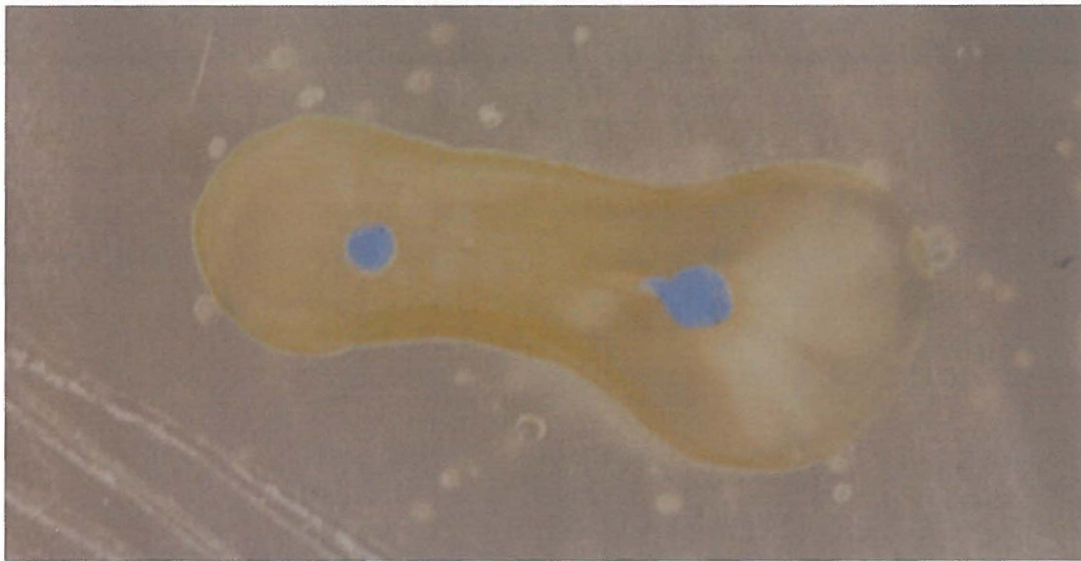


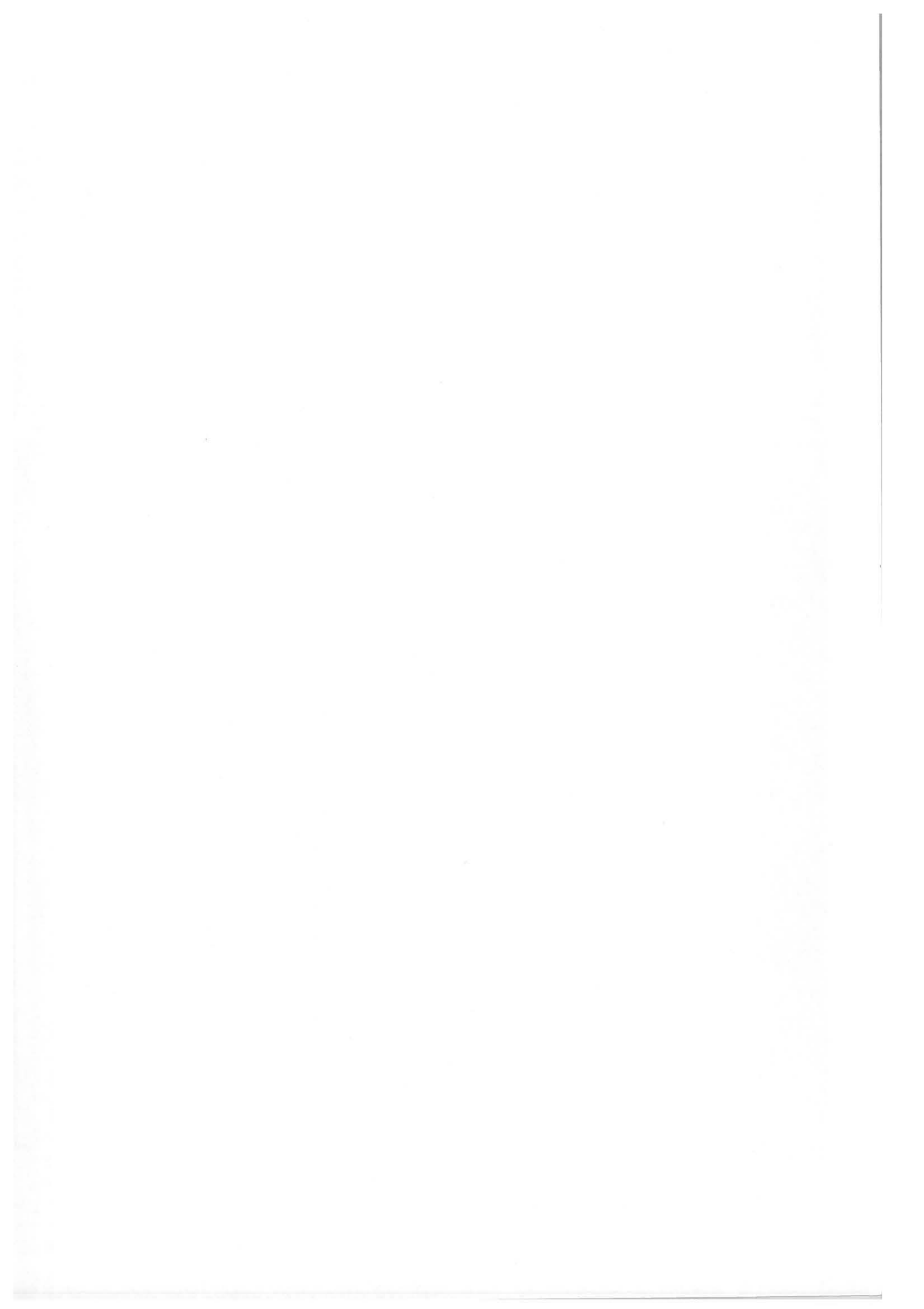
25 FEB 2009

Een vergelijking van verschillende endodontische vulmethoden op de hoeveelheid guttapercha in de mesiale kanalen van eerste ondermolaren.

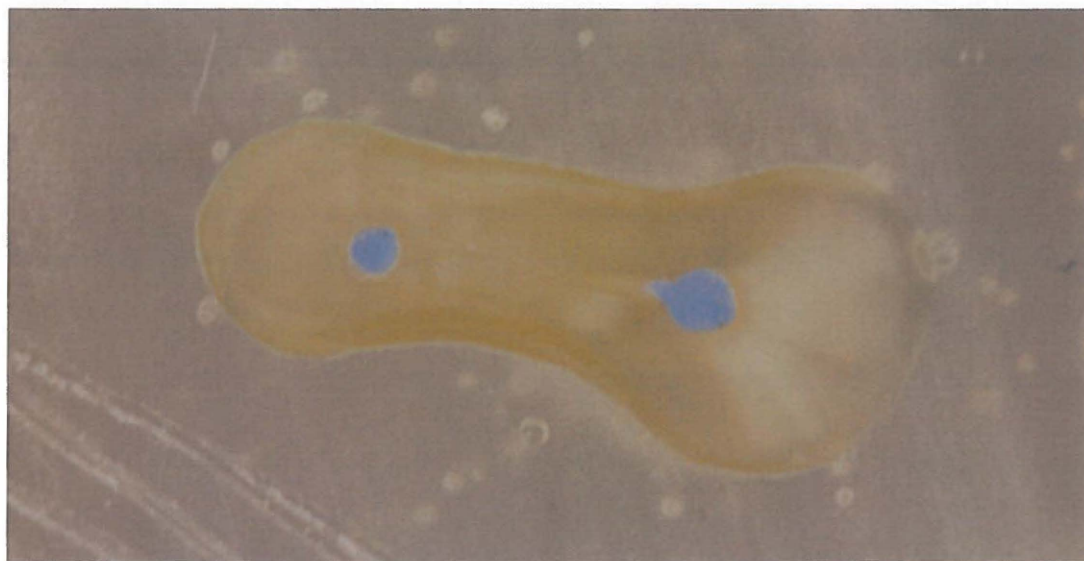


Naam student: I. M. Rietveld
Studentnummer: 1441167
Onderwijsinstelling: Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit: Medische Wetenschappen
Opleiding: Tandheelkunde
Facultaire Begeleider: drs. M.P.J.M. Vogels
Disciplinegroep: Centrum voor Tandheelkunde en Mondzorgkunde
Onderzoeksperiode: september 2008 tot februari 2009

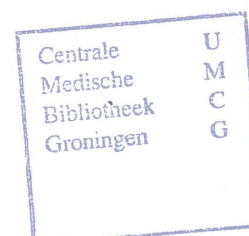
Centrale	U
Medische	M
Bibliotheek	C
Groningen	G



Een vergelijking van verschillende endodontische vulmethoden op de hoeveelheid guttapercha in de mesiale kanalen van eerste ondermolaren.



Naam student: I. M. Rietveld
Studentnummer: 1441167
Onderwijsinstelling: Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit: Medische Wetenschappen
Opleiding: Tandheelkunde
Facultaire Begeleider: drs. M.P.J.M. Vogels
Disciplinegroep: Centrum voor Tandheelkunde en Mondzorgkunde
Onderzoeksperiode: september 2008 tot februari 2009



Dankwoord

Bij de totstandkoming van deze scriptie ben ik veel dank verschuldigd aan dhr. drs. M.P.J.M. Vogels, dhr. L. de Rijber, dhr. J. de Vries, mw. dr. R.Z. Thomas.

Samenvatting

Doel: Een in-vitro studie om te beoordelen of het gebruik van vibratie tijdens verhitting in het wortelkanaal een gunstig effect heeft op de vloeit van guttapercha naar het apicale gedeelte en of er daardoor een volledige afsluiting van het wortelkanaal bereikt wordt.

Materiaal en methoden: De mesiale kanalen van tweëndertig eerste ondermolaren zijn volgens een standaard protocol geprepareerd tot een kanaaldimensie van 30 0.06 op een werk lengte van één millimeter van het foramen apicale, waarbij de kanalen gereinigd zijn met 2,5% NaOCl. Na ultrasonische irrigatie en het verwijderen van de smeerlaag zijn de kanalen gevuld volgens drie vulmethoden: groep 1 (n=10) koude laterale compactie, groep 2 (n=10) warme verticale condensatie en groep 3 (n=12) warme verticale condensatie met vibratie. Op twee, viereneenhalf en zeven millimeter van het foramen apicale zijn dwarsdoorsneden gemaakt, waarna het wortelkanaal oppervlak en het oppervlak gevuld met guttapercha bepaald werden. De verhouding tussen deze twee werd uitgedrukt in percentage guttapercha (PGP-waarde). De data zijn geanalyseerd met de Kruskal-Wallis test met als kritisch significantie niveau $\alpha = 0.05$.

Resultaten: Binnen groep één en drie was er geen significant verschil in de PGP-waarden ($P = 0.0830$ en $P = 0.0543$). Binnen groep twee tussen hoogtes twee en zeven millimeter, en tussen viereneenhalf en zeven millimeter was er wel een significant verschil ($P = 0.0003$ en $P = 0.0412$). Er is geen significant verschil tussen de groepen bij de coupes op hoogte van twee en viereneenhalf millimeter ($P = 0.1364$ en $P = 0.2110$). Er was wel een significant verschil tussen de coupes op hoogte van zeven millimeter tussen groep één en twee, en groep één en drie ($P = 0.0002$ en $P = 0.0015$). Op deze hoogte wordt de koude laterale compactietechniek vergeleken met de guttapercha injectietechniek.

Conclusie: Het toedienen van vibraties tijdens de warme verticale condensatie techniek heeft geen significant verhogend effect op het percentage guttapercha in vergelijking met enkel de warme verticale condensatie techniek en koude laterale compactie techniek.

Inhoudsopgave

I Inleiding	
Parodontitis apicalis	3
Guttapercha en wortelkanaalcement als vulmateriaal	3
Verschillende vultechnieken	4
Kwaliteit bepaling	7
Doelstelling onderzoek	8
Vraagstelling	8
II Materiaal en Methoden	9
III Resultaten	14
IV Discussie	
De PGP-waarden	17
Uitvoering van dit onderzoek	20
Waarde van dit onderzoek	22
V Conclusie	24
Literatuurlijst	25
Bijlagen	
1 Tabellen	30
2 Boxplots	32
3 Handleidingen van fabrikanten	36
Abstract	37

I Inleiding

Parodontitis apicalis

Parodontitis apicalis is een ontsteking van het periradiculaire weefsel. Over het algemeen is dit het gevolg van een endodontische infectie. Een pulpa wordt geïnfecteerd en necrotisch door orale microflora. In het endodontische milieu kan een mix van voornamelijk anaerobe micro-organismen overleven en vermenigvuldigen. Deze micro-organismen en/of hun bijproducten kunnen doordringen tot in de periapex. Wanneer deze antigenen worden opgemerkt schakelt het menselijke lichaam het afweersysteem in. Door activatie van het complementsysteem worden ook lichaamseigen cellen beschadigd. Als gevolg hiervan wordt er periradicaal weefsel vernietigd en ontstaat er een apicale laesie. Het afweersysteem reikt niet tot in het necrotische wortelkanaal, waardoor de etiologische factor van de ontsteking niet geëlimineerd kan worden. Het lichaam is dus niet in staat zelf een parodontitis apicalis te genezen.¹

De behandeling van een parodontitis apicalis is de eliminatie van de etiologische factor. De pulpaholte moet leeg en schoon worden gemaakt. Om een her-infectie te voorkomen moet het kanaal hermetisch worden afgesloten met vulmateriaal. Dit voorkomt dat coronaal bacteriën vanuit de mondholte het wortelkanaalstelsel binnendringen en dat bacteriën vanuit het wortelkanaalstelsