale læsioner. En søgning i MEDLINE (PubMed) blev foretaget for at identificere studier, publiceret i perioden januar 2000 – juli 2013, der vurderede brugen af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner. En kombination af følgende søgeord blev anvendt: (apical pathology OR endodontic pathology OR periapical OR lesion OR healing) AND (CBCT OR cone beam CT). Søgningen var begrænset til engelsksprogede artikler. Studierne blev registreret og kategoriseret på en 6-trinsskala. I alt 25 studier blev inkluderet. Af de inkluderede artikler var 20 humane studier (14 *in vivo*, seks *ex vivo*), mens fem var dyrestudier (fire *in vivo*, et *ex vivo*). I 12 studier blev der anvendt en såkaldt *Gold Standard* til verificering af diagnosen. Af disse 12 anvendte fire histologisk undersøgelse som *Gold Standard*. Ud fra den tilgængelige litteratur kan det konkluderes, at der diagnosticeres flere periapikale læsioner med CBCT end med konventionelle røntgenmetoder. Samtidig ses en tendens til øget diagnostisk rigtighed ved brugen af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner. Den tilgængelige information er endnu ikke tilstrækkelig til, at man kan anbefale brugen af CBCT som standardmetode til diagnostik af periapikale læsioner. Endvidere savnes undersøgelser, der viser, at anvendelsen af CBCT har betydning for, hvilken behandling en patient modtager, og om patienten i sidste ende har gavn af en CBCT-undersøgelse.

# Cone Beam Computer-tomografi til diagnostik af periapikale læsioner

Casper Kruse, tandlæge, Sektion for Oral Radiologi, Institut for Odontologi, Health, Aarhus Universitet og tandlæge i privat praksis

Rubens Spin-Neto, ph.d.-studerende, Sektion for Oral Radiologi, Institut for Odontologi, Health, Aarhus Universitet

Ann Wenzel, professor, lic. et dr.odont., Sektion for Oral Radiologi, Institut for Odontologi, Health, Aarhus Universitet

Lise-Lotte Kirkevang, lektor, ph.d., Sektion for Oral Radiologi, Institut for Odontologi, Health, Aarhus Universitet og professor, Afdeling for endodonti, Institutt for klinisk odontologi, Det odontologiske fakultet, Universitetet i Oslo, Norge

Når bakterier inficerer pulpa som følge af caries, traume eller tandbehandling, igangsættes en inflammatorisk proces. Så længe processen foregår i det pulpale rum, er den vanskelig at diagnosticere. Den kan ikke ses på en røntgenoptagelse og diagnosticeres derfor hovedsageligt ud fra kliniske symptomer, der ikke altid er valide. Processen kan sprede sig til den periapikale knogle, hvorefter der oftest ses en opløsning af den apikale knogle (osteolyse); i nogle tilfælde dog en fortætning (osteosklerose). For denne tilstand anvendes diagnosen apikal parodontitis. Et særligt problem i forbindelse med diagnostik af apikal parodontitis er, at processen finder sted i et lukket miljø, der ikke tillader direkte indsyn. Tilstanden er ofte kronisk, og samtidig har patienten ofte ingen eller kun uspecifikke kliniske symptomer på sygdom. Derfor bliver røntgenfund af afgørende betydning for den endodontiske diagnose (1).

Den mest anvendte røntgenundersøgelse, *standard-of-care*, til diagnostik og behandlingsplanlægning af apikal parodontitis er en intraoral, periapikal røntgenoptagelse (2). Denne optagelse er relativt let at udføre og billig at fremstille, men det er tidligere vist, at den periapikale læsion skal være manifest, før denne kan ses på røntgenbilledet (3).

Cone Beam Computer-tomografi (CBCT) er en relativt ny avanceret, volumetrisk røntgenmetode, der for første gang i 1998 blev beskrevet at kunne være til gavn for tandlæger (4). Metoden udnytter en flad sensor, der sammen med et kegleformet strålefelt bevæger sig 180° eller 360° rundt om patientens hoved. Herved

## EMNEORD

apical pathology;  
endodontic pathology;  
apical periodontitis;  
cone beam computed-tomography

registreres i computeren en række kubiske elementer, kaldet voxels, som kan variere i størrelse ( $0,076 \text{ mm}^3 - 0,40 \text{ mm}^3$ ) (5). Antallet og størrelsen af voxels definerer den spatiale opløsning i det endelige røntgenbillede. Størrelsen af den vævscylinder, man ønsker at undersøge, fastsættes alt efter hvilken diagnostisk opgave der skal udføres. Dette cylinderformede område betegnes "field-of-view" (FOV), og oftest hænger FOV og billedopløsning sammen, således at jo større et FOV der vælges, jo lavere er voxelopløsningen og omvendt. Generelt resulterer større FOV i en højere stråledosis til patienten. Stråledosis varierer meget for de CBCT-apparater, der er på markedet. Ganske overordnet kan man estimere, at den øgede stråledosis med et lille FOV vil være mellem 10-100 gange den stråledosis, som patienten modtager ved en standard periapikal røntgenoptagelse (6). Der er således flere grunde til at foretrække så lille et FOV som muligt.

Efter rekonstruktion af de volumetriske data i den tilhørende software er klinikerer i stand til at udføre billedsnit i alle planer med udgangspunkt i det sagittale, koronale og aksiale plan (7). CBCT-billedsnit viser således knogle og andre strukturer i alle planer i modsætning til den todimensionale periapikale optagelse. Det synes derfor nærliggende, at metoden giver mulighed for mere nøjagtig diagnostik og behandlingsplanlægning (7). Man kan forestille sig, at CBCT kan være et supplement og/

eller alternativ til periapikale optagelser, når det drejer sig om diagnostik og vurdering af behandlingsmuligheder i forbindelse med apikal parodontitis.

Prisen for anskaffelse af et CBCT-apparat varierer, men indkøbsprisen er ofte mere end 50 gange så høj som for traditionelt røntgenudstyr. Dertil kommer, at der efter eksponering skal foretages en rekonstruktion af de volumetriske data samt udføres snit i forskellige vinkler og eventuelt tykkelser for at sikre, at hele det undersøgte vævsvolumen vurderes, og at samtlige fund rapporteres. Både den høje anskaffelsespris og det øgede tidsforbrug, der er forbundet med bearbejdning og tolkning af CBCT-scanninger, bør tages med i overvejselsen om, hvordan og hvornår CBCT med fordel kan anvendes (6,8).

Når der indføres en ny medicinsk teknologi, er det derfor vigtigt at vurdere, hvilken effekt den nye teknologi vil have for både behandleren, patienten og samfundet (9,10). I forbindelse med CBCT er det således vigtigt at fastslå, om en øget anvendelse vil forbedre diagnostik og behandlingsudbyttet for patienten (set i forhold til andre radiologiske metoder) i et omfang, som kan retfærdiggøre de øgede omkostninger og den større stråledosis (11). I nærværende artikel foretages en systematisk gennemgang af den tilgængelige litteratur, der beskriver og vurderer anvendelsen af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner.

## Fryback & Thornburys klassifikationssystem

Fryback & Thornburys klassifikationssystem (1991)	
F&T-niveau 1	<b>Tekniske effektparametre</b> fx opløsning, skarphed og gråtoneskala
F&T-niveau 2	<b>Effekt på den diagnostiske rigtighed</b> fx vurdering af sensitivitet og specificitet af en ny metode (ofte <i>ex vivo</i> -undersøgelse)
F&T-niveau 3	<b>Effekt på behandlerens diagnostiske tankegang</b> fx ændring i diagnostikken ved brug af en ny i forhold til en kendt metode (ofte <i>spørgeskemaundersøgelse/papirklinik</i> el.lign.; hvor der udføres diagnostik på basis af en kendt metode og ny diagnostik med den nye metode som grundlag; der foretages ingen behandling)
F&T-niveau 4	<b>Effekt på behandlerens valg af behandling</b> fx ændring af behandlingsstrategi ved brug af en ny i forhold til en kendt metode (ofte <i>klinisk</i> undersøgelse, hvor der foretages et behandlingsvalg ud fra en kendt metode og et nyt behandlingsvalg med den nye metode som grundlag; behandlingen udføres på grundlag af den nye metode)
F&T-niveau 5	<b>Effekt på behandlingsresultatet for patienten</b> fx, ændrer en ny metode behandlingens kvalitet, patientubehag eller behandlingens prognose, nu og på længere sigt? (ofte <i>Randomized Clinical Trial (RCT)</i> ; behandlingen udføres på grundlag af enten den kendte el. den nye metode efter lodtrækning)
F&T-niveau 6	<b>Sundhedsøkonomisk effekt</b> fx hvilken økonomisk betydning har indførelsen af en ny i forhold til en kendt metode for patient, behandler og samfund? (ofte <i>prospektiv klinisk undersøgelse/RCT</i> ; <i>cost-efficiency/cost-benefit</i> ; metodens og behandlingens konsekvens opgøres økonomisk)

**Table 1.** Fryback & Thornburys hierarkiske klassifikationssystem til vurdering af billeddannende metoders effekt på forskellige niveauer (F&T-niveau 1-6) (9).

**Table 1.** Fryback & Thornbury's hierarchical classification system for evaluation of the efficacy of imaging methods on different levels (F&T level 1-6) (9).

## CBCT og periapikale læsioner – Studiedesign – studier med Gold Standard

Studie	Anvendte metoder	Antal tænder	Inklusionskriterier	CBCT Unit (kV, mA, sek)	Voxelstørrelse mm (FOV cm)
Simon et al. 2006 (15) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT	17	Periapikale læsioner (> 1x1 cm) fundet på KPR.	NewTom 3G <sup>d</sup> (nd, nd, nd)	nd (nd)
Rosenberg et al. 2010 (20) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT	45	Periapikal læsion > end 5 mm (vurderet på DPR eller KPR). Endodontisk kirurgi planlagt.	i-CAT <sup>a</sup> (120, 3 - 8, 20)	0,40 (6x6)
Sogur et al. 2009 (27) (Human, <i>ex vivo</i> )	CBCT, DPR, KPR	12 (tør mandibel)	Periapikale læsioner induceret ved syreætsning (1, 1,5 og 2 timers syreapplikation).	3DX Accuitomo <sup>c</sup> (80, 1,5, 17,5)	0,125 (3x4)
Kamburoglu et al. 2010 (28) (Human, <i>ex vivo</i> )	CBCT	18 (kadavere)	Periapikale læsioner induceret ved syreætsning.	NewTom 3G <sup>d</sup> (110, 1,5-5,8, 36)	0,20 (15x15 eller 23x23)
Lennon et al. 2011 (29) (Human, <i>ex vivo</i> )	CBCT	10 (tør mandibel)	Periapikale læsioner fremstillet med bor (< 2 mm i diameter).	3D Accuitomo <sup>c</sup> (90, 4,0,17,5 / 9,0)	nd (4x4)
Patel et al. 2009 (30) (Human, <i>ex vivo</i> )	CBCT, DPR	6 (distale rødder fra M <sub>1</sub> , tør mandibel)	Periapikale læsioner fremstillet med bor (2 og 4 mm i diameter).	Veraviewpocs <sup>c</sup> (80, 3, 17,5)	0,125 (nd)
Sogur et al. 2012 (31) (Human, <i>ex vivo</i> )	CBCT, DPR, KPR	12 (tør mandibel)	Kunstige periapikale læsioner induceret ved syreætsning (1, 1,5 og 2 timers syreapplikation).	3DX Accuitomo <sup>c</sup> (80, 1,5, 17,5)	0,125 (3x4)
Tsai et al. 2012 (32) (Human, <i>ex vivo</i> )	CBCT, DPR	16 (kadavere)	Kunstige periapikale læsioner fremstillet med bor (bordiameter 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,4, og 1,8 mm)	Veraviewpocs 3D <sup>c</sup> (80, 7,0, nd) Kodak 9000 3D <sup>i</sup> (80, 7,0, nd)	0,125 (4x4) 0,076 (5x3,7)
de Paula-Silva et al. 2009 (33) (Dyr, <i>in vivo</i> )	CBCT, KPR	120 (præmolærer, hund)	5 grupper alt efter behandling; vital pulpektomi, AP behandlet i én seance, AP behandlet i to seancer, AP uden behandling og sund.	NewTom 3G <sup>d</sup> (120, 3,6, 36)	nd (23x23)
de Paula-Silva et al. 2009 (34) (Dyr, <i>in vivo</i> )	CBCT, KPR	96 (præmolærer, hund)	4 grupper alt efter behandling; vital pulpektomi, AP behandlet i én seance, AP behandlet i to seancer, AP uden behandling.	NewTom 3G <sup>d</sup> (120, 3,6, 36)	nd (23x23)
Ordinola-Zapata et al. 2011 (36) (Dyr, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	30 (præmolærer, hund)	Periapikale læsioner fremstillet med bor. Én kanal rodbehandlet pr. tand, anden rod som kontrol.	i-CAT <sup>a</sup> (nd)	0,2 (nd)
Stavropoulos et al. 2006 (37) (Dyr, <i>ex vivo</i> )	CBCT, KPR, DPR	45 (svin)	Periapikale læsioner fremstillet med bor (2x2 og 4x4 mm).	NewTom 3G <sup>d</sup> (nd, nd, nd)	nd (15x15)

AP = periapikal læsion; nd = ikke beskrevet; CBCT = cone beam computer-tomografi; DPR = digital periapikal røntgenoptagelse; KPR = konventionel periapikal røntgenoptagelse; PAN = panoramaoptagelse; <sup>a</sup>Imaging Sciences International Inc., Hatfield, PA, USA; <sup>b</sup>3M Imtec, Ardmore, OK, USA; <sup>c</sup>J Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan; <sup>d</sup>Quantitative Radiology, Verona, Italy; <sup>e</sup>KaVo Dental AG, Brugg, Switzerland; <sup>f</sup>Soredex Oy, Tuusula, Finland; <sup>g</sup>Carestream, Marne-la-Vallée, France; <sup>h</sup>Planmeca Oy, Helsinki, Finland; <sup>i</sup>VATECH Co. Ltd., Yongin-Si, South Korea; <sup>j</sup>Hitachi Medical, Kyoto, Japan. <sup>k</sup>Yoshida, Tokyo, Japan, <sup>l</sup>Kodak Dental Systems, Carestream Health, Rochester, NY, USA

**Tabel 2a.** Studier der anvender en Gold Standard som reference. Anvendte røntgenmetoder, antal tænder, inklusionskriterier og de anvendte CBCT-optagelsesparametre.

**Table 2a.** Studies with a Gold Standard as reference. Used radiographic methods, number of teeth, inclusion criteria and CBCT-imaging parameters.

## CBCT og periapikale læsioner – Studiedesign – studier uden Gold Standard

Studie	Anvendte metoder	Antal tænder	Inklusionskriterier	CBCT Unit (kV, mA, sek)	Voxelstørrelse mm (FOV cm)
Lofthag-Hansen et al. 2007 (16) (Human, <i>in vivo</i> )	CBC, KPR	46	Kliniske symptomer og/eller radiologiske fund af periapikal læsion.	3D Accuitomo <sup>c</sup> (80, 4, 17,5)	0,125 (3x4)
Estrela et al. 2008 (17) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, KPR, PAN	1508	Tidligere endodontisk infektion.	3D Accuitomo <sup>c</sup> (nd, nd, nd)	0,125 (3x4)
Low et al. 2008 (18) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, KPR	74 (156 rødder)	Kliniske symptomer og/eller radiologiske fund af AP. Endodontisk kirurgi planlagt.	3D Accuitomo <sup>c</sup> (80, 3, 17,5)	nd (nd)
Christiansen et al. 2009 (19) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	58	Evalueret en uge og 12 måneder efter endodontisk kirurgi.	NewTom 3G <sup>d</sup> (110, automated, 36)	nd (15 x 15)
Bornstein et al. 2011 (21) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	38	Kliniske symptomer og/eller radiologiske fund af AP. Endodontisk kirurgi planlagt.	3D Accuitomo <sup>c</sup> (80, 5, 17,5)	0,125 (4x4)
Liang et al. 2011 (22) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	115	Klinisk diagnosticeret pulpitis. Opfølgning to år efter primær rodbehandling.	3D Accuitomo <sup>c</sup> (80, 5, 17,5)	nd (4x4)
Yoshioka et al. 2011 (23) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT	532	Kliniske tegn på AP.	3DX Micro CT <sup>e</sup> (80, 10, 17) Fine Cube <sup>k</sup> (90, 4, 19)	0,125 (3x4) 0,14 (7,5x8,2)
Abella et al. 2012 (24) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	138 (307 rødder)	Klinisk diagnosticeret irreversibel pulpitis. Modsvarende klinisk sund tand brugt som kontrol.	ProMax 3Ds <sup>h</sup> (84, 8, 12)	nd (5x8)
Balasundaram et al. 2012 (13) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	24	AP > 3 mm (på DPR). Modsvarende klinisk sund tand brugt som kontrol.	i-CAT <sup>a</sup> (120, 3,7, 14,7)	0,25 (16x6)
Patel et al. 2012 (14) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	123	Evalueret før og 1 år efter primær endodontisk behandling.	3D Accuitomo 170 <sup>c</sup> (90, 5, 17,5)	nd (4x4)
Patel et al. 2012 (25) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT, DPR	151 (273 rødder)	Kliniske tegn på endodontisk patologi.	3D Accuitomo 170 <sup>c</sup> (90, 5, 17,5)	nd (4x4)
Fernandes et al. 2013 (26) (Human, <i>in vivo</i> )	CBCT	5585	Generel behandlingsplanlægning.	i-CAT <sup>a</sup> (nd, nd, nd)	0,25-0,30 (16x6, 16x8 eller 16x13)
de Paula-Silva et al. 2009 (35) (Dyr, <i>in vivo</i> )	CBCT, KPR	96 (hund)	4 grupper; vital pulpektomi, AP behandlet i én seance, AP behandlet i to seancer, AP uden behandling.	NewTom 3G <sup>d</sup> (120, 3,6, 36)	nd (23x23)

AP = periapikal læsion; nd = ikke beskrevet; CBCT = cone beam computer-tomografi; DPR = digital periapikal røntgenoptagelse; KPR = konventionel periapikal røntgenoptagelse; PAN = panoramaoptagelse; <sup>a</sup>Imaging Sciences International Inc., Hatfield, PA, USA; <sup>b</sup>3M Imtec, Ardmore, OK, USA; <sup>c</sup>J Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan; <sup>d</sup>Quantitative Radiology, Verona, Italy; <sup>e</sup>KaVo Dental AG, Brugg, Switzerland; <sup>f</sup>Soredex Oy, Tuusula, Finland; <sup>g</sup>Carestream, Marne-la-Vallée, France; <sup>h</sup>Planmeca Oy, Helsinki, Finland; <sup>i</sup>VATECH Co. Ltd., Yongin-Si, South Korea; <sup>j</sup>Hitachi Medical, Kyoto, Japan. <sup>k</sup>Yoshida, Tokyo, Japan, <sup>l</sup>Kodak Dental Systems, Carestream Health, Rochester, NY, USA

**Tabel 2b.** Studier der **ikke** anvender en *Gold Standard* som reference. Anvendte røntgenmetoder, antal tænder, inklusionskriterier og de anvendte CBCT-optagelsesparametre.

**Table 2b.** Studies **without** a *Gold Standard* as reference. Used radiographic methods, number of teeth, inclusion criteria and the CBCT-parameters.



## CBCT og periapikale læsioner – Resultater – studier med Gold Standard

Studie	F&T-niveau	Observatører	Udfaldsparameter	Gold Standard	Resultater
Simon et al. 2006 (15) (Human, <i>in vivo</i> )	2	1 observatør	2 kategorier AP, gråtoneværdi med henblik på differentiering mellem: apikalt granulom og cyste.	Histologi	76 % af læsionerne fik samme diagnose med CBCT og histologi.
Rosenberg et al. 2010 (20) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (2 radiologer)	5 kategorier: cyste, sandsynlig cyste, sandsynlig granulom, granulom, andet.	Histologi	Baseret på lav sensitivitet og specificitet blev CBCT ikke vurderet til at være en pålidelig metode til differentiering mellem cyster og granulomer.
Sogur et al. 2009 (27) (Human, <i>ex vivo</i> )	2	6 observatører (3 radiologer, 3 endodontister)	2 kategorier: "med" og "uden" AP.	Direkte observationer	Sensitivitet og specificitet samt inter-observatør overensstemmelse højere for CBCT end for DPR og KPR.
Kamburoglu et al. 2010 (28) (Human, <i>ex vivo</i> )	2	2 observatører (2 radiologer)	Diameter og dybde af AP.	Direkte observationer	Høj overensstemmelse mellem lineære mål foretaget på CBCT og kontrolmålinger med digital skydelære direkte på knogledefekten.
Lennon et al. 2011 (29) (Human, <i>ex vivo</i> )	2	10 observatører (8 endodontister, 2 radiologer)	5 kategorier: sikker AP, sandsynlig AP, usikker, sandsynlig ingen AP, sikker ingen AP. Eksponering (180°, 360° rotation).	Direkte observationer	Begge rotations-indstillinger udviste samme diagnostiske rigtighed til diagnostik af AP. Sensitivitet 0,91 for 360° mod 0,89 for 180°. Specificitet 0,73 for både 360° og 180°.
Patel et al. 2009 (30) (Human, <i>ex vivo</i> )	2	6 observatører (6 endodontister)	5 kategorier: sikker AP, sandsynlig AP, usikker, sandsynlig ingen AP, sikker ingen AP.	Direkte observationer	Signifikant højere sensitivitet, negativ prædiktiv værdi og diagnostisk rigtighed for CBCT sammenlignet med DPR til diagnostik AP.
Sogur et al. 2012 (31) (Human, <i>ex vivo</i> )	2	5 observatører (2 endodontister, 3 radiologer)	5 kategorier: sikker AP, sandsynlig AP, usikker, sandsynlig ingen AP, sikker ingen AP.	Direkte observationer	Bedre diagnostisk rigtighed for CBCT end for DPR og KPR.
Tsai et al. 2012 (32) (Human, <i>ex vivo</i> )	2	5 observatører (5 endodontister)	5 kategorier: sikker AP, sandsynlig AP, usikker, sandsynlig ingen AP, sikker ingen AP.	Direkte observationer	CBCT gav dårlig diagnostisk rigtighed for læsioner < 0,8 mm, rimelig til god diagnostisk rigtighed for læsioner 0,8-1,4 mm og fremragende diagnostisk rigtighed for læsioner ≥ 1,8 mm. DPR gav dårlig diagnostisk rigtighed uanset læsionens størrelse.
de Paula-Silva et al. 2009 (33) (Dyr, <i>in vivo</i> )	2	Ukendt antal	3 kategorier: intakt lamina dura, periapikale knogleforandringer, ekstern rodresorption. Vurderet før, 45 og 180 dage efter behandling.	Histologi	Før behandling og 45 dage efter gav KPR og CBCT samme scorer for alle 3 parametre. Efter 180 dage fandt CBCT flere diskontinuiteter i lamina dura, periapikale knogleforandringer og rodresorptioner.
de Paula-Silva et al. 2009 (34) (Dyr, <i>in vivo</i> )	2	Ukendt antal	2 kategorier: "med" og "uden" AP.	Histologi	CBCT: sens: 0,91, spec: 1,00. KPR: sens: 0,77, spec: 1,00. Signifikant højere sensitivitet, negativ prædiktiv værdi og diagnostisk rigtighed for CBCT sammenlignet med KPR.
Ordinola-Zapata et al. 2011 (36) (Dyr, <i>in vivo</i> )	2	5 observatører (4 endodontister, 1 radiolog)	Arealet af læsioner på DPR og CBCT; 0, 6 mdr. efter behandling.	Direkte observationer	DPR og koronale CBCT-snit viste reduktion i læsionens areal fra 0 til 6 mdr. Dette var ikke tilfældet for sagittale CBCT-snit. Ingen statistisk signifikant forskel mellem DPR og CBCT.
Stavropoulos et al. 2006 (37) (Dyr, <i>ex vivo</i> )	2	4 observatører	2 kategorier: "med" og "uden" AP.	Direkte observationer	CBCT: sens: 0,54, spec: 0,75. KPR: sens: 0,28, spec: 0,77. DPR: sens: 0,23, spec: 0,70. Højere sensitivitet og diagnostisk rigtighed for CBCT end for DPR og KPR.

CBCT = cone beam computer-tomografi; DPR = digital periapikal røntgenoptagelse; KPR = konventionel periapikal røntgenoptagelse; PAN = panoramaoptagelse, AP = periapikal læsion

**Tabel 3a.** Studier der anvender en Gold Standard som reference. Fryback & Thornbury-niveau (F&T-niveau), antal observatører, udfaldsparameter, Gold Standard og resultater angivet.

**Table 3a.** Studies with a Gold Standard as reference. Fryback & Thornbury-level (F&T-level), number and type of observers, outcome parameters, Gold Standard and results.

## CBCT og periapikale læsioner –Resultater– studier uden Gold Standard

Studie	F&T-niveau	Observatører	Udfaldsparameter	Resultater
Lofthag-Hansen et al. 2007 (16) (Human, <i>in vivo</i> )	2	3 observatører (3 radiologer)	Antal rødder, antal kanaler, AP, rodstift, AP størrelse, afstand mellem læsion og canalis mandibulae/sinus maxillaris.	10 % flere AP på CBCT end KPR. 70 % af CBCT gav yderligere, relevant information i forhold til KPR.
Estrela et al. 2008 (17) (Human, <i>in vivo</i> )	2	3 observatører	5 kategorier (Periapikal Index).	CBCT anvendt som Gold Standard: Lave negative prædiktive værdier for KPR og PAN. Lavere diagnostisk rigtighed for PAN end for KPR.
Low et al. 2008 (18) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (1 endodontist, 1 radiolog)	2 kategorier: "med" og "uden" AP.	34 % flere AP på CBCT end på KPR.
Christiansen et al. 2009 (19) (Human, <i>in vivo</i> )	2	3 observatører (1 endodontist, 1 radiolog, 1 kirurg)	Højde, bredde af læsionen (areal).	Læsioner vurderet 10 % større på CBCT end på DPR. 12 mdr. postoperativt 28 % flere læsioner på CBCT end på DPR.
Bornstein et al. 2011 (21) (Human, <i>in vivo</i> )	2	1 observatør (postgraduat stud.)	3 kategorier: størrelse, afstanden mellem apex/AP og canalis mandibulae.	25,9 % flere AP diagnosticeret på CBCT end på DPR. Læsioner og afstand vurderet større på CBCT end på DPR.
Liang et al. 2011 (22) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (1 endodontist, 1 radiolog)	2 kategorier: "med" og "uden" AP (PDL hhv > eller < 0,5mm).	AP på 12,6 % af DPR; på 25,9 % af CBCT. For begge metoder: lav densitet af rodfyldningen var en positiv prædiktiv faktor for AP.
Yoshioka et al. 2011 (23) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (2 endodontister)	5 kategorier: rodspidsens placering i forhold til kortikallamellen.	CBCT: 4 % af rødderne associeret med defekt i kortikallamellen, 13 % med bukkal knogledefekt, 1 % med palatinal/lingual knogledefekt, 2 % med gennemgående knogledefekt og 2 % med rod gennem kortikallamellen.
Abella et al. 2012 (24) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (2 endodontister)	2 kategorier: "med" og "uden" AP.	13,7 % AP på CBCT, 3,3 % AP på DPR. Kliniske symptomer anvendt som <i>Gold Standard</i> : CBCT større diagnostisk rigtighed end DPR (p < 0,05).
Balasundaram et al. 2012 (13) (Human, <i>in vivo</i> )	2	6 observatører (6 endodontister)	Diagnostik og diameter på AP (mm). Behandlingsstrategi: ortograd rodbehandling, retrograd kirurgi, ortograd rodbehandling og retrograd kirurgi, ingen behandling.	Ingen signifikant forskel i AP-størrelse målt på CBCT og DPR. Ingen signifikant forskel i valgt behandlingsstrategi.
Patel et al. 2012 (14) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (2 endodontister)	6 kategorier: ny AP, forstørret AP, uforandret AP, reduceret AP, AP forsvundet, fortsat sund.	Ingen AP for primær rodbehandling på 17,6 % ved DPR, 1,3 % ved CBCT. 1 år postoperativt færre AP helede og under heling på CBCT end DPR. Højere inter-obs overensstemmelse ved CBCT.
Patel et al. 2012 (25) (Human, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører (2 endodontister)	2 kategorier: "med" og "uden" AP.	AP på 48 % af rødderne vurderet på CBCT mod 20 % på DPR. Flere fund på CBCT end på DPR. Flere rodkomponenter fundet på CBCT end på DPR.
Fernandes et al. 2013 (26) (Human, <i>in vivo</i> )	2	Ingen informationer	2 kategorier: "med" og "uden" periapikal læsion.	Periapikale læsioner fundet på 3,4 % af de undersøgte tænder.
de Paula-Silva et al. 2009 (35) (Dyr, <i>in vivo</i> )	2	2 observatører for KPR og 1 observatør for CBCT	4 kategorier AP efter størrelse: ny eller forstørret, uforandret, reduceret, forsvundet. Min. 1 mm <sup>2</sup> (KPR) eller 1 mm <sup>3</sup> (CBCT) forandring påkrævet.	Oftere dårligere resultat (score 1 og 2) end forbedret resultat (score 3 og 4) efter single-visit end two-visits-behandling vurderet på både CBCT og KPR.

CBCT = cone beam computer-tomografi; DPR = digital periapikal røntgenoptagelse; KPR = konventionel periapikal røntgenoptagelse; PAN = panoramaoptagelse, AP = periapikal læsion

**Tabel 3b.** Studier der **ikke** anvender en *Gold Standard* som reference. Fryback & Thornbury-niveau (F&T-niveau), antal observatører, udfaldsparameter, *Gold Standard* og resultater.

**Table 3b.** Studies **without** a *Gold Standard* as reference. Fryback & Thornbury-level (F&T-level), number and type of observers, outcome parameters, *Gold Standard* and results. →

## Materiale og metoder

En søgning i MEDLINE (PubMed) blev foretaget for at identificere studier, der har beskæftiget sig med CBCT til diagnostik og før behandling af periapikale læsioner, publiceret i perioden januar 2000 – juni 2013. Følgende søgeord blev anvendt: (apical pathology OR endodontic pathology OR periapical OR lesion OR healing) AND (CBCT OR cone beam CT). Søgningen blev begrænset til engelsksprogede artikler. Reviews, systematiske reviews og case reports blev ikke inkluderet. Ydermere blev der foretaget en manuel søgning i de udvalgte artiklers referencelister.

Studier omhandlende CBCT anvendt til diagnostik, behandlingsvalg samt evaluering af behandlingsvalgets betydning for behandlingens resultat, alene eller i kombination med andre røntgenteknikker, blev udvalgt. Blandt disse inkluderedes studier, der indeholdt detaljerede informationer om: 1) studiedesign, 2) røntgenmetode(r) og eksponeringsparametre, og 3) hvordan brugen af CBCT påvirkede diagnostik og/eller behandling af periapikale læsioner. Anvendelsen af en *Gold Standard* til verificering af diagnosen var ikke et absolut inklusionskriterie, men blev noteret.

Fire bedømmere vurderede de inkluderede studier uafhængigt af hinanden i henhold til et klassifikationssystem, Fryback & Thornbury 1991 (F&T) (9), hvor effekten af en billeddannende metode, som fx CBCT, kan vurderes på forskellige niveauer (Tabel 1). I denne artikel anvendes benævnelsen "rigtighed" om en billeddannende tekniks evne til sikkert at identificere en sand tilstand (12).

## Resultater

Den primære søgning gav 310 publikationer fra MEDLINE (PubMed). Den initiale screening af disse blev foretaget på baggrund af *abstracts* og *key words*. Hvis der var tvivl om anvendeligheden, blev artiklens fulde tekst læst. Denne screening identificerede 38 publikationer, der potentielt kunne opfylde inklusionskriterierne. Efter gennemlæsning af artiklerne blev 13 af disse publikationer ekskluderet, fordi de ikke opfyldte inklusionskriterierne. Gennemgangen af referencelisterne frembragte ikke yderligere relevante artikler.

