

HOVEDBUDSKAP

- CBCT-ledet tilkomstpreparering av kalsifiserte tenner og tenner behandlet med fiberstift kan redusere tap av tannsubstans og risiko for prosedyreavvik.
- Digital planlegging og klinisk utførelse av metoden bør utføres av samme operatør.
- Tilrettelegging for et interferensfritt og plant startpunkt for tilkomstboret virker avgjørende for metodens presisjon.
- CBCT-ledet tilkomstpreparering har feilkilder og begrensninger, og stiller krav til kunnskap om system og programvare som brukes.
- Økt kostnad og stråledose må vurderes opp mot andre behandlingsalternativer dersom konvensjonell rotbehandling ikke er gjennomførbar eller fører til komplikasjoner.

FORFATTERE

Haakon Gramstad Skeie, privatpraktiserende tannlege, spesialist i endodonti, Stavanger. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8890-277X>

Mohammed Ahmed Yassin, førsteamanuensis, Institutt for klinisk odontologi, Det medisinske fakultet, Universitetet i Bergen. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0030-1906>
Inge Fristad, professor, Institutt for klinisk odontologi, Det medisinske fakultet, Universitetet i Bergen. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3054-6501>

Korresponderende forfatter: Inge Fristad, e-post: inge.fristad@uib.no

Akseptert for publisering 04.06.2024

Artikkelen er fagfellevurdert

Artikkelen siteres som:
Skeie HG, Yassin MA, Fristad I. Endodontisk behandling av kalsifiserte tenner. Del 2: CBCT-ledet tilkomstpreparering i kalsifiserte rotkanalsystem og tenner behandlet med fiberstifter. Nor Tannlegeforen Tid. 2024; 134: 950-61.

Nøkkelord: oblitasjon, kalsifisering, CBCT ledet endodonti, validering.

Artikkelen er basert på spesialistarbeidet til Haakon Gramstad Skeie.

Endodontisk behandling av kalsifiserte tenner

Del 2: CBCT-ledet tilkomstpreparering i kalsifiserte rotkanalsystem og tenner behandlet med fiberstifter

Haakon Gramstad Skeie, Mohammed Ahmed Yassin og Inge Fristad

Ved endodontisk behandling av kalsifiserte tenner og tenner med restaurativt materiale plassert dypt i rotkanalen, kan tradisjonelt kanalsøk føre til stort tap av tannsubstans. Slike behandlinger er ofte tidkrevende og forbundet med høy risiko for prosedyreavvik. CBCT-ledet tilkomstpreparering er utviklet på bakgrunn av denne problemstillingen. Målet med denne studien var å tilegne oss kunnskap om CBCT-ledet tilkomstpreparering, og å validere metodens presisjon ved hjelp av en *ex-vivo* studie basert på pre- og postoperative mikroCT-opptak. Ut ifra tilgjengelig litteratur og resultater presentert i denne studien har CBCT-ledet tilkomstpreparering potensiale for høy presisjon. Metoden kan redusere tap av tannsubstans og risiko for prosedyreavvik ved behandling av kalsifiserte rotkanaler. CBCT-ledet tilkomstpreparering har imidlertid flere feilkilder og begrensninger som tannlegen bør kjenne til før metoden anvendes i pasientbehandling.

Endodontisk behandling utføres for å forebygge eller behandle apikal periodontitt (1). Den innledende kavumprepareringen har til hensikt å skape en uhindret tilkomst til rotkanalene. Tradisjonelt blir dette gjort på frihånd med hurtiggående bor, etterfulgt av saktegående forlengede bor eller ultralyd med tilhørende spisser. Ved kanalsøk er tannanatomiske detaljer (2), gjentatte røntgenopptak i forskjellige vinkler (3), og i enkelte tilfeller CBCT (cone beam

computed tomography) viktige hjelpemiddel. Ved søk etter kalsifiserte rotkanaler er mikroskop ofte en nødvendighet (4).

Hardvevsavsetning eller restorative materialer maskerer anatomiske detaljer i pulpa. Blant de restorative materialene er det særlig tannfargede fyllinger som kan være vanskelig å skille fra omliggende tannsubstans. Spesielt vanskelig er det når materialet er plassert rundt fiberstifter dypt i rotkanalsystemet. Materialelegenskapene til fiberstifter er i tillegg en utfordring når disse skal fjernes med ultralyd eller mikro-instrumenter. Stifter i metall fjernes vanligvis lettere med bruk av ultralyd etter frigjøring av den koronale delen (5). En fiberstift som strekker seg over halve rotlengden har mange av de samme utfordringene som kalsifiserte rotkanalsystem. En kirurgisk tilnærming vil derfor ofte være et nærliggende behandlingsvalg (6). I enkelte tilfeller vil dette også gjelde tenner med totalt kalsifisert rotkanalsystem (7). Dersom det foreligger et ugunstig krone-rot forhold vil konvensjonell rotbehandling være ønskelig (8).

Endodontisk behandling av kalsifiserte rotkanalsystem og tenner behandlet med fiberstifter innebærer moderat til høy vanskelighetsgrad basert på American Association of Endodontists (AAE) sitt klassifiseringssystem «Endodontic Case Difficulty Assessment Form» (9). Slik behandling er tidkrevende og innebærer en høy risiko for prosedyreavvik (10). Endodontisk er utfordringen den samme, nemlig å oppnå tilkomst til rotkanalsystemet uten stort tap av tannsubstans.

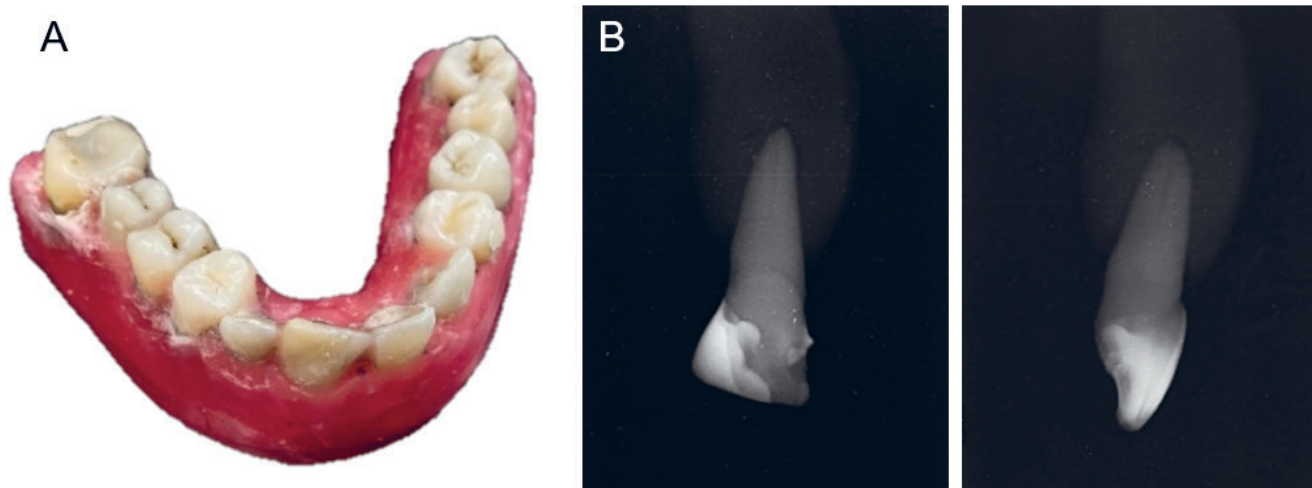
«CBCT-ledet tilkomstpreparering» er utviklet som et svar på denne problemstillingen. Metoden benytter to ulike tilnærminger, enten statisk teknikk eller dynamisk navigasjon. Begge er basert på prinsippene for CBCT-ledet implantatinnsetting (11). Her kombineres data fra et CBCT-opptak og et digitalisert intraoralt avtrykk i et planleggingsverktøy. I planleggingsverktøyet lokaliseres rotkana-

len slik at borets akse og dybde kan planlegges. Ved statisk teknikk framstilles det en fysisk guide ved hjelp av 3D-printing eller frese-teknikk. Ved dynamisk navigasjon vil prepareringen utføres på frihånd, men bli ledet i sanntid visualisert på en monitor (12). I denne artikkelen vil hovedsakelig statisk teknikk belyses.

Siden 2016 har interessen for CBCT-ledet tilkomstpreparering økt (13). Litteraturen beskriver statisk CBCT-ledet tilkomstpreparering som trygg, nøyaktig og substansbesparende (14-24). CBCT-ledet tilkomstpreparering har vist signifikant mindre tap av tannsubstans og høyere nøyaktighet enn tradisjonell teknikk (25, 26). En oppfølgingsstudie bekrefter at CBCT-ledet tilkomstpreparering oppnår tilstrekkelig presisjon uavhengig av kalsifiseringsgrad i rotkanalsystemet, alder, kjønn, tidligere behandling, og tidligere kavumpreparering/kanalsøk (27).

Eksempler på programvarer som er brukt til planlegging av CBCT-ledet tilkomstpreparering er CoDiagnostix (Dental Wings, Strauman Group, Basel, Sveits) (17), SICAT Endo (SICAT, Bonn, Tyskland) (19), SimPlant (Dentsply Sirona, Charlotte, Nord-Carolina, USA) (18), BlueskyPlan (Blue Sky Bio, Libertyville, Illinois, USA) (22), Implant Studio (3shape, København, Danmark) (21), Galaxis/Galileos Implant (Dentsply Sirona, Charlotte, Nord-Carolina, USA) (27), Mimics Medical software (Materialise, Leuven, Belgia) (28). Digital planlegging av tilkomstpreparering er prinsipielt uavhengig av programvare, og innbefatter en bor-akse som sentrerer i synlig rotkanal i planleggingsprogrammet. En guide fremstilles basert på denne plasseringen. Metoden forutsetter en synlig rotkanal på et gitt nivå i rotkanalen.

Ved UiB benyttes Romexis 6 (Planmeca, Helsinki, Finland), med en 3D-modul for digital planlegging. Så langt foreligger det ikke



Figur 1. A: Foto av tenner/kjeve montert i voks. B: Apikalarøntgen av forsøksstann «2» for identifisering av rotkanalens posisjon i forhold til emaljesementgrensen.

protokoller basert på denne programvaren. Målet med studien var derfor tredelt. Først ønsket vi å benytte 3D modulen i Romexis 6 basert på prinsippene for CBCT-ledet tilkomstpreparering, for deretter å validere presisjonen av metoden ved hjelp av en *ex-vivo* studie basert på pre- og postoperative mikroCT-opptak (Skyscan 1172, Bruker, Billerica, Massachusetts, USA). Avslutningsvis danner studien grunnlag for en klinisk protokoll for CBCT-ledet tilkomstpreparering ved UiB (se vedlagt lenke nederst i dokumentet).

Materiale og metode

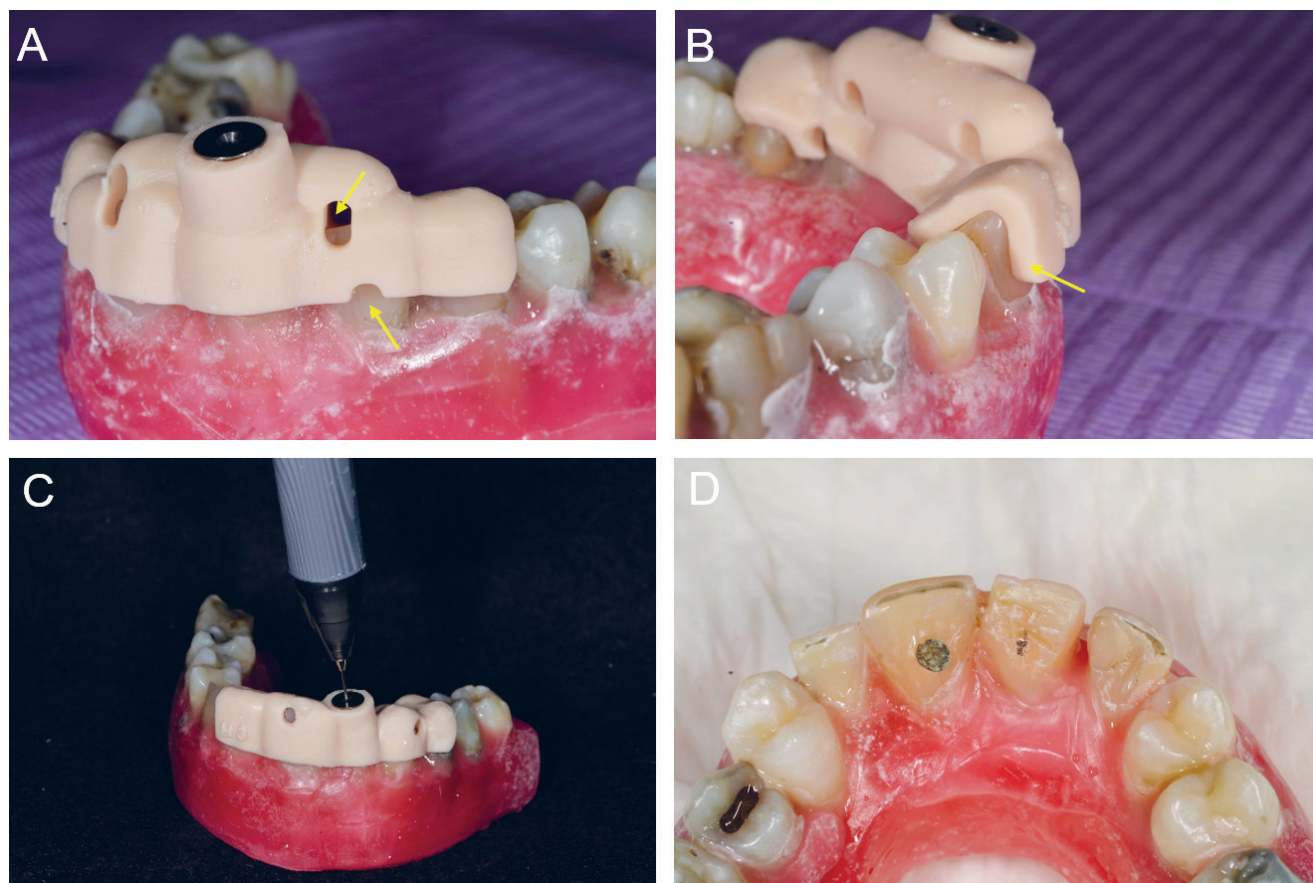
Regional Komite for medisinsk og helsefaglig forskning (REK vest) vurderte prosjektet som ikke godkjenningsspliktig (søknadsnummer: 476156).

Seleksjon av ekstraherte tenner

Ekstraherte fortenner fra under- og overkjeve ble montert i voks (12 tannbuer med 12 tenner i hver kjeve) (figur 1A). Hver tannbue

inneholdt én forsøksstann. Åtte forsøkstenner hadde kalsifiserte rotkanalsystem og fire forsøkstenner hadde fiberstift. Forsøkstennene ble visuelt inspisert, og apikalrøntgen ble tatt i to plan. Inklusjonskriterier var én-rotige tenner uten metallrestaureringer og med synlig rotkanal minst 2 mm under emalje-sementgrensen (figur 1B). Forsøkstenner med fiberstift ble først rotfylt med guttaperka og epoksy-basert sealer (AH plus Jet, Dentsply Sirona, Charlotte, Nord-Carolina, USA). Deretter ble det preparert ($\geq \frac{1}{2}$ rotlengden) og sementert en fiberstift etter produsentens retningslinjer (RelyX Fiber Post, 3M, Saint Paul, Minnesota, USA), etterfulgt av topprestaurering i kompositt (Filtek Supreme XTE Universal Restorative, 3M, Saint Paul, Minnesota, USA) med 3-stegs bondingteknikk (Optibond FL, KaVo Kerr, Brea, California, USA).

Seks kjever med seks forsøkstenner ble benyttet i en innledende pilotstudie, etterfulgt av en avviksanalyse, for å validere metoden. De siste seks tennene ble etterpå behandlet basert på analyser fra



Figur 2. Foto av tilrettelegging for bruk av tilkomstboret. A og B: Den statiske guiden med borhylsen i stabil posisjon. Legg merke til at avslutningene av guiden og inspeksjonsvinduene tillater kontroll av at guiden er i korrekt posisjon (gule piler). C: Markering av tannoverflate med trykkblyant gjennom guide. D: Markert tannoverflate.

den innledende piloten. Tannbuer og forsøkstenner ble oppbevart fuktig for å forhindre dehydrering gjennom hele forsøket.

MikroCT skanning

Før forsøkstennene ble plassert i tannbuen ble et preoperativt mikroCT-opptak utført. Et tilsvarende mikroCT-opptak ble tatt etter endt tilkomstpreparering. Parametere som ble brukt under skanning med mikro-CT er presentert i tabell 1.

«Planlegging av CBCT-ledet tilkomstpreparering»

Selve metoden er tidligere beskrevet (14, 15), men det ble gjort mindre tilpasninger på grunn av planleggingsverktøy og ulike dimensjoner på bor.

Data fra intraoralt avtrykk

Et digitalt avtrykk ble tatt av hver tannbue ved hjelp av en intraoral skanner (3Shape TRIOS 3, København, Danmark). Avtrykket inkluderte tannkroner og omliggende modellområde. Det intraorale avtrykket ble lagret som en «surface tessellation language» (stl) fil.

Data fra CBCT

CBCT-opptak av samtlige tannbuer ble tatt med Promax 3D-mid (Planmeca, Helsinki, Finland) med voxel-størrelse på 0,150 mm. Øvrige parametere var 5,0 mA rørstrøm, 60 kV rørspenning, og eksponeringstid 15,1 s. Volumstørrelsen på samtlige CBCT-opptak var 8 x 5 (Ø cm). Datarekonstruksjon ble gjort med en snittavstand og tykkelse på 0,2 mm. Opptaket ble lagret som en «Digital Imaging and Communication» (DICOM) fil.

Tabell 1: Parametere brukt ved skanning av tenner i Skyscan 1172.

Scanner	Skyscan 1172, Bruker
Camera Pixel Size (µm)	9.00
Rotation Step (deg)	0.600
Source Voltage (kV)	55
Source Current (µA)	179
Image Pixel Size (µm)	11.00
Filter	0.5 Al
360° rotation	OFF – 180°
Flat Field Correction	ON
Oversize scan	YES
Number of scans per sample	2
Scan duration (mean)	≈ 00:40:10

Databehandling i planleggingsverktøy

CBCT-opptaket og det intraorale avtrykket ble lastet inn i planleggingsverktøyet Romexis 6 3D, versjon 6.4.1.82.R (Planmeca, Helsinki, Finland). Gjennom en «mapping» prosedyre, hvor tannkronene ble brukt som referansepunkter, kombinerte planleggingsverktøyet stl- og DICOM-filene (se lenke til protokoll).

Et virtuelt implantat (Ankylos CX 31010405 3,5 x 8 mm, Dentsply Sirona, Charlotte, Nord-Carolina, USA) ble sentrert i den identifiserte rotkanalen, kryssjekket i alle plan, for å sikre en rettlinjert tilkomst til rotkanalen. Enden av implantatet ble plassert med ≤ 1 mm overlapping av synlig rotkanal (se lenke til protokoll).

Deretter ble en virtuell borhylse (M.27.28.D100L5, StecoGuide Endo-Sleeve, Steco-System-Technik GmbH, Hamburg, Tyskland) justert i riktig posisjon. Distansen fra overflaten av borhylsen til rotkanalen ble tilpasset lengden av borene som ble brukt (O.27.28. B044.051, Endoseal/WSR, ATEC dental GmbH, Ebringen, Tyskland). To nabotenner på hver side av forsøkstannen inngikk i den virtuelle statiske guiden (se lenke til protokoll). Deretter ble den virtuelle guiden eksportert som en stl-fil og sendt til lokal tanntekniker for framstilling.

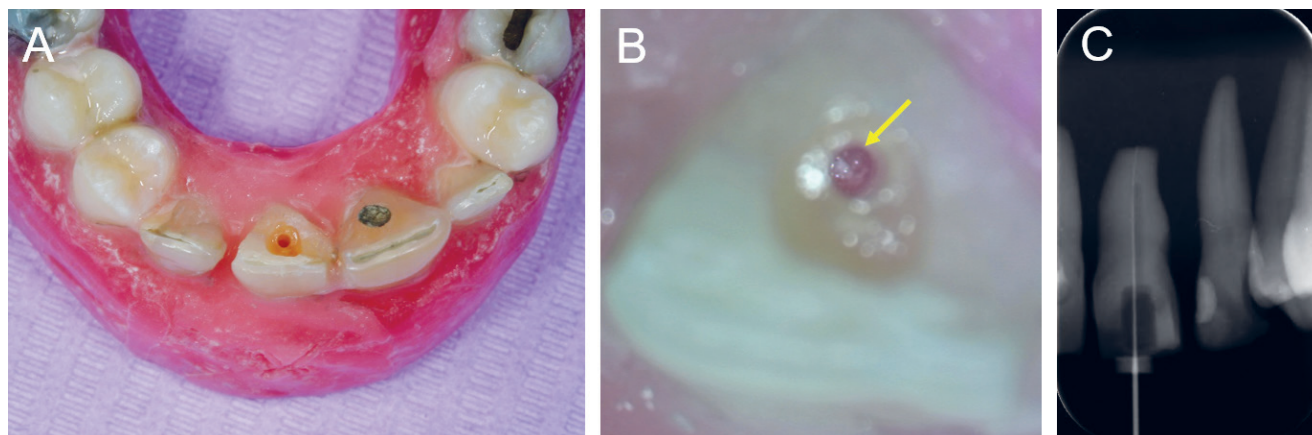
Fremstilling av statisk guide

De statiske guidene ble framstilt ved hjelp av en 3D-printer (Asiga PRO 4K, iMakr, Brooklyn, New York, USA). Det ble brukt et resinmateriale med høy detaljgengivelse (Asiga DentaMODEL, iMakr, Brooklyn, New York, USA). Etter første herding av guide i 3D-printeren ble det gjort etterbehandlet med kjemikalievask, børstning og lysherding.

Tilkomstpreparering

Den statiske guiden ble plassert på tannbuen hvor stabilitet og posisjon ble kontrollert. Mindre interferenspunkter på guide eller tenner ble justert til guiden gikk korrekt på plass og lå i stabil posisjon. Ved større avvik ble ny statisk guide framstilt. Etter innprøving ble borhylsen satt inn i guiden (figur 2). Ved hjelp av en trykkblyant ble tannoverflaten på forsøkstannen markert og guiden fjernet. Emaljen i det markerte området ble fjernet ved hjelp av vannkjølte, turbindrevne diamanter (figur 2).

Guiden ble igjen satt på plass, og det tilhørende tilkomstboret ble brukt med pumpende bevegelser. Hastighet og moment var tilpasset produsentens anbefalinger (700 – 1000 rpm; 2,5 – 2,8 Ncm). Sterilt saltvann ble brukt til kjøling av bor og tann, hvor 1 – 2 mm dentin ble fjernet for hver runde (se lenke til protokoll). Prosedyren ble gjentatt til boret nådde mekanisk stopp i borhylsen. Guiden ble fjernet, og rotkanalen ble forsøkt lokalisert med en #6, #8 eller #10 K-fil (Dentsply Sirona, Charlotte, Nord-Carolina, USA) og mikro-



Figur 3. A: Ferdig tilkomstpreparering tann 21. B: Inspeksjon av tilkomstpreparering i mikroskop. Rotkanalen er markert med gul pil. C: Indikatorrøntgen med #10 K-fil bekrefter lokalisert rotkanal.

skop (OPMI pico, Zeiss, Oberkochen, Tyskland) (figur 3). Deretter ble forsøkestannen tatt ut av tannbuen og apikalrøntgen ble tatt i to plan. Deretter ble et postoperativt mikroCT-opptak tatt.

MikroCT analyse

Alle mikroCT-opptakene ble rekonstruert i 3D fra apeks til incisalkanten ved hjelp av NRecon versjon 1.7.4.6 (Bruker, Billerica, Massachusetts, USA), rekonstruksjonsparameter er presentert i tabell 2.

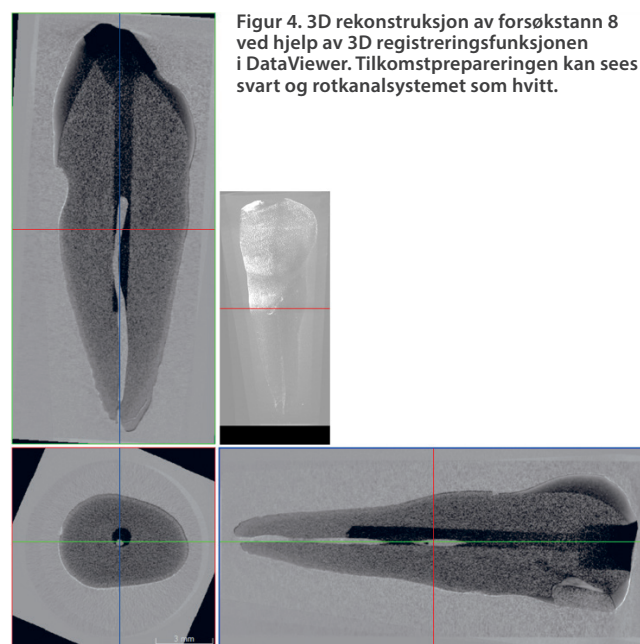
Pre- og postoperative 3D rekonstruksjoner ble manuelt overlappet ved hjelp av 3D-registreringsfunksjonen i DataViewer versjon 1.5.6.2 (Bruker, Billerica, Massachusetts, USA). Dette dannet én sammenføyde 3D rekonstruksjon for hver forsøkestann (figur 4).

Avstand- og vinkelmålinger ble utført på de sammenføyde 3D rekonstruksjonene ved hjelp av CTAN versjon 1.18.8.0 (Bruker, Billerica, Massachusetts, USA) og DataViewer versjon 1.5.6.2 (Bruker, Billerica, Massachusetts, USA).

Presisjonsanalyse

Etter utført tilkomstpreparering ble forsøkestennene analysert på tre nivå, klinisk, røntgenologisk og med bruk av mikroCT. Klinisk vurdering ble basert på om det var mulig å lokalisere rotkanalen ved

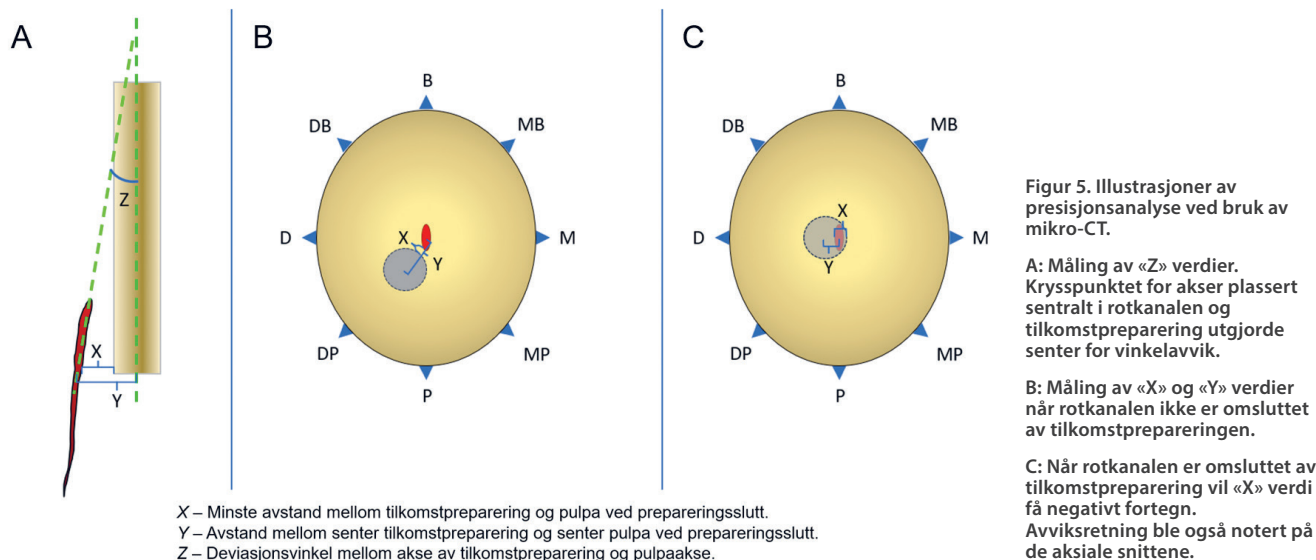
hjelp av mikroskop og håndfiler (ja/nei). Røntgenologisk ble prepareringens akse og dybde vurdert (korrekt/avvikende). MikroCT-opptak ble brukt til å framstille pre-, post- og sammenføyde 3D rekonstruksjoner av forsøkestennene. På 3D rekonstruksjonene ble det utført nøyaktighetsberegninger i form av avstand mellom avslutning på tilkomstpreparering og pulpakanal (mm) og deviasjon mellom prepareringsakse og pulpaakse (grader °). Avstandsberegninger ble utført i CTAN versjon 1.18.8.0 (Bruker, Billerica, Massachusetts, USA) i aksialsnitt på nivå med prepareringsavslutning. To målinger ble utført. Den første målingen var minste avstand mellom tilkomstpreparering og pulpa («X») (figur 5A). I tilfeller hvor



Figur 4. 3D rekonstruksjon av forsøkestann 8 ved hjelp av 3D registreringsfunksjonen i DataViewer. Tilkomstprepareringen kan sees svart og rotkanalsystemet som hvitt.

Tabell 2: Parametere brukt ved 3D rekonstruksjon i NRecon.

Rekonstruksjons program	NRecon
Reconstruction Angular Range (deg)	195.00
Smoothing kernel (Gaussian)	0
Ring Artifact Correction	6
Beam Hardening Correction (%)	52



prepareringen omsluttet kanalen ble denne målingen oppgitt med negativt fortegn (figur 5B). Den andre avstandsmålingen ble gjort fra senter av tilkomstpreparering til senter av pulpa («Y») (figur 5A). I tillegg ble retningen av deviasjonen notert basert på (figur 5B og C). Deviasjon mellom prepareringsakse og pulpaakse ble målt det i det planet hvor avviket var størst (figur 5A). Deviasjonsmåling ble gjort ved hjelp av skjermdump fra DataViewer versjon 1.5.6.2 (Bruker, Billerica, Massachusetts, USA) og målt med gradeskive, og oppgitt i hele eller halve grader.

Tabell 3: Oversikt over funn ved klinisk vurdering. Tennene 5, 6, 11 og 12 er rotfylte tenner med fiberstift.

GRUPPE	FORSØKSTANN	LOKALISERT KANAL	% LOKALISERT KANAL
1	1	NEI	33,33 % (2/6)
	2	JA	
	3	NEI	
	4	NEI	
	5	JA	
	6	NEI	
2	7	JA	83,33 % (5/6)
	8	JA	
	9	JA	
	10	JA	
	11	NEI	
	12	JA	

Resultater

Ex-vivo pilot gruppe 1

Det var mulig å lokalisere rotkanalen i 2 av 6 tenner etter CBCT-ledet tilkomstpreparering i den innledende gruppen (tabell 3). Røntgenologisk ble aksens og dybden av prepareringene vurdert til å være korrekt i henholdsvis 3 av 6 tenner og 5 av 6 tenner (tabell 4). Mikro-CT analyse av den innledende gruppen viste en gjennomsnittlig minste avstand mellom tilkomstpreparering og pulpa i nivå med prepareringsslutt på 0,26 mm (median 0,27 mm, min. -0,42 mm og maks. 1,37mm). Gjennomsnittlig avstand fra senter av tilkomstpreparering til senter av rotkanal i samme nivå var 0,92 mm (median 0,65 mm, min. 0,30 mm og maks. 2,04 mm). Gjennomsnittlig deviasjon mellom pulpaakse og prepareringsakse ble målt til 3,75° (median 3,25°, min. 1,0° og maks. 9,5°), og deviasjonsavvik forekom hyppigst i det bukko-palatinale planet. Tabell 5 viser en oversikt over alle målingene. Grunnet avvik fra planlagt tilkomstpreparering ble det utført en feilslagsanalyse.

Feilslagsanalyse

Tenner med akseavvik ble inspisert under mikroskop. I 2 av 3 tilfeller ble det funnet stresspunkter i tilgrensende koronal tannsubstans (figur 6). Den horisontale basen etter initial turbinprepareringen viste også ujevnheter/skjevheter. I sum kan dette ha medført et ugunstig startpunkt for tilkomstboret som igjen kan gi tvangsføringer og avvikende borakse. I den siste tannen med feilslag var det ikke tegn til stresspunkter. Her var borakse og dybde tilsynelatende korrekt, men sideforskjøvet. Det er usikkert hvorfor utfallet ble slik. Mulige forklaringer er ukorrekt plassering av den statiske guiden, eller feil under framstilling/digital planlegging.

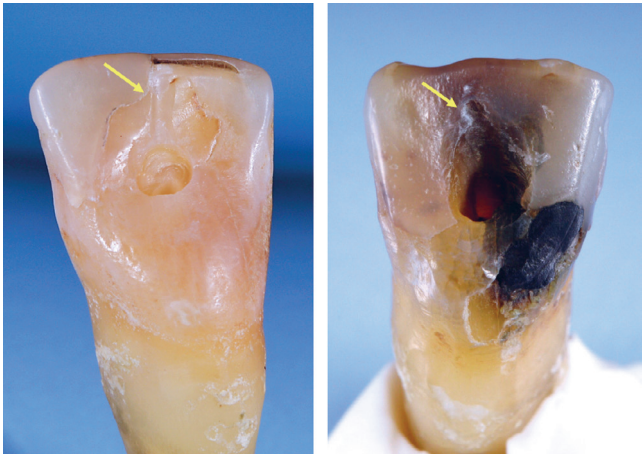
Tabell 4: Oversikt over funn ved røntgenologisk vurdering. Tennene 5, 6, 11 og 12 er rotfylte tenner med fiberstift.					
GRUPPE	FORSØKSTANN	PREPARERINGS-AKSE	% PREPARERINGS-AKSE	PREPARERINGS-DYBDE	% PREPARERINGS-DYBDE
1	1	AVVIKENDE	50 % (3/6)	KORREKT	83,33 % (5/6)
	2	KORREKT		KORREKT	
	3	AVVIKENDE		KORREKT	
	4	AVVIKENDE		KORREKT	
	5	KORREKT		KORREKT	
	6	KORREKT		AVVIKENDE	
2	7	KORREKT	83,33 % (5/6)	KORREKT	83,33 % (5/6)
	8	KORREKT		KORREKT	
	9	AVVIKENDE		KORREKT	
	10	KORREKT		KORREKT	
	11	KORREKT		AVVIKENDE	
	12	KORREKT		KORREKT	

Etter pilotstudien ble prosedyren gjentatt (gruppe 2), hvor en var nøye med markering av startflate (kontrollert tre ganger) for å sikre en horisontal og interferensfri base for tilkomstboret.

Ex-vivo gruppe 2

Det var mulig å lokalisere rotkanalen i 5 av 6 tenner etter CBCT-ledet tilkomstpreparering i denne gruppen (tabell 3). Røntgenologisk ble aksens og dybden av prepareringene vurdert til å være korrekt i henholdsvis 5 av 6 tenner og 5 av 6 tenner (tabell 4). Mikro-CT analyse av denne gruppen viste en gjennomsnittlig minste avstand mellom tilkomstpreparering og pulpa i nivå med prepareringsslutt på -0,25 mm (median -0,29 mm, min. -0,61 mm og maks. 0,38

mm). Gjennomsnittlig avstand fra senter av tilkomstpreparering til senter av rotkanal på samme nivå var 0,54 mm (median 0,41 mm, min. 0,27 mm og maks. 1,02mm). Gjennomsnittlig deviasjon mellom pulpaakse og prepareringsakse ble målt til 3,67° (median 3,5°, min. 1,5° og maks.: 7,0°). Økende deviasjonsvinkel mellom pulpaakse og prepareringsakse førte ikke nødvendigvis til avvik i å lokalisere rotkanalen (figur 7). Deviasjonsavvik forekom hyppigst i det bukko-palatinale planet. Tabell 5 viser en oversikt over alle målingene.



Figur 6. Feilslagsanalyse viser stresspunkter i koronal tannsubstans som kan ha bidratt til avvikende borakse.



Figur 7. MikroCT snitt av forsøkstann 7. Eksempel på at ugunstig deviasjonsvinkel ikke nødvendigvis gir avvik i forhold til lokalisering av pulpa. Tannen har en «Z»-verdi på 7° i det bukko-palatinale planet. I dette tilfellet vil «Z»-verdien si lite om presisjonen til metoden. Rød linje: pulpaakse. Grønn linje: prepareringsakse.

Tabell 5: Oversikt over funn ved mikro-CT analyse. Tennene 5, 6, 11 og 12 er rotfylte tenner med fiberstift.

GRUPPE	FORSØKSTANN	X (mm)	Y (mm)	Z (°)	AVVIKSRETNING
1	1	0,44	1,38	3,5	MP
	2	0,37	0,30	1,0	P
	3	0,17	0,74	3,0	M
	4	1,37	2,04	9,5	P
	5	-0,39	0,57	2,0	P
	6	-0,42	0,50	3,5	B
	Gjennomsnitt	0,26	0,92	3,75	
	Median	0,27	0,65	3,25	HYPPIGST B-P retning
	(min. / max.)	(-0,42 / 1,37)	(0,30 / 2,04)	(1,0 / 9,50)	
2	7	-0,48	0,27	7,0	P
	8	-0,33	0,38	1,5	D
	9	0,38	1,02	3,0	M
	10	-0,26	0,43	4,0	B
	11	-0,19	0,79	5,0	B
	12	-0,61	0,33	1,5	B
	Gjennomsnitt	-0,25	0,54	3,67	
	Median	-0,29	0,41	3,50	HYPPIGST B-P retning
	(min. / max.)	(-0,61 / 0,38)	(0,27 / 1,02)	(1,50 / 7,0)	

Diskusjon

En systematisk gjennomgang av litteratur viser at CBCT-ledet tilkomstpreparering gir forutsigbare resultater og redusert risiko for iatrogen skade (24, 29). Ulike planleggingsverktøy er benyttet, noe som indikerer at metoden prinsipielt er uavhengig av planleggingsverktøy. Vårt valg av planleggingsverktøy ble gjort i forbindelse med at et nytt røntgensystem, Romexis 6, ble innført ved IKO, UiB. 3D-modulen i Romexis 6 er blant annet tilrettelagt for CBCT-ledet implantatinnsetting, og ble derfor benyttet. Siden det ikke foreligger en protokoll for endodontisk CBCT-ledet tilkomstpreparering i Romexis 6, ble programvarens egnethet til å utføre CBCT-ledet tilkomstpreparering undersøkt.

Suksessraten (lokalisert rotkanal) på tilsvarende lab-studier varierer fra 91,7 – 100 % (14, 25, 30). Etter feilslagsanalysen oppnådde vår protokoll en suksessrate på 83,33 %. En årsak til lavere suksessrate kan være lavt antall forsøkstenner. MikroCT analyse av den samme gruppen viste gjennomsnittsmålinger som indikerer høy presisjon på metoden. De største deviasjonsavvikene forekom hyppigst i det bukko-palatinal planet. Studier antyder at størrelse på avvik henger sammen med lengden på tilkomstprepareringen og at avviket opptrer hyppigst i det bukko-palatinal planet (14, 30). I denne studien ble avstand beregnet og deviasjonsvinkel målt ba-

sert på akseretning til pulpa og tilkomstpreparering. Deviasjonsvinkelen kan gi et uriktig bilde av metodens presisjon. I utgangspunktet forventes et større avvik ved høy deviasjonsvinkel, men det er ikke nødvendigvis tilfelle slik studien vår viser. Tilsvarende studier baserer ofte nøyaktighetsberegninger på avstand og deviasjonsvinkel mellom planlagt og utført tilkomstpreparering (14, 16, 26, 30). Denne studien vil derfor ikke være direkte sammenlignbar og forskjeller bør tolkes med varsomhet. Likevel vil en foretrukket prepareringsakse oftest være sammenfallende med pulpaaksen, noe som gjør resultatene i denne studien aktuell. CBCT og periapikale røntgenopptak har blitt brukt i presisjonsanalyse i overnevnte studier. I denne studien ble mikroCT brukt, noe som tilfører høyere oppløsningsgrad og nøyaktighet. Ulempen med mikroCT som analyseverktøy er at det ikke er mulig å sammenligne planlagt og utført tilkomstpreparering.

I forsøkstennene med fiberstifter (n=4) ble guttaperka lokalisert i 50 % av tilfellene. I tennene hvor guttaperka ikke ble lokalisert var prepareringsaksen korrekt, men prepareringens dybde var kort. Vi antar at dette kan ha sammenheng med bildestøy på CBCT, forårsaket av rotfylling og fiberstift. Bildestøy kan medføre unøyaktigheter ved bruk av planleggingsverktøyet. Ved tilkomstpreparering av tennene med fiberstift hadde tilkomstboret en tendens til å bli forskjø-

vet fra fiberstift mot dentin. Vi antar at hardhetsforskjell mellom dentin og fiberstift var en medvirkende faktor. Laboratoriestudier opplyser om suksessrater på 87,5 – 96 % for vellykket preparering til guttaperka (31, 32). Suksessratene er noe lavere sammenlignet med CBCT-ledet tilkomstpreparering på tenner uten fiberstift. Ved sammenligning av konvensjonell fjerning av fiberstifter med ultralyd og CBCT-ledet statisk teknikk, viser statisk teknikk bedre resultater med tanke på tap av tannsubstans, vellykket preparering til guttaperka, tidsbruk og komplikasjoner (32). Den samme studien sammenlignet også operatørens erfaring, en faktor som ikke viste seg å påvirke vellykethetsgraden ved fjerning av fiberstifter med statisk teknikk (32). Kasusrapporter har vist at statisk teknikk og dynamisk navigasjon kan brukes til en konservativ og vellykket fjerning av fiberstifter (33, 34).

I denne studien ble det brukt en akryl med høy detaljgengivelse, Asiga DentaMODEL (iMakr, Brooklyn, New York, USA), for å produsere statiske guider. Denne akrylen er brukt til å fremstille 3D-modeller av protetiske konstruksjoner. En ulempe med denne akrylen er at den ikke er transparent og ikke kan autoklaveres. I en klinisk situasjon ville man brukt Asiga DentaGUIDE (iMakr, Brooklyn New York, USA) eller tilsvarende. Dette materialet kan autoklaveres, er transparent og har en høy detaljgengivelse. Det er imidlertid ingen grunn til å tro at de fysiske egenskapene til de to materialene vil påvirke nøyaktigheten til metoden. Det er derimot rapportert om krymping og vridning av produkter framstilt ved 3D-fremstilling (35, 36). For helproteser og bittskinner har freseteknikk vist seg å være foretrukket (37, 38). Hvor vidt dette er av klinisk betydning ved framstilling av en statisk guide er ikke rapportert. Andre fordeler med 3D-printing er redusert plastavfall og produksjonskostnader sammenlignet med freseteknikk.

Tilkomstborene hadde en parallell og spiralformet overflate med en diameter på 1,0 mm. Dette vil være besparende for tannsubstans sammenlignet med de første studiene på metoden hvor bor med diameter på 1,5 mm ble benyttet (14). En studie som benyttet bor med diameter på 0,75 mm antyder at redusert dimensjon lettere gir avvik i prepareringsakse på grunn av økt fleksibilitet (31). En annen studie som sammenlignet nøyaktigheten av tilkomstbor med diameter 0,80 og 1,0 mm kunne imidlertid ikke knytte bordinensjon til nøyaktigheten av tilkomstprepareringen (39), men på grunn av ulikt overflatedesign fjernet boret med diameter 0,80 mm mer tannsubstans enn boret med diameter på 1,0 mm. Større dimensjon vil uansett øke sannsynligheten for overlapp mellom kanal og preparering, noe som kan medvirke til forskjeller mellom ulike studier.

Tilgjengelige lengder på borene som ble brukt i denne studien var 35,0 og 42,0 mm, med en aktiv del på henholdsvis 21,0 og

28,0 mm. Tilkomstborene ble benyttet med en tilhørende stabiliserende borhylse i titan på 5 mm. Borhylsen har også en beskyttende funksjon som hindrer varmgang og direkte kontakt mellom tilkomstbor og akrylguiden. Borhylsens dimensjon gjør at den statiske guiden vil ha en avslutning minimum 5,0 mm over incisalkanten/kuspene til tannen som skal behandles. Tilkomstborets lengde og behov for borhylse gjør at metoden begrenses av tilgjengelig vertikal plass.

For å kartlegge tilgjengelig rotkanal i tenner med kalsifiserte rotkanalsystem er det nødvendig med høy røntgenologisk detaljgengivelse. Konvensjonelle intraorale røntgenopptak gir redusert detaljgengivelse sammenlignet med CBCT-opptak (40). Endodontisk behandlingsplanlegging stiller høyere krav til CBCT-opptakets oppløsning sammenlignet med, for eksempel, kartlegging av beinforhold i forbindelse med tannimplantater. Ved individuelt tilpassede parametere (mA, kVp, Voxel størrelse, eksponerings tid osv.) og redusert størrelse på CBCT-volumet, vil man kunne oppnå høy detaljgengivelse og redusert stråledose (41). Dette vil være i tråd med ALARA- (As Low As Reasonably Achievable) prinsippet, eller mer nylig ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Særlig hensyn bør utøves ved CBCT utredning hos unge individer grunnet økt biologisk risiko ved røntgeneksponering (42). Det er samtidig viktig å inkludere tilstrekkelig antall tenner i CBCT-volumet for å sikre referansepunkter for metoden. CBCT-opptakets oppløsning kan begrense metoden fordi rotkanalen ikke alltid kan visualiseres (27). Innledende instrumentering av totalt kalsifiserte rotkanalsystem krever ofte håndinstrumenter med en apikaldimensjon #06 eller #08. Rotkanaler med tilsvarende diameter kan ikke visualiseres på CBCT siden størrelsen på én voxel overgår rotkanaldiameter (24).

CBCT-ledet tilkomstpreparering vil medføre økte kostnad for pasienten. En *in vitro* studie sammenlignet tradisjonell og CBCT-ledet tilkomstpreparering av kalsifiserte 3D-printede tenner. Studien konkluderte med at CBCT-ledet tilkomstpreparering førte til flere lokaliserte kanaler, mindre tap av tannsubstans og kortere klinisk behandlingstid (25). CBCT-ledet tilkomstpreparering vil derfor i mange tilfeller gi en mer forutsigbar behandling og bedre prognose. Generelt bør økt kostnad og stråledose også vurderes opp mot andre behandlingsalternativer dersom konvensjonell rotbehandling ikke er gjennomførbar eller fører til komplikasjoner. Sammenlignet med alternativer som tannimplantat, bro-løsninger eller kjeveortopedisk behandling, er den totale kostnaden ved CBCT-ledet tilkomstpreparering heller lav.

I denne laboratoriestudien fant vi feilkilder knyttet til forberedende fjerning av emalje/dentin før selve prosedyren. Andre forfattere har også beskrevet nødvendigheten av å fjerne interfererende dentin- og emaljevegger, men ikke i hvilken grad det skal gjøres

(14). Ut ifra våre funn krevde teknikken relativt invasiv fjerning av koronal tannsubstans for å lage tilgjengelighet for tilkomstboret. Erfaringene fra denne studien tyder på at uhindret tilgang og en jevn base med akse vinkelrett på tilkomstboret vil øke presisjonen. Substanstapet ved den koronale prepareringen ved CBCT-ledet tilkomstpreparering kan muligens rettferdiggjøres med større sannsynlighet for lokalisering av rotkanalen og mindre substans tap under kanalsøk enn ved frihåndsteknikk (25). En studie som sammenlignet frihånds tilkomstpreparering utført av spesialister i endodonti med CBCT-ledet tilkomstpreparering utført av allmenn-tannleger fant ikke signifikant forskjeller i forhold til tap av tannsubstans, tidsbruk eller antall lokaliserte rotkanaler (43). Et noe overraskende funn var at CBCT-ledet tilkomstpreparering medførte 31 ekstra røntgenbilder blant allmenntannlegene, mens det ikke ble tatt ekstra røntgenbilder blant spesialistene. Dette kan tyde på at man ikke skal undervurdere tradisjonell frihåndsteknikk utført av trent personell og bruk av mikroskop.

Både digital planlegging og klinisk utførelse av forsøket ble utført av én operatør. Siden studien ble utført i to omganger, med egevaluering mellom forsøkene, tyder dette på at presisjonen øker med økt operatørerfaring. I forhold til klinikk og pasientansvar, vil det være naturlig at den digitale planleggingen utføres av den samme person som gjennomfører den kliniske prosedyren. Her foreligger det et ansvar om å tilegne seg tilstrekkelig kunnskap og ferdighet før metoden utføres på pasient. Selv om denne studien var utført *ex-vivo*, gir den en indikasjon på hvilken presisjon CBCT-ledet tilkomstpreparering vil kunne oppnå i en klinisk situasjon.

CBCT-ledet tilkomstpreparering begrenses til rette kanaler eller i området før kurvaturen i en bøyd kanal (12). Tilgjengelig vertikal plass vil begrense metoden, grunnet lengden på tilkomstborene. Egne protokoller for statisk teknikk er utviklet for å overvinne vertikale plassproblemer, knyttet til tilkomstbor og borhylse (44). Dynamisk navigasjon har generelt vist god presisjon, og kan derfor også være et alternativ i tilfeller med redusert vertikal plass (45, 46). En ulempe med dynamisk navigasjon er at metoden krever lengre trening før det kan anvendes klinisk (45). En annen begrensende

faktor er tykkelse på roten som skal behandles. Det er i denne forbindelse publisert en egen statisk protokoll med mindre bordimensjon og optimalisert tilpassing mellom borhylse og bor for å redusere prepareringsdeviasjon (30). Økt utvalg av lengder og diameter på tilkomstbor vil i større grad gjøre det mulig å tilrettelegge for individuelt tilpasset behandling.

Konklusjoner

Tilgjengelig litteratur og resultater presentert i denne studien viser at statisk CBCT-ledet tilkomstpreparering er en forutsigbar metode som kan redusere tap av tannsubstans og risiko for prosedyreavvik ved behandling av kalsifiserte rotkanalsystem og tenner med fiberstifter. Metoden har begrensninger og krever at operatøren setter seg inn i både system og programvare som skal brukes. Avveininger i forhold til stråledose og tannens funksjonelle og estetiske verdi må gjøres ved behandlingsplanlegging. Tilgjengelige henvisningsinstanser hvor CBCT-ledet tilkomstpreparering kan utføres, vil i våre øyne være et positivt tilbud i tannhelsetjenesten. Grunnet relativt lavt behov for slik behandling vil de odontologiske lærestedene (UiB, UiO og UiT) og kompetansesentrene i Norge peke seg ut som særlig egnet for å drive med denne type behandling.

Protokoll

Protokoll for CBCT-ledet tilkomstpreparering ved bruk av Romexis 6 3D (versjon 6.4.1.82.R) og StecoGuide systemet. [Her kan du lese protokollen.](#)

Erklæringer

Forfatterne oppgir ingen interessekonflikter.

Takk

Vi takker Norsk endodontiforening (NEF) for økonomisk støtte til prosjektet. Vi ønsker også å takke tanntekniker Mariann Carlsen ved Bergen Tannteknikk for fremstilling av guider, og Seksjon for kjeve og ansiktsradiologi ved UiB for hjelp med CBCT.

REFERANSER

1. Byström A, Happonen RP, Sjogren U, Sundqvist G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled sepsis. *Endod Dent Traumatol.* 1987;3:58-63. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1987.tb00543.x>.
2. Krasner P, Rankow HJ. Anatomy of the pulp-chamber floor. *J Endod.* 2004;30:5-16. <https://doi.org/10.1097/00004770-200401000-00002>.
3. O'Connor RP, DeMayo TJ, Roahen JO. The lateral radiograph: An aid to labiolingual position during treatment of calcified anterior teeth. *J Endod.* 1994;20:183-4. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80332-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80332-8).
4. Selden HS. The role of a dental operating microscope in improved nonsurgical treatment of "calcified" canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;68:93-8. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(89\)90121-7](https://doi.org/10.1016/0030-4220(89)90121-7).
5. Dickie J, McCrosson J. Post removal techniques part 1. *Dent Update.* 2014;41:490-2, 95-8. <https://doi.org/10.12968/denu.2014.41.6.490>.
6. Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J.* 2022;55 Suppl 4:1020-58. <https://doi.org/10.1111/iej.13783>.
7. Furich MZ, Xavier CB, Cruz LERN, Martos J. Pulp canal calcification associated with periapical lesion as dental trauma sequelae – Clinical-surgical treatment. *European J Gen Dent.* 2019;8:51-4. https://doi.org/10.4103/ejgd.ejgd_37_19.

8. Patil K, Khalighinejad N, El-Refai N, Williams K, Mickel A. The Effect of Crown Lengthening on the Outcome of Endodontically Treated Posterior Teeth: 10-year Survival Analysis. *J Endod.* 2019;45:696-700. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.006>.
9. AAE. American Association of Endodontist - Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines Internet: American Association of Endodontists; 2005 [cited 2022 01.02]. Available from: https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/19AAE_CaseDifficultyAssessmentForm.pdf
10. Cvek M, Granath L, Lundberg M. Failures and healing in endodontically treated non-vital anterior teeth with posttraumatically reduced pulpal lumen. *Acta Odontol Scand.* 1982;40:223-8. <https://doi.org/10.3109/00016358209019816>.
11. Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol* 2000. 2014;66:214-27. <https://doi.org/10.1111/prd.12056>.
12. Connert T, Weiger R, Krastl G. Present status and future directions - Guided endodontics. *Int Endod J.* 2020;55 Suppl 4:995-1002. <https://doi.org/10.1111/iej.13687>.
13. Lima TO, Rocha AO, Dos Anjos LM, Meneses Júnior NS, Hungaro Duarte MA, Alcalde MP, et al. A Global Overview of Guided Endodontics: A Bibliometric Analysis. *J Endod.* 2024;50:10-16. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.10.002>.
14. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kühl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J.* 2016;49:966-72. <https://doi.org/10.1111/iej.12544>.
15. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S. Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol.* 2016;32:240-6. <https://doi.org/10.1111/edt.12235>.
16. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjørndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *Int Endod J.* 2016;49:790-5. <https://doi.org/10.1111/iej.12516>.
17. Connert T, Zehnder MS, Amato M, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *Int Endod J.* 2018;51:247-55. <https://doi.org/10.1111/iej.12809>.
18. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, Santa-Rosa CC. A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *J Endod.* 2018;44:1578-82. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.07.006>.
19. Thchorz JP, Wrbas KT, Hellwig E. Guided endodontic access of a calcified mandibular central incisor using a software-based three-dimensional treatment plan. *Int J Comput Dent.* 2019;22:273-81.
20. Krug R, Reich S, Connert T, Kess S, Soliman S, Reymus M, et al. Guided endodontics: a comparative in vitro study on the accuracy and effort of two different planning workflows. *Int J Comput Dent.* 2020;23:119-28.
21. Ishak G, Habib M, Tohme H, Patel S, Bordone A, Perez C, et al. Guided Endodontic Treatment of Calcified Lower Incisors: A Case Report. *Dent J (Basel).* 2020;8:74. <https://doi.org/10.3390/dj8030074>.
22. Llaquet Pujol M, Vidal C, Mercadé M, Muñoz M, Ortolani-Seltenerich S. Guided Endodontics for Managing Severely Calcified Canals. *J Endod.* 2021;47:315-21. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.11.026>.
23. Todd R, Resnick S, Zicarelli T, Linenberg C, Donelson J, Boyd C. Template-guided endodontic access. *J Am Dent Assoc.* 2021;152:65-70. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2020.07.025>.
24. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J.* 2020;53:214-31. <https://doi.org/10.1111/iej.13216>.
25. Connert T, Krug R, Eggmann F, Emsermann I, ElAyouti A, Weiger R, et al. Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional-printed Teeth. *J Endod.* 2019;45:327-31. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>.
26. Zubizarreta-Macho Á, Muñoz AP, Deglow ER, Agustín-Panadero R, Álvarez JM. Accuracy of Computer-Aided Dynamic Navigation Compared to Computer-Aided Static Procedure for Endodontic Access Cavities: An in Vitro Study. *J Clin Med.* 2020;9:129. <https://doi.org/10.3390/jcm9010129>.
27. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Bjørndal L. Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans - an observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients. *Int Endod J.* 2019;52:559-68. <https://doi.org/10.1111/iej.13038>.
28. Torres A, Shaheen E, Lambrechts P, Politis C, Jacobs R. Microguided Endodontics: a case report of a maxillary lateral incisor with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *Int Endod J.* 2019;52:540-9. <https://doi.org/10.1111/iej.13031>.
29. Zubizarreta-Macho Á, Valle Castaño S, Montiel-Company JM, Mena-Álvarez J. Effect of Computer-Aided Navigation Techniques on the Accuracy of Endodontic Access Cavities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biology (Basel).* 2021;10:212. <https://doi.org/10.3390/biology10030212>.
30. Connert T, Zehnder MS, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided Endodontics: Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *J Endod.* 2017;43:787-90. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.016>.
31. Perez C, Sayeh A, Etienne O, Gros CI, Mark A, Couvrechel C, Meyer F. Microguided endodontics: Accuracy evaluation for access through intraroot fibre-post. *Aust Endod J.* 2021;47:592-8. <https://doi.org/10.1111/aej.12524>.
32. Abella Sans F, Alatiya ZT, Val GG, Nagendrababu V, Dummer PMH, Durán-Sindreu Terol F, et al. A laboratory study comparing the static navigation technique using a bur with a conventional freehand technique using ultrasonic tips for the removal of fibre posts. *Int Endod J.* 2024;57:355-68. <https://doi.org/10.1111/iej.14017>.
33. Maia LM, Bambirra Júnior W, Toubes KM, Moreira Júnior G, de Carvalho Machado V, Parpinelli BC, et al. Endodontic guide for the conservative removal of a fiber-reinforced composite resin post. *J Prosthet Dent.* 2022;128:4-7. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.11.044>.
34. Janabi A, Tordik PA, Griffin IL, Mostoufi B, Price JB, Chand P, et al. Accuracy and Efficiency of 3-dimensional Dynamic Navigation System for Removal of Fiber Post from Root Canal-Treated Teeth. *J Endod.* 2021;47:1453-60. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.07.002>.
35. Nestler N, Wesemann C, Spies BC, Beuer F, Bummann A. Dimensional accuracy of extrusion- and photopolymerization-based 3D printers: In vitro study comparing printed casts. *J Prosthet Dent.* 2021;125:103-10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.11.011>.
36. Lee KY, Cho JW, Chang NY, Chae JM, Kang KH, Kim SC, et al. Accuracy of three-dimensional printing for manufacturing replica teeth. *Korean J Orthod.* 2015;45:217-25. <https://doi.org/10.4041/kjod.2015.45.5.217>.
37. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Müller F, Srinivasan M. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent.* 2019;121:637-43. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.09.001>.
38. Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig.* 2020;24:4607-15. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03329-x>.
39. Pires CRF, Souza-Gabriel AE, Pelozo LL, Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Silva RG. Guided endodontics of calcified canals: The drilling path of rotary systems and intracanal dentin wear. *Aust Endod J.* 2023;49 Suppl 1:64-70. <https://doi.org/10.1111/aej.12684>.
40. Abella F, Patel S, Durán-Sindreu F, Mercadé M, Bueno R, Roig M. An evaluation of the periapical status of teeth with necrotic pulps using periapical radiography and cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014;47:387-96. <https://doi.org/10.1111/iej.12159>.
41. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J.* 2019;52:1675-8. <https://doi.org/10.1111/iej.13187>.
42. Dula K, Benic GI, Bornstein M, Dagassan-Berndt D, Filippi A, Hicklin S, et al. SADMF Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/Digital Volume Tomography. *Swiss Dent J.* 2015;125:945-53.
43. Hildebrand H, Leontiev W, Krastl G, Weiger R, Dagassan-Berndt D, Bürklein S, et al. Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: an ex vivo comparative study of substance loss. *BMC Oral Health.* 2023;23:713. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03436-7>.
44. Torres A, Lerut K, Lambrechts P, Jacobs R. Guided Endodontics: Use of a Sleeveless Guide System on an Upper Premolar with Pulp Canal Obliteration and Apical Periodontitis. *J Endod.* 2021;47:133-9. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.016>.
45. Torres A, Boelen GJ, Lambrechts P, Pedano MS, Jacobs R. Dynamic navigation: a laboratory study on the accuracy and potential use of guided root canal treatment. *Int Endod J.* 2021;54:1659-67. <https://doi.org/10.1111/iej.13563>.
46. Dianat O, Gupta S, Price JB, Mostoufi B. Guided Endodontic Access in a Maxillary Molar Using a Dynamic Navigation System. *J Endod.* 2021;47:658-62. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.019>.

ENGLISH SUMMARY

Skeie HG, Yassin MA, Fristad I.

Endodontic treatment of calcified teeth. Part 2: CBCT-guided access preparation of calcified root canals and teeth treated with fiber posts
Nor Tannlegeforen Tid. 2024; 134: 950-61.

During endodontic treatment of calcified teeth and teeth with restorative material placed deep in the root canal, traditional access preparation to the root canals may result in significant loss of tooth substance. Such treatments are often time-consuming and associated with a high risk of procedural mishaps. CBCT-guided access preparation has been developed in response to this challenge. The aim of this study was to gather updated knowledge about CBCT-guided access preparation and to validate the precision of the method

through an *ex-vivo* study based on pre- and post-operative microCT scans. Based on available literature and results presented in this study, CBCT-guided access preparation has the potential for high precision. The method can reduce loss of tooth structure and the risk of procedural mishaps when treating calcified root canals. However, CBCT-guided access preparation has potential sources of error and limitations that the dentist should be aware of before applying the method in patient care.



Vi har flyttet inn i nye, større lokaler, sentralt på Majorstuen – rett ved siden av vår gamle klinikk!

Fridtjof Nansens vei 19, 0369 Oslo
oralkirurgisk@orisdental.no | 23 19 61 90

Velkommen til vår splitter nye klinikk!

Vi flytter til nye, større lokaler, men holder oss fortsatt sentralt på Majorstua. Med nytt utstyr og tilpassede lokaler vil vi kunne tilby dine pasienter enda bedre tjenester. Vi har økt kapasiteten for å ha kortere ventetid.

Vi utvider teamet med Dag Petter Nilsen Tingvoll, som er spesialist i oral kirurgi og oral medisin.

Spesialister i oral kirurgi og oral medisin
Johanna Berstad
Erik Bie
Dag Petter Nilsen Tingvoll
Hauk Øyri

Spesialist i oral protetik
Dr.odont Jørn Aas



ORIS DENTAL
ORALKIRURGISK KLINIKK