

HOVEDBUDSKAP

- Selv om en sirkulær standardisert apikal preparering er ønskelig for å oppnå god tilpasning av guttaperkaspiss, er dette lite realistisk fordi kanal anatomen er så ulik
- Det aktuelle resiprokerende filsystemet var i varierende grad i stand til å gi en sirkulær standardisert preparering i apikalområdet
- En relativt stor del av rotkanalen forblir uinstrumentert i apikalområdet ved bruk av maskinelle resiprokerende systemer

FORFATTERE

Oskar Lillemyr Engan. Privatpraktiserende tannlege, Trondheim.

Jonatan Bezuijen. Privatpraktiserende tannlege, Odde.

Inge Fristad, professor. Institutt for klinisk odontologi – endodonti, Det medisinske fakultet, Universitetet i Bergen

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

Akseptert for publisering 16.01.2023

Artikkelen er fagfellevurdert

Engan OL, Bezuijen J, Fristad I. Mekanisk rens med et resiprokerende endodontisk filsystem. En laboratoriestudie. *Nor Tannlegeforen Tid.* 2023; 133: 312-7.

MeSH: Endodontics; Root canal preparation

Arbeidet bygger på en masteroppgave i odontologi ved Universitetet i Bergen, 2022

Mekanisk rens med et resiprokerende endodontisk filsystem. En laboratoriestudie

Oskar Lillemyr Engan, Jonatan Bezuijen og Inge Fristad

Målsettingen med denne studien var å finne ut hvor godt et standardisert resiprokerende filsystem instrumenterer i den apikale delen av rotkanalen i forskjellige tanngrupper.

Tretti ekstraherte incisiver, premolarer og molarer ble benyttet. Hver tann ble først instrumentert med WaveOne Gold® og deretter ble det skåret en skive med snittflater tilsvarende 1 og 2 mm fra apeks. Prosent instrumentert areal av totalt kanalareal og instrumentert kanalvegg av total kanalomkrets ble vurdert på 1 og 2 mm-nivå. I tillegg ble filstørrelse som ville gitt en sirkulær kanal beregnet. Instrumentering med filsystemet vil ofte etterlate uinstrumenterte områder i rotkanalen, og i liten grad gi en sirkulær standardisert preparering i den apikale delen av kanalene.

Vellykket endodontisk behandling vil i stor grad avhenge av effektiv fjerning av bakterier, bakterieprodukter og nekrotisk vev i rotkanalen (1–4). Hovedårsakene til apikal periodontitt på rotfylte tenner er mangelfull kanalinstrumentering og utilstrekkelig forsegling av kanalsystemet (5). Dette har ført til standardisering av endodontiske instrumenter og materialer som blir brukt under rotfyllingsprosedyren. Denne ideen har vært ledende for utviklingen av både manuelle og maskinelle instrumenteringssystemer i flere tiår, men

det er stilt spørsmål ved om stor variasjon i kanal anatomi bidrar til mangelfull utrensning i en del tilfeller.

Kerekes og Tronstad gjorde morfometriske studier på tenner for å se om det teoretisk var mulig å bruke en standardisert teknikk i endodontisk behandling (6–8). De fant at dimensjonen på instrumentene må økes kraftig i enkelte tilfeller. En slik økning i dimensjon vil imidlertid kunne føre til økt risiko for rotperforasjoner og rotfrakturer.

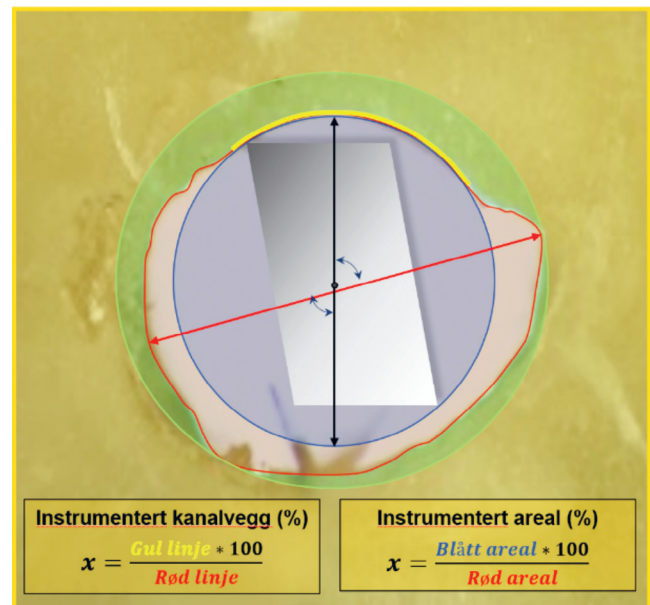
I dag finnes det flere maskinelle instrumenteringssystemer som er ment å lette arbeidet og korte ned behandlingstiden. WaveOne Gold (Dentsply Sirona, Sveits) er et resiprokerende filsystem, bestående av fire størrelser, fra #20 til #45, som er ment å passe for de fleste kanaler. Dette er sammenlignbart med mange tilsvarende maskinelle roterende og resiprokerende filsystemer, hvor effekten av utrensning er vist å være relativt lik (9).

Formålet med denne studien var å se hvor stor del av rotkanalen og kanalveggene som blir instrumentert, eller motsatt, forblir uinstrumentert i de nederste apikale 2 mm ved bruk av et resiprokerende filsystem.

Materiale og metode

Totalt 30 ekstraherte tenner fra ulike tanngrupper ble valgt ut. Kriteriene var at tennene var rotlukket og ikke tidligere instrumentert eller rotfylt. Tennene som ble valgt ut hadde karieslesjoner og/eller fyllinger, slik en kan forvente av tenner som er aktuelle for endodontisk behandling. Innledningsvis ble tennene oppbevart samlet i 1 % benzalkonkloridoppløsning, før de etter inndeling i tanngruppe og utrensning ble oppbevart fuktig i petriskåler.

Ti overkjeve-incisiver, 10 overkjeve-molarer og 10 underkjeve-premolarer ble kavumpreparert med diamantbor (140/880-014, Topdent, Israel). Hele pulpataket ble fjernet slik at pulpakammeret ble synlig og tilgjengelig. Instrumentering av kanalene ble påbegynt med en #10 K-fil (Dentsply Sirona, Maillefer Instruments, Sveits) og koronale tredjedel utvidet med en SX-fil (Dentsply Sirona, Maillefer Instruments, Sveits) drevet av en X-Smart Plus® maskin (Dentsply Sirona, Maillefer Instruments, Sveits). En #15 K-fil ble deretter ført inn i kanalen til den ble synlig apikalt. Lengden ble målt, og endelig renselengde ble satt 1 mm kortere. Renselengde ble også bekreftet med et apikalbilde tatt i bukko-lingual retning. Kanalen ble deretter instrumentert til #20 dimensjon med håndinstrumenter, før WaveOne Gold resiprokerende filer ble brukt til ønsket lengde og dimensjon. Incisivene og palatinale kanal i molargruppen ble rensert til filstørrelse WaveOne Gold Large (L). Premolarer og distale kanal i molargruppen ble rensert til dimensjon WaveOne Gold Medium (M). Instrumenteringen ble gjort i henhold til produsentens angivelser og Dakin's væske i kombinasjon med EDTA ble brukt som irrigasjon.

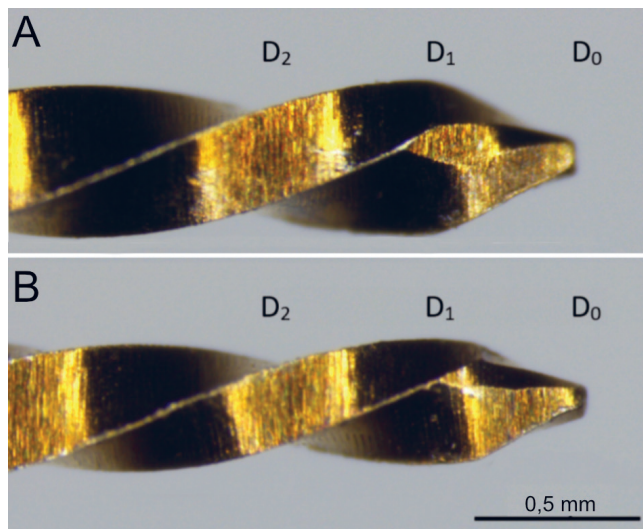


Figur 1. Figuren illustrerer de ulike målingene som ble utført. Blått gjennomsiktig areal illustrerer hvor WaveOne Gold fila har instrumentert. Rødt gjennomsiktig areal illustrerer totalt areal på kanal. Gul linje viser instrumentert kanalvegg. Rød linje viser totalomkrets på kanal. Rød pil viser største diagonal på rotkanalen. Grønt areal angir hvor stort areal (med tilhørende diameter) som måtte vært instrumentert for å oppnå en sirkulær kanalform, gitt at filens sentrum hadde vært plassert på samme sted.

Deretter ble tennene montert i en maskin for hardvessnitning (Bühler Isomet low speed cutting saw, USA) ved hjelp av voks, slik at snittflaten ble vinkelrett på tannaksen. Det ble laget slipesnitt på 1 mm tykkelse der hver side representerte en avstand på henholdsvis 1 og 2 mm fra apeks. Snittene ble lagt på objektglass, og begge sider studert i lysmikroskop (Eclipse 80i Microscope, Nikon, Japan) koblet til Nikon NIS-elements BR bildebehandlingsprogram. Snittflatene ble fotografert og det ble gjort målinger på 1 og 2 mm-nivå av totalt areal på kanal, instrumentert areal, total lengde på kanalomkrets og instrumentert lengde på rotkanalvegg, samt diameter på fil som kunne avvirket hele tverrsnittet på rotkanalen (sirkulær apikal preparering), gitt at sentrum ikke flyttet seg (figur 1).

Endelig materiale inkluderte verdier fra ti incisiver, ti premolarer, ti palatinale og åtte distale kanaler fra overkjeve molar (to snitt ble forkastet på grunn av problemer med målingene). Dimensjoner på WaveOne Gold-filene ble også målt for sammenligning.

Målingene ble analysert ved hjelp av statistikkprogrammet SPSS. Variansanalyse (ANOVA-test) ble innledningsvis foretatt for å søke etter forskjeller mellom gruppene. Deretter ble post hoc test benyttet for å bestemme forskjeller mellom gruppene. I denne studien ble det brukt Bonferroni korreksjon. Videre ble det utført en parret T-test for å finne signifikante forskjeller innad i tanngruppene mel-



Figur 2. Dimensjoner for en WaveOne Gold large fil (A); Dimensjoner for en WaveOne Gold medium fil (B).

lom 1 og 2 mm-nivå. Den gjennomsnittlige forskjellen ble regnet som signifikant for p-verdier < 0.05.

Resultater

Analyse av WaveOne Gold filer: WaveOne Gold L filen (figur 2A) har en fast konisitet på 5 % fra D1 til D3. D0 er instrumentets spiss og D3 ligger 3 mm koronalt for D1. D1 betegner starten på den aktive delen hvor diameteren på filen er 0,45 mm. D1 ligger ca 0,5 mm fra instrumentets spiss. WaveOne Gold M filen (figur 2B) har en fast konisitet på 6 % fra D1 til D3. D0 er instrumentets spiss og D3 ligger 3 mm koronalt for D1. D1 betegnet starten på den aktive delen hvor diameteren på filen er 0,35 mm. D1 ligger ca 0,325 mm fra instrumentets spiss.

Analyse av tenner: Undersøkte tenner/røtter hadde én rot og én rotkanal. Tverrsnittet til kanalen økte med økt lengde fra apeks i koronal retning, med unntak av distale rot i molarer hvor tverrsnittet var tilnærmet likt på 1 og 2 mm-nivå (tabell 1).

Incisiver

På 1 mm-nivå ble i gjennomsnitt 69,8 % av kanalens areal instrumentert (figur 3). Gjennomsnittlig kanaldiameter var 0,416 mm (tabell 1), noe som tilsvarer en WaveOne Gold L fil med diameter på 0,45 mm ved D1. Ved instrumentering ble gjennomsnittlig 56,7 % av kanalveggen aktivt instrumentert på 1 mm-nivå (figur 4).

På 2 mm-nivå ble gjennomsnittlig 88,5 % av kanalens areal instrumentert, signifikant mer enn på 1 mm-nivå (figur 3 og 5A).

Tabell 1. Oversikt over gjennomsnittlig største diameter på rotkanalen på 1 og 2 mm-nivå for incisiver, premolarer og distobukkale og palatinal kanal på molarer. Teoretisk fil-dimensjon betegner gjennomsnittlig dimensjon på filen som ville gitt en sirkulær preparering, gitt at filens sentrum forble på samme sted.

Tann/Rot	Største diagonal på rotkanal (mm)	Teoretisk fil-dimensjon for å oppnå sirkulær kanalform
Incisiv 1mm	0,416 mm	0,490 mm
Incisiv 2mm	0,528 mm	0,594 mm
Premolar 1mm	0,578 mm	0,598 mm
Premolar 2mm	0,692 mm	0,722 mm
Molar DB 1mm	0,518 mm	0,688 mm
Molar DB 2mm	0,514 mm	0,606 mm
Molar P 1 mm	0,700 mm	0,716 mm
Molar P 2 mm	0,716 mm	0,728 mm

Gjennomsnittlig kanaldiameter var 0,528 mm (tabell 1), mens en WaveOne Gold L fil har en tilsvarende diameter på 0,50 mm. Gjennomsnittlig ble 70,5 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).

Premolarer

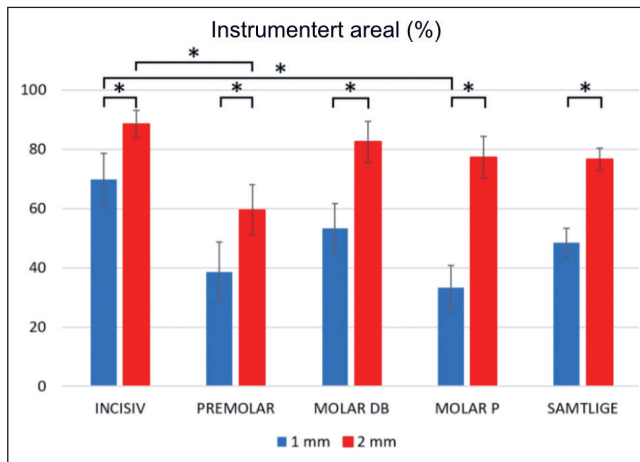
For premolargruppen ble det instrumentert et prosentmessig mye lavere gjennomsnittlig areal på 1 og 2 mm-nivå, sammenlignet med incisiver og distobukkale rot på molarer (figur 3).

På 1 mm-nivå ble gjennomsnittlig 38,5 % av kanalens areal instrumentert (figur 3), og på dette nivået hadde kanalene en gjennomsnittlig diameter på 0,578 mm (tabell 1). En WaveOne Gold M fil, har en diameter på 0,35 mm ved D1. Gjennomsnittlig ble 18,6 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).

På 2 mm-nivå ble gjennomsnittlig 59,4 % av kanalens areal instrumentert (figur 3 og 5B). Gjennomsnittlig kanaldiameter var her 0,692 mm (tabell 1). En WaveOne Gold M fil har her en diameter på rundt 0,40. Gjennomsnittlig ble 30,6 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).

Molarer – distobukkale kanal

Gjennomsnittlig ble 53,3 % av kanalens areal instrumentert på 1 mm-nivå (figur 3). Gjennomsnittlig kanaldiameter var 0,518 mm (tabell 1), mens en WaveOne Gold M fil har en diameter på 0,35 mm ved D1. Gjennomsnittlig ble 34,2 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).



Figur 3. Gjennomsnittlig instrumentert areal i prosent av totalareal for ulike tenner/røtter på 1 og 2 mm-nivå (*: $p < 0.05$; vertikale streker: standardfeil).

På 2 mm-nivå økte gjennomsnittlig instrumentert areal til 82,5 % (figur 3 og 5C). Gjennomsnittlig kanaldiameter var 0,514 mm (tabell 1), mens diameteren på en WaveOne Gold M fil er 0,40 mm. Gjennomsnittlig ble 67,9 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).

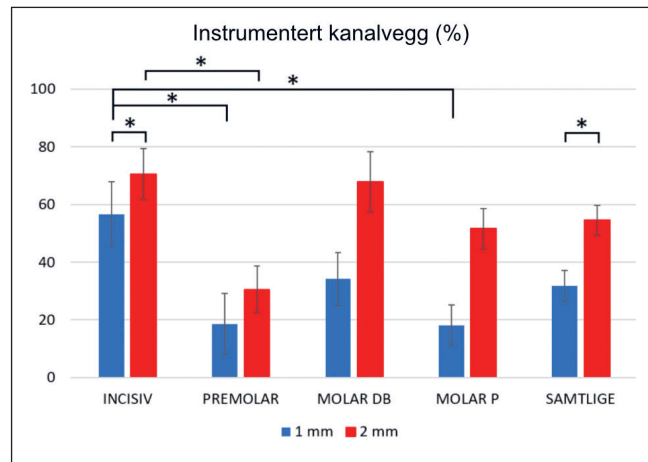
Molarer – palatinale kanal

På 1 mm-nivå ble i gjennomsnitt 33,2 % av kanalens areal instrumentert (figur 3). Gjennomsnittlig kanaldiameter var 0,700 mm (tabell 1). En WaveOne Gold L fil har en diameter på 0,45 mm ved D1. Gjennomsnittlig ble kun 18,1 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).

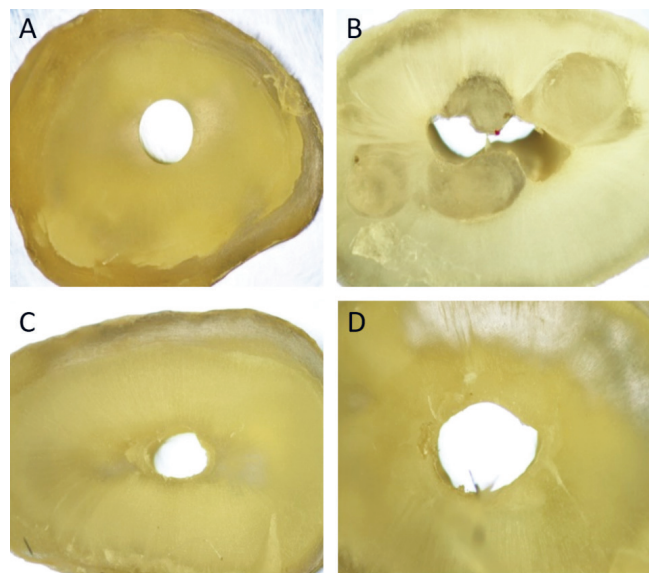
På 2 mm-nivå ble gjennomsnittlig 77,3 % av arealet instrumentert (figur 3 og 5D). Den gjennomsnittlige diameteren var her 0,716 mm (tabell 1), mens den tilsvarende diameter på en WaveOne Gold L fil er 0,50 mm. Gjennomsnittlig ble 51,6 % av kanalveggen instrumentert (figur 4).

Sammenligning på tvers av grupper

Prosentvis instrumentert areal var signifikant større på 1 mm for incisiver sammenlignet med palatinale kanal på molar (figur 3). På 2 mm var det signifikant forskjell mellom incisiv og premolar (figur 3). Prosentvis instrumentert kanalvegg på 1 mm-nivå var signifikant større for incisiv sammenlignet med premolar og palatinal kanal på molar (figur 4). Tilsvarende var instrumentert kanalvegg signifikant større for incisiv sammenlignet med premolar på 2 mm-nivå (figur 4). En signifikant forskjell i instrumentert areal mellom 1 og 2 mm-nivå ble funnet for alle tanngruppene samlet. Signifikant forskjell for instrumentert kanalvegg, når en sammenligner 1 og 2 mm-nivå, ble kun funnet for incisivgruppen.



Figur 4. Gjennomsnittlig instrumentert kanalvegg i prosent av total omkrets på kanal for ulike tenner/røtter på 1 og 2 mm-nivå (*: $p < 0.05$; vertikale streker: standardfeil).



Figur 5. Eksempel på snitt fra incisiv (A), premolar (B) og molar med disto-bukkale (C) og palatinale (D) kanal på 2 mm-nivå etter instrumentering.

Teoretisk filstørrelse for å oppnå et sirkulært tverrsnitt

Gjennomsnittlig fil-størrelse som ville omsluttet hele rotkanalen (maksimal lengde x2 fra sentrum av fil til kanalvegg der avstanden var størst) var større enn den største diagonal på kanal (maksimal lengde kanalvegg til kanalvegg) for alle grupper (tabell 1 og figur 1). Differansen mellom gjennomsnittlig diameter på fil som ville ha omsluttet hele kanalen og gjennomsnitt av største diameter til kanal varierte fra 0,029 til 0,17 mm, der den største differansen ble funnet på 1 mm-nivå i distale kanal.

Diskusjon

Den apikale delen av tannen har stor variasjon i form og tverrsnitt, noe som har betydning for mekanisk og kjemisk rensing av ulike tenner og tanngrupper. Denne studien viser at det ofte etterlates urensede områder i kanalen. Effekten av mekanisk utrensing vil derfor avhenge av rotkanalens anatomi og størrelsen på instrumentet som benyttes. Sammenlignet med håndinstrumenter som har mindre konisitet må en forvente at maskinelle instrumenter med samme dimensjon på spissen avvirker mer når en beveger seg i koronal retning.

Resultatene for overkjeve inciserer stemte overens med tidligere funn (6). Variasjon i kanalens diameter var mindre sammenlignet med premolarer. Den gjennomsnittlige kanaldiameteren tilsvarte omtrent diameteren på en WaveOne Gold L fil. Det ble derfor oppnådd høyere prosentmessig instrumentert areal, ofte med en sirkulær preparering. Hvis målsettingen er en sirkulær apikal preparering i de nederste 2 mm, er det vist at #70 vil sikre dette i 90 % av tilfellene (6).

For mandibulære premolarer var kanalene ofte ovale. Dette gjorde at uinstrumenterte kanalområder var signifikant høyere enn for incisivgruppen. En WaveOne Gold L fil burde minst vært benyttet for premolarer med en rotkanal. Premolarer ekstraheres ofte i sammenheng med kjeveortopedisk behandling, og det er derfor tenkelig at noen av premolarene brukt i denne studien har vært relativt «umodne» sammenlignet med de andre tanngruppene. Dette vil bidra til lavere prepareringsgrad og mindre berøring av kanalveggene for premolarene. Likevel, det er tidligere vist at det i 90 % av tilfellene kan instrumenteres en sirkulær avslutning med en #50 fil i de apikale 2 mm på første og andre premolar i underkjeven (7). Tilsvarende dimensjon for overkjeve premolarer var derimot opp mot #100.

For molargruppen var det stor variasjon i rotkanalanatomi mellom ulike røtter. De palatinale kanalene hadde større variasjon når det gjaldt kanaldiameter, sammenlignet med de distobukkale som generelt var smalere. De palatinale kanalene oppnådde derfor en signifikant lavere instrumenteringsgrad, og morfometriske studier har tidligere vist at filstørrelser opp mot #140 måtte vært benyttet for å oppnå en sirkulær avslutning i 90 % av tilfellene i de apikale 2 mm (8). Tilsvarende måtte #55 vært benyttet på den distobukkale roten.