Der blev ikke fundet studier, der vurderede, om supplerende brug af CBCT havde en sundhedsøkonomisk effekt (F&T-niveau 6), en effekt på udfaldet af behandling (F&T-niveau 5) eller en effekt på behandlingsvalget (F&T-niveau 4). I alt blev der identificeret 25 artikler, der alle beskæftigede sig med CBCT alene eller i kombination med 2-d røntgenmetoder til diagnostik af periapikale læsioner, og som opfyldte inklusionskriterierne. Et af de inkluderede studier (13) blev vurderet til F&T-niveau 3 (effekt på behandlerens diagnostiske tankegang). De øvrige 24 artikler blev vurderet til F&T-niveau 2 (metodens diagnostiske rigtighed) (Tabel 1). 20 studier var humane studier (14 *in vivo* (13-26), 6 *ex vivo* (27-32)), mens fem var dyrestudier (4 *in vivo* (33-36), 1 *ex vivo* (37)) (Tabel 2a, 2b).

I 12 studier blev der anvendt en *Gold Standard* til verificering af diagnosen (Tabel 3a). I otte af disse var den anvendte *Gold Standard* betegnet som "direkte observationer" (27-32,36,37). "Direkte observationer" skal forstås således, at der var tale om *ex vivo*-studier med laboratoriefremstillede (og derfor kendte) defekter i knoglen, fremstillet enten ved syreapplicering på knoglen eller ved hjælp af bor. I de øvrige fire studier med en *Gold Standard* blev der anvendt histologi (15,20,33,34). En undersøgelse anvendte CBCT som *Gold Standard* (17), en anden undersøgelse brugte kliniske symptomer som *Gold Standard* (24). Da hverken CBCT eller kliniske symptomer kan definere den sande, periapikale tilstand, er disse studier rubriceret blandt dem, der ikke havde en *Gold Standard* (Tabel 3b).

I de otte studier, med "direkte observationer" anvendt som *Gold Standard*, fandt man en større diagnostisk rigtighed ved anvendelse af CBCT frem for ved anvendelse af 2-d røntgenmetoder (27-32,36,37). To af de fire studier, der anvendte histologi som *Gold Standard*, var humane studier. I disse undersøgte man, om der ved hjælp af CBCT kunne differentieres mellem granulativ væv og cystevæv. Man fandt i begge tilfælde, at CBCT ikke var en pålidelig metode i den henseende (15,20). De andre to studier, der anvendte histologi som *Gold Standard*, var dyreforsøg (hunde). Det ene studie beskrev rigtighedsparametre. Man fandt her ingen forskel i specificitet, men en højere sensitivitet ved brug af CBCT i forhold til periapikale røntgenoptagelser (34) (Tabel 3a).

I alt 13 studier anvendte ingen *Gold Standard*, men rapporterede alene de radiologiske observationer. Generelt blev der fundet flere periapikale læsioner på CBCT end på periapikale røntgenoptagelser. Andelen af yderligere fundne periapikale læsioner med CBCT varierede fra 10 % flere til fire gange så mange (16,18,19,21,22,24,25). I et større brasiliansk studie, hvor CBCT-undersøgelse blev udført som led i generel behandlingsplanlægning på en tandlægeskole, blev der fundet periapikale læsioner på 3,4 % af de undersøgte tænder (26). I et humant studie samt i et dyrestudie blev der generelt fundet flere periapikale læsioner med CBCT både før og efter primær endodonti sammenlignet med periapikale røntgenoptagelser (14,35).

Tre studier beskrev periapikale læsioners størrelse vurderet med CBCT sammenlignet med digitale periapikale røntgenoptagelser. I to af studierne blev læsionerne vurderet større med CBCT end med periapikale røntgenoptagelser (19,21), mens det tredje ingen forskel fandt (13). En anden gruppe konkluderede, at CBCT havde større diagnostisk rigtighed end digitale periapikale røntgenoptagelser, når patientens kliniske symptomer blev brugt som reference (24). I et humant studie blev der på 70 % af CBCT-optagelserne fundet yderligere klinisk relevante informationer, som ikke blev fundet på konventionelle periapikale røntgenoptagelser (16).

I et studie, der undersøgte effekten af supplerende brug af CBCT i forhold til valg af behandlingsstrategi (F&T-niveau 3), fandt man ingen signifikant forskel ved den supplerende brug af CBCT (13) (Tabel 3b).



## Diskussion

### Medicinsk teknologivurdering

Før man indfører ny medicinsk teknologi, bør der udføres en medicinsk teknologivurdering (MTV) for at afgøre, om, og i givet fald hvor meget, der kan vindes ved implementering af den nye teknik (10). Fryback & Thornburys hierarkiske model til vurdering af billeddannende metoders effekt (9), er generelt accepteret som indikator for, hvor velunderbygget anvendelsen af en billeddiagnostisk metode er. I denne model bliver studier hierarkisk kategoriseret på baggrund af studiedesignet og omfanget af den information, metoden giver i forhold til patientbehandlingen. Kategoriseringen foretages fra niveau 1 (tekniske effektparametre) til niveau 6 (sundhedsøkonomisk effekt) (Tabel 1). Anvendelsen af denne hierarkiske model til evaluering af medicinske, billeddannende metoder dækker alt fra hardware og software, der bruges til optagelse, bearbejdning og lagring af data til evaluering af, hvorvidt indførelsen af en ny medicinsk teknologi ultimativt redder flere liv og dermed gavner samfundet (38).

Det er en logisk forudsætning for at kunne påvise en metodes effekt på et højere niveau, at effekten på lavere niveauer er påvist. Omvendt er en sådan påvisning af effekt på et lavt niveau ikke ensbetydende med, at effekten også kan påvises på højere niveauer i den hierarkiske model. Jo højere trin i modellen, jo mere kompleks bliver vurderingen. Fra og med niveau 2 indgår fx altid en observatør/behandler, der vurderer billederne. Metodens diagnostiske rigtighed er derfor ikke kun afhængig af udstyrets tekniske kvalitet og reelle præcision, men i lige så høj grad af den behandler, der rekvirerer, udfører og tolker optagelserne (39).

### Gold Standard

For at kunne vurdere den diagnostiske validitet af en metode må man endvidere have adgang til den diagnostiske sandhed, også kaldet *Gold Standard*. I *ex vivo*-undersøgelser er etablering af en *Gold Standard* sjældent et problem, da man arbejder med ikke-vitale forsøgsobjekter, og derfor ikke er begrænset af etiske restriktioner. I *in vivo*-undersøgelser på mennesker kan det derimod være yderst problematisk at definere en *Gold Standard*. Dette gælder ikke mindst i relation til apikal parodontitis, hvor en histologisk undersøgelse af det periapikale væv er nødvendig for at kunne verificere tilstedeværelse og mængde af betændelsesceller, og dermed stille den sande diagnose. Denne metode er invasiv, og der kan derfor være etiske problemer forbundet med at anvende den som *Gold Standard* i forbindelse med undersøgelser/behandlinger på mennesker.

### Periapikale røntgenbilleder

Diagnostik af endodontisk relateret sygdom kan være overordentlig vanskelig, overvejende fordi de forskellige faser i udviklingen fra reversibel pulpitis til apikal parodontitis kan forekomme helt uden kliniske symptomer for patienten, eller med uspecifikke symptomer, der kan være meget vanskelige

## KLINISK RELEVANS

Apikal parodontitis er en sygdomstilstand, som ikke altid kan ses på periapikale røntgenoptagelser. Cone Beam Computer-tomografi er en avanceret volumetrisk røntgenteknik, der muliggør en tredimensionel gengivelse af tænder og omgivende anatomiske strukturer. Den tilgængelige litteratur er dog endnu

ikke tilstrækkelig til at legitimere brug af CBCT som standardmetode til diagnostik af periapikale læsioner. Der findes ingen undersøgelser, som viser, at anvendelsen af CBCT har betydning for, hvilken behandling en patient modtager, og om patienten i sidste ende har gavn af en CBCT-undersøgelse.

at henføre til den aktuelle tand. Traditionelt har en periapikal røntgenundersøgelse været anvendt som et uundværligt værktøj til diagnostik af periapikal sygdom (1,2). I 1967 undersøgte Brynolf, i hvilket omfang histologiske forandringer i den periapikale knogle kunne ses på periapikale røntgenbilleder (40). Hun klassificerede fundene fra røntgenbillederne, svarende til den histologiske status, fra normal til kraftige inflammatoriske forandringer i det periapikale væv. I 1986 introducerede Ørstavik et al. PeriApikal Index (PAI) (41) (Fig. 1). Dette scoringsystem med 5 scorer er baseret på Brynolfs oprindelige fund. Man har derfor inden for diagnostik af periapikale læsioner på periapikale røntgenbilleder en klar reference til den histologiske tilstand. PAI angiver således, hvordan man kan skelne mellem normalt væv og inflammeret væv, når læsionen har en vis størrelse.

For at kunne udføre tilfredsstillende diagnostik på periapikale røntgenoptagelser er det afgørende, at de er af optimal kvalitet. Ved periapikal røntgenteknik er vinkling af tubus og film afgørende for muligheden for at opdage periapikale læsioner og for efterfølgende at kunne vurdere, om en behandling er lykkedes. Det anbefales at anvende filmholder og parallelteknik (frem for vinkelhalveringsteknik) pga. størst mulig reproducerbarhed samt mindst mulig geometrisk uskarphed (42-44).

Når en billedmetode fremstiller en todimensional gengivelse af en tredimensionel virkelighed, vil der være områder, der ikke gengives entydigt. Dette kan både være på grund af en overlappning af anatomiske strukturer eller områder, hvor tyk kortikalknogle maskerer et mindre mineraltab i den spongøse knogle. Det er vist, at korrekt diagnostik af periapikale læsioner vha. periapikale røntgenoptagelser først kan forventes, når læsionen har en vis størrelse, således at den evt. involverer/eroderer den kortikale knogle (45). Det er derfor oplagt, at der er et behov for mere valide diagnostiske metoder i forbindelse med endodontisk sygdom.





## Periapikal Index (PAI)

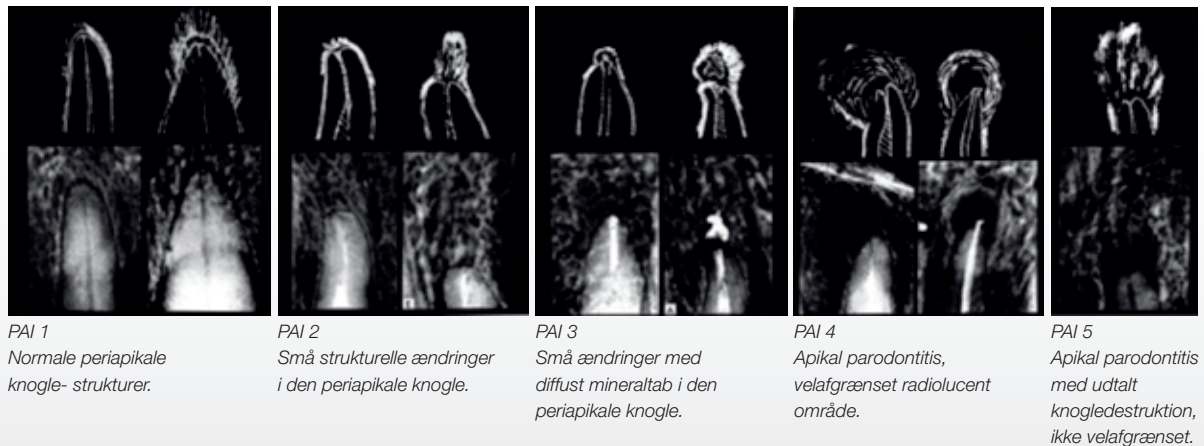


Fig. 1. PAI-scorer 1-5 illustreret med periapikale røntgenoptagelser og tegninger (41).

Fig. 1. PAI scores 1-5 illustrated by periapical radiographic images and drawings (41).

## CBCT

Gennem de senere år har brugen af CBCT vundet indpas blandt tandlæger, og det er blevet postuleret, at CBCT er periapikale røntgenoptagelser overlegen til diagnostik af periapikale læsioner (46). Metoden giver mulighed for at generere todimensionale billedsniit i alle planer ud fra en tredimensionel undersøgelse, hvorfor effekten af overlappende anatomiske strukturer minimeres og små, strukturelle forandringer i knoglen tydeligere kan ses (47). Læsioner, der hovedsageligt ligger facialt/oralt for tandroden, kan være vanskelige at opdage på periapikale røntgenoptagelser, da tandroden i sig selv kan maskere mineraltabet. Det er derfor muligt, at anvendelse af CBCT kan bidrage til diagnostik af endodontiske tilstande, hvor kliniske fund og traditionelle røntgenoptagelser ikke giver entydige, eller i nogle tilfælde endda divergerende, svar (48) (Fig. 2).

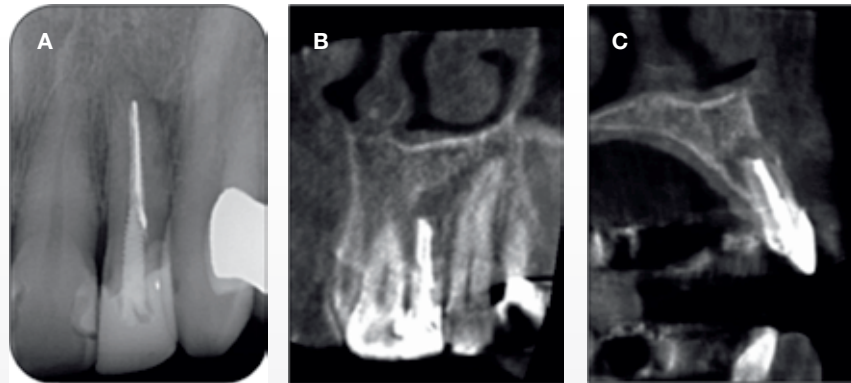
Et kendt problem i forbindelse med CBCT er forekomsten af artefakter. Såkaldte "beam hardening" artefakter forekommer som et resultat af fejl i den matematiske rekonstruktion af billedet (49). Disse ses ofte som streger i billedet, eller ved at konturerne bliver udviskede eller forvrængede, især når metal såsom kroner, fyldninger og stifter indgår i det undersøgte vævs-volumen (Fig. 3). Ligeledes kan der forekomme artefakter pga. rod fyldningsmaterialer, og der er risiko for, at en ellers tæt rod fyldning vil se utæt ud på CBCT. Dette kan give falsk positive fund (50). I forbindelse med diagnostik af periapikale læsioner er risikoen dog mindre, da der i det periapikale område hovedsageligt findes knogle- og bindevæv. Det er dog vigtigt at have risikoen for falsk positive fund i tankerne, når heling efter kirurgisk revision vurderes, især i relation til de retrograde fyldningsmaterialer.

## Faktaboks

**Europæiske guidelines, Radiation protection:** Cone-beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence Based Guidelines [[http://www.sedentextc.eu/files/guidelines\\_final.pdf](http://www.sedentextc.eu/files/guidelines_final.pdf)], for brug af CBCT foreslår, at man i tilfælde, hvor kliniske symptomer på apikal parodontitis ikke kan verificeres på en standard periapikal røntgenoptagelse, kan anvende CBCT som et led i den diagnostiske proces.

Stråledosis er en anden vigtig parameter, der må overvejes ved indførelse af en ny røntgenmetode. Uanset hvilken radiologisk undersøgelse en patient skal have udført, er hovedreglen, at optagelsesparametrene skal indstilles efter ALARA-princippet (As Low As Reasonable Achievable), så patienten modtager den mindst mulige stråledosis (51). Det er i litteraturen beskrevet, at jo mindre FOV der anvendes, jo mindre stråledosis afsættes der i patientens væv (11,51). Valg af lille FOV vil desuden ofte automatisk medføre en højere detaljeringsgrad i billedsniittene (52). Ved anvendelse af CBCT i forbindelse med endodonti er det netop detaljegraden, der er relevant, da de strukturer og/eller forandringer, der ønskes visualiseret, kan være ganske små. Ifølge de seneste retningslinjer for brugen af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner, bør der derfor anvendes lille FOV og høj opløsning (lille voxelstørrelse) (48,52). I de 14 inkluderede humane *in vivo*-studier (13-26) varierede det anvendte FOV fra 3x4 cm til 23x13 cm, mens voxelstørrelsen

## CBCT brugt til diagnostik af periapikal læsion



**Fig. 2.** Patienten har 4 år efter retrograd endodontisk kirurgi (+1) symptomer på apikal parodontitis. A: Periapikal røntgenoptagelse +1; ikke nogen entydig periapikal knoglelæsion. B: CBCT af +1 (sagittalt snit); diffus knogledestruktion periapikalt. Bemærk endvidere artefakter sv.t. metalstiften. C: CBCT af +1(koronalt snit); tydelig periapikal knoglelæsion, der strækker sig ned palatinalt for roden. Den faciale kortikallamel ses perforeret.

**Fig. 2.** The patient experience clinical symptoms of an apical periodontitis 4 years after periapical endodontic surgery on tooth 21 A: Periapical radiographic image of tooth 21; no clear evidence of periapical bone lesion can be seen. B: CBCT of tooth 21 (sagittal view); a diffuse periapical bone lesion is to be seen. Notice the artifacts due to the metal post and build-up. C: CBCT of tooth 21 (coronal view); a defined periapical bone lesion is seen on the palatal aspect of the root. The facial bone cortex is perforated.

## CBCT brugt til diagnostik af periapikal læsion



**Fig. 3.** Eksempel på CBCT med artefakter pga. metalobjekter. A: CBCT +1,2 med metalstifter (sagittalt snit). Bemærk artefakter omkring stifterne i form af tilsyneladende radiolucente områder langs periferien af disse. B: CBCT +1 med metalstift (koronalt snit). Bemærk artefakter omkring stiften i form af et tilsyneladende radiolucent område facialt for denne samt en udviskning af stifstens afgrænsning apikalt og palatinalt.

**Fig. 3.** Example of artifacts on CBCT due to metal objects. A: CBCT of teeth 21 and 22 with metal posts (sagittal view). Artifacts are seen as apparently radiolucent areas in the periphery of the posts. B: CBCT of tooth 21 with metal post (coronal view). Artifacts are seen as apparently radiolucent areas in the periphery of the post on the buccal aspect and as a blurring of the post boundary on the apical and palatal aspect.

(opløsningen) varierede fra 0,125 mm<sup>3</sup> til 0,4 mm<sup>3</sup>. I de 6 inkluderede humane *ex vivo*-studier (27-32) varierer de tilsvarende værdier fra 3x4 cm til 23x13 cm og 0,076 mm<sup>3</sup> til 0,2 mm<sup>3</sup>. Ingen af de inkluderede dyrestudier (33-37) angav samtlige anvendte eksponeringsparametre. Det har ud fra de inkluderede studier i denne oversigtsartikel ikke været muligt yderligere at definere standardparametre for brugen af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner.

### Fryback & Thornburyniveau

Over 90 % af de inkluderede artikler i denne oversigtsartikel beskæftigede sig alene med metodens tekniske (F&T-niveau 1) og diagnostiske effektparametre (F&T-niveau 2). Altså om metoden fremstiller billeder, der er detaljerede og skarpe (F&T-niveau 1), og hvad man finder på billederne (F&T-niveau 2). Det skal præciseres, at den viden, der findes om sammenhængen mellem røntgenfund på periapikale røntgenoptagelser og den histologiske sandhed, ikke umiddelbart kan overføres til CBCT, da der er tale om en helt anderledes billeddannende teknik. Der findes for nærværende ingen studier på mennesker, hvor histologisk undersøgelse som *Gold Standard* har været anvendt i relation til CBCT for at verificere, om det periapikale væv var inflammeret eller ej.

Af de inkluderede studier på F&T-niveau 2, anvendte 12 en eller anden form for *Gold Standard*. Hovedparten af disse var baseret på ekstraherede tænder indsat i en tør mandibelknogle, →

hvor kunstige periapikale læsioner var blevet fremstillet med enten bor eller ved syreætsning (27,29-31). Fordelen ved denne fremgangsmåde er, at man ved, hvor og hvor stor en knogledefekt der findes. Man kan derfor vurdere og beregne, hvor sikkert man ved forskellige røntgenmetoder kan diagnosticere knogledefekter. Ulemper ved denne type studier omfatter, at en kunstigt frembragt knoglelæsion ikke har samme struktur og udformning som en naturlig patologisk proces, at ekstraherede tænder ikke passer naturligt i en tilfældigt udvalgt mandibel, samt det faktum, at der ikke er blødtvæv til stede. For at inkludere blødtvævs-effekten har man i andre studier anvendt kadavere (humane eller svin) (28,32,37). I begge typer studier har man generelt fundet en højere diagnostisk rigtighed med CBCT end med periapikale røntgenteknikker, men pga. de nævnte ulemper ved undersøgelserne bør resultaterne ikke overføres direkte til klinikken.

I de humane *in vivo*-studier anvendte to histologi som *Gold Standard*. Man undersøgte, om CBCT muliggjorde differentiering mellem granulationsvæv og cyste, men fandt, at CBCT ikke var en pålidelig metode til differentiering mellem disse patologiske tilstande (15,20).

I dyreundersøgelser (*in vivo*), hvor periapikale læsioner var blevet induceret på hunde, blev histologi anvendt som *Gold Standard*. Man fandt her en højere sensitivitet ved brug af CBCT i forhold til brug af periapikale røntgenoptagelser, uden at specificiteten blev påvirket. CBCT og periapikale røntgenoptagelser var altså lige gode til at identificere de sandt raske tænder, mens der på CBCT-scanninger blev fundet flere sandt syge tænder (34). Specificiteten var dog usikkert bestemt, fordi der kun indgik ganske få tænder, som histologisk set var sunde. Dermed kan der ikke konkluderes entydigt ud fra dette studie.

Der findes i den tilgængelige litteratur fortsat kun begrænset information om størrelsen af de positive og negative prædiktive værdier ved brugen af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner (13), og selvom der ses en tendens til større diagnostisk rigtighed ved brugen af CBCT, må man tage i betragtning, hvor få studier der anvendte en *Gold Standard*, samt at studierne

angiver modstridende diagnostiske værdier for sensitivitet og specificitet. I et systematisk review fra 2012 konkluderede man ligeledes, at selvom CBCT har højere sensitivitet, og selvom man finder flere små periapikale læsioner med CBCT end med periapikale røntgenoptagelser, mangler den kliniske dokumentation for den diagnostiske rigtighed fortsat (53).

Kun et af de inkluderede studier blev bestemt til F&T-niveau 3 (13), hvor det vurderes, om information fra periapikal røntgenoptagelse og derefter CBCT forårsagede ændring i diagnostik og dermed i behandlerens tanker om, hvordan behandlingen burde udføres. Der blev ikke i forbindelse med studiet udført en behandling og heller ikke anvendt en *Gold Standard* til verificering af diagnosen. Man fandt ingen signifikant forskel hverken i vurdering af størrelsen af en periapikal læsion eller i valg af behandling, når CBCT blev anvendt som supplerende diagnostisk værktøj (13).

På basis af nærværende oversigt skal det påpeges, at der endnu ikke findes undersøgelser, der vurderer, hvilken effekt supplerende brug af CBCT har for patienten, om behandlingsvalget ændres, og om en ændring af behandlingsvalget får konsekvenser for behandlingens prognose. Man har heller ingen information om den samfundsøkonomiske betydning af en systematisk anvendelse af CBCT som supplement i forbindelse med periapikal diagnostik.

## Konklusion

Der diagnosticeres flere periapikale læsioner med CBCT end med konventionelle røntgenmetoder. Samtidig ses en tendens til øget diagnostisk rigtighed ved brug af CBCT til diagnostik af periapikale læsioner i forhold til periapikale røntgenoptagelser. Den tilgængelige information er endnu ikke tilstrækkelig til, at man kan anbefale brugen af CBCT som standardmetode til diagnostik af periapikale læsioner, og der savnes undersøgelser, som viser, at anvendelsen af CBCT har betydning for, hvilken behandling en patient modtager, og om patienten i sidste ende har gavn af CBCT.

## ABSTRACT (ENGLISH)

### **Cone Beam Computed-Tomography for the diagnosis of periapical lesions**

The objective of this study was to perform a systematic review on the use of cone-beam CT (CBCT) for the diagnosis of periapical lesions. The MEDLINE bibliographic database was searched from 2000 to July 2013 for studies evaluating the use of CBCT images for diagnosing periapical lesions. The search strategy was limited to English-language publications using the following combined terms: (apical pathology OR endodontic pathology OR periapical OR lesion OR healing) AND (CBCT OR cone beam CT). The studies were recorded and categorized according to a 6-level scale. The review identified 25 publications that fulfilled the inclu-

sion criteria. Of the included studies were 20 human studies (14 *in vivo*, 6 *ex vivo*), and 5 were animal studies (4 *in vivo*, 1 *ex vivo*). Twelve studies used a *Gold Standard* for verification of the correct diagnosis, and among these 4 studies used histology as the *Gold Standard*. From the available literature it can be concluded that there is a tendency to diagnose more periapical lesions in CBCT than in periapical images. Furthermore, there is a tendency towards a higher diagnostic accuracy when using CBCT in the detection of periapical lesions. However, on the basis of existing studies CBCT cannot be justified as a standard method for the diagnosis of periapical lesions, and studies demonstrating the benefit of CBCT for the patient are still lacking.

## Litteratur

- Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev P, Reit C. *Textbook of endodontology*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2010.
- Ørstavik D, Pitt Ford T. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Munksgaard Ltd, 2008.
- Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod* 1997;23:5-14.
- Mozzo P, Procacci C, Tacconi A et al. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.
- Basrani B. *Endodontic radiology*. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell 2012;304-6.
- Wenzel A. Radiographic display of carious lesions and cavitation in approximal surfaces: advantages and drawbacks of conventional and advanced modalities. *Acta Odontol Scand* 2014;submitted.
- Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009;42:463-75.
- Petersen LB, Olesen K, JH Christensen et al. Absolute and relative costs comparing cone beam computed tomography and panoramic imaging before removal of impacted mandibular third molars. *Dentomaxillofac Radiol* 2014;submitted
- Fryback DG, Thornbury JR. The efficacy of diagnostic imaging. *Med Decis Making* 1991;11:88-94.
- Petersen LB, Christensen JH, Olsen K et al. Medicinsk teknologivurdering inden for odontologi. *Tandlægebladet* 2012;116:726-34.
- Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012;81:267-71.
- Wulff HR, Gøtzsche P. Rationel klinik: evidensbaserede diagnostiske og terapeutiske beslutninger. 5th ed. Copenhagen: Munksgaard, 2006.
- Balasundaram A, Shah P, Hoen MM et al. Comparison of cone-beam computed tomography and periapical radiography in predicting treatment decision for periapical lesions: a clinical study. *Int J Dent* 2012;920815.
- Patel S, Wilson R, Dawood A et al. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography – part 2: a 1 year post-treatment follow-up. *Int Endod J* 2012;45:711-23.
- Simon JH, Enciso R, Malfaz JM et al. Differential diagnosis of large periapical lesions using cone beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod* 2006;32:833-7.
- Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K et al. Limited cone beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:114-9.
- Estrela C, Bueno MR, Leles CR et al. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008;34:273-9.
- Low KM, Dula K, Bürgin W et al. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod* 2008;34:557-62.
- Christiansen R, Kirkevang LL, Gotfredsen E et al. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:531-6.
- Rosenberg PA, Frisbie J, Lee J et al. Evaluation of pathologists (histopathology) and radiologists (cone beam computed tomography) differentiating radicular cysts from granulomas. *J Endod* 2010;36:423-8.
- Bornstein MM, Lauber R, Sendi P et al. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod* 2011;37:151-7.
- Liang YH, Li G, Wesselink PR et al. Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. *J Endod* 2011;37:326-31.
- Yoshioka T, Kikuchi I, Adorno CG et al. Periapical bone defects of root filled teeth with persistent lesions evaluated by cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2011;44:245-52.
- Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F et al. Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs. *J Endod* 2012;38:1588-91.
- Patel S, Wilson R, Dawood A et al. The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography – part 1: pre-operative status. *Int Endod J* 2012;45:702-10.
- Paes da Silva Ramos Fernandes LM, Ordinola-Zapata R, Húngaro Duarte MA et al. Prevalence of apical periodontitis detected in cone beam CT images of a Brazilian subpopulation. *Dentomaxillofac Radiol* 2013;42:80179163.
- Sogur E, Baksi BG, Gröndahl HG et al. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam computed tomography, intra-oral digital and conventional film radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:458-64.
- Kamburoglu K, Kilic C, Ozen T et al. Accuracy of chemically created periapical lesion measurements using limited cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39:95-9.
- Lennon S, Patel S, Foschi F et al. Diagnostic accuracy of limited-volume cone-beam computed tomography in the detection of periapical bone loss: 360 degrees scans versus 180 degrees scans. *Int Endod J* 2011;44:1118-27.
- Patel S, Dawood A, Mannocci F et al. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *Int Endod J* 2009;42:507-15.
- Sogur E, Gröndahl HG, Baksi BG et al. Does a combination of two radiographs increase accuracy in detecting acid-induced periapical lesions and does it approach the accuracy of cone-beam computed tomography scanning? *J Endod* 2012;38:131-6.
- Tsai P, Torabinejad M, Rice D et al. Accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in detecting small periapical lesions. *J Endod* 2012;38: 965-70.
- de Paula-Silva FW, Santamaria M Jr, Leonardo MR et al. Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic evaluation of periapical repair in dog's post-endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:796-805.
- de Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR et al. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as gold standard. *J Endod* 2009;35:1009-12.
- de Paula-Silva FW, Hassan B, Bezerra da Silva LA et al. Outcome of root canal treatment in dogs determined by periapical radiography and cone-beam computed tomography scans. *J Endod* 2009;35:723-6.
- Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MH et al. The influence of cone-beam computed tomography and periapical radiographic evaluation on the assessment of periapical bone destruction in dog's teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:272-9.
- Stavropoulos A, Wenzel A. Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. An ex vivo study in pig jaws. *Clin Oral Investig* 2007;11:101-6.
- Krupinski EA, Jiang Y. Anniversary paper: evaluation of medical imaging systems. *Med Phys* 2008;35:645-59.
- Thornbury JR, Fryback DG. Technology assessment – an American view. *Eur J Radiol* 1992;14:147-56.
- Brynolf I. A histological and roentgenological study of the periapical region of human upper incisors. *Odontologisk Revy* 1967;18 (Supp.11).
- Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol* 1986; 2:20-34.
- Forsberg J, Halse A. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and bisecting-angle techniques. *Int Endod J* 1994;27:133-8.
- Forsberg J, Halse A. Periapical radiolucencies as evaluated by bisecting-angle and paralleling radiographic techniques. *Int Endod J* 1997;30:115-23.
- Forsberg J. Radiographic distortion in endodontics. PhD-thesis, Bergen 1999.
- Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *J Am Dent Assoc* 1961;62:152-60.
- Patel S, Mannocci F, Shemesh H et al. Radiographs and CBCT – time for a reassessment? *Int Endod J* 2011;44:887-8.
- Patel S, Dawood A, Whaites E et al. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009;42:447-62.
- SEDENTEX. Radiation protection: Cone-beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence Based Guidelines. (Seen 2013 October). Available from: URL: [http://www.sedentext.eu/files/guidelines\\_final.pdf](http://www.sedentext.eu/files/guidelines_final.pdf).
- Schulze R, Heil U, Gross D et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40:265-73.
- Møller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM et al. Comparison of images from digital intraoral receptors and cone beam computed tomography scanning for detection of voids in root canal fillings: an in vitro study using micro-computed tomography as validation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013;115:810-8.
- Hirsch E, Wolf U, Heinicke F et al. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraview-pocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:268-73.
- AAE and AAOMR joint position statement. Use of cone-beam-computed tomography in endodontics. *Pa Dent J (Harrissb)* 2011;78:37-9.
- Peterson A, Axelsson S, Davidson T et al. Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *Int Endod J* 2012;45:783-801.