Ved instrumentering må den strukturelle styrken til tannen og roten etter instrumentering av kanalen tillegges stor vekt. Det vil derfor være mot sin hensikt å fjerne unødig tannsubstans for å oppnå sirkulær form på kanalen i alle tilfeller. Likevel vil det på enkelte tanngrupper være nærliggende å vurdere større apikal dimensjon enn på andre. Den standardiserte teknikk var i sin opprinnelse ba-

sert på et ønske om en sirkulær apikal avslutning i de nederste 2 mm, som skulle samsvare med tilsvarende dimensjon på en guttaperkaspiss. Denne studien viser i tillegg at filen ikke alltid har sitt senter i midten av kanalen. I praksis betyr dette dimensjoner som overstiger verdiene som ble funnet i studiene til Kerekes og Tronstad (6–8). Slike dimensjoner vil imidlertid medføre stor risiko for komplikasjoner. Dette gjelder spesielt i situasjoner hvor rottene er bøyde eller har en form hvor det er liten forskjell på teoretisk bredde på kanal og faktisk utvendig bredde på rot i en dimensjon.

Instrumenteringslengde har også vært mye diskutert (10–12). Ideelt bør rotfyllingen avsluttes ved den apikale innsnevringen, fordi denne diameteren er minst og plasseringen indikerer overgangen mellom pulpa og periodontiet (13). Imidlertid er det vist at en distinkt apikal konstriksjon var til stede i mindre enn halvparten av tilfellene (13). Den apikale delen av rotkanalen var ofte konisk uten en uttalt konstriksjon, parallell, eller inneholdt flere innsnevninger. Kombinasjon av ulike metoder for å bestemme konstriksjonens plassering er derfor anbefalt. Ricucci og Langeland studerte apikalt og periradikulært vev etter rotkanalterapi histologisk (14). Den mest gunstige prognosen ble oppnådd når rotfyllingen ble avsluttet ved den apikale konstriksjonen, mens den dårligste ble oppnådd når avslutningen var forbi dette nivået. Tilsvarende avtok prognosen når rotfyllingen ble avsluttet mer enn 2 mm innenfor den apikale konstriksjon. Funnene ble gjort på grunnlag av ulike diagnoser, og inkluderte både vitale og nekrotiske tenner. Betydningen av rotfyllingsnivå er også vist å avhenge av pulpadiagnose, og at avstanden bør være et sted mellom 0–3 mm fra radiologisk apeks (15). WaveOne Gold filene har en semiaktiv tupp eller «guiding tip» som gradvis går opp til faktisk dimensjon (16). Denne tuppen skal sikre en tryggere preparering. På en WaveOne Gold L fil er selve tuppen cirka 0,5 mm lang. Dimensjon #45 oppnås først en halv millimeter inn på filen. På WaveOne Gold M filen er avstanden fra D0 til D1 kortere, rundt 0,325 mm. Dette kan ha en klinisk betydning, siden dimensjonene på 1 og 2 mm-nivå er tilsvarende mindre. Dette kan forklare tendensen til at snittene hadde lavere instrumenteringsgrad 1 mm fra apeks. I alle gruppene var det en signifikant økning i instrumentert areal fra 1 til 2 mm-nivå.

Selv om rotkanaler ofte har en irregulær form, så har en rekke kliniske studier vist at endodontisk behandling kan ha en høy vellykethet for alle tanngrupper. Mikrobiell kolonisering av rotkanalsystemet er hovedårsaken til apikal sykdom. Behandlingen blir derfor å eliminere bakterier fra kanalen. Mekanisk rens ved hjelp av filer vil kunne redusere bakterieinnholdet i rotkanalen, men den mekaniske instrumenteringen sjelden er tilstrekkelig alene. Byström og Sundqvist (17) studerte virkningen av mekanisk instrumentering, der fysiologisk saltvann ble brukt til irrigasjon. Ved dyrkning oppnådde de

fravær av bakterier i 8 av 15 tenner etter fem besøk. Senere ble effekten av 0,5 % natriumhypokloritt som irrigasjonsmiddel vurdert. Denne gangen oppnådde de bakteriekontroll i 12 av 15 tenner etter fem besøk (18). Resultatene viser betydningen av den kjemiske rensingen for å oppnå en bakteriefri rotkanal. Oppfølgingsstudier har i tillegg vist at et vellykket behandlingsresultat kan oppnås selv i kasus hvor en finner vekst i rotkanalen på rotfyllingstidspunktet (19). I denne studien ble kun dimensjonelle effekter av den mekaniske instrumenteringen vurdert. Faktorer som midlertidig innlegg og kjemisk rensing må derfor sees i sammenheng med funn i denne studien. Studien gir imidlertid en god indikasjon på at dimensjonering vil

varierte og at denne må tilpasses de ulike tanngruppene, og at hver tann i tillegg må behandles individuelt.

Konklusjon

WaveOne Gold var i varierende grad i stand til å gi en fullstendig instrumentering i de apikale 2 mm på de undersøkte kanalene. Uinstrumenterte områder er derfor relativt vanlig. Instrumentering for å oppnå en sirkulær avslutning i alle rotkanaler synes lite realistisk i forhold til komplikasjonsrisiko. Kjemisk rens i kombinasjon med en tett rotfylling vil derfor være viktige tilleggsfaktorer som er nødvendig for å sikre rengjøring og dermed en god langtidsprognose.

REFERANSER

1. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965; 20: 340-49.
2. Sundqvist G. Bacteriological studies of necrotic dental pulps. Thesis. Umeå University Odontological Dissertations. 1976; 7: 1-93.
3. Chavez de Paz LE. Redefining the persistent infection in root canals: possible role of biofilm communities. *J Endod.* 2007; 33: 652-62.
4. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 2006; 39: 249-81.
5. Ingle JI. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961; 14: 83-91.
6. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. *J Endod.* 1977; 3: 24-9.
7. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human premolars. *J Endod.* 1977; 3: 74-9.
8. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on the root canals of human molars. *J Endod.* 1977; 3: 114-8.
9. Tavares SJO, Sarmiento EB, Guimarães LS, Antunes LAA, Antunes LS, Gomes CC. The influence of kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments on root canal shape assessed by micro-computed tomography: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2019; 77: 347-58.
10. Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994; 77: 172-6.
11. Simon S, Machtou P, Adams N, Tomson P, Lumley P. Apical limit and working length in endodontics. *Dent Update.* 2009; 36: 146-53.
12. Bergenholtz G, Spångberg L. Controversies in endodontics. *Crit Rev Biol Med* 2004; 15: 99-114.
13. Dummer PM, McGinn JH, & Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J.* 1984; 17: 192-8.
14. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J.* 1998; 31: 394-409.
15. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000; 89: 99-103.
16. Ruddle CJ. Single-File Shaping Technique: Achieving a Gold Medal Result. *Dent Today.* 2016; 35: 98-103.
17. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res.* 1981; 89: 321-8.
18. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983; 55: 307-12.
19. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997; 5: 297-306.

ENGLISH SUMMARY

Engan OL, Jonatan Bezuijen J, Fristad I

Mechanical instrumentation with a reciprocating endodontic file system – an in vitro study

Nor Tannlegeforen Tid. 2023; 133: 312-7.

The aim of this study was to evaluate the shaping ability of a standardized reciprocating file system in the apical part of the root canal in different tooth groups. Thirty teeth including incisors, premolars and molars were included. They were instrumented with WaveOne Gold before a cross-section disc of 1 mm was cut, with surfaces 1 and 2 mm from the apex. Percentage of prepared area versus total canal area and length of instrumented wall-surface versus total ca-

nal circumference was assessed at 1- and 2-mm level, as well as the file size needed to make a circular canal. Statistical analysis was performed using analysis of variance, Post Hoc test between groups and paired samples test within groups. Instrumentation with the standardized file system WaveOne gold was, to a varying degree, able to give a circular preparation in the apical part of the canals examined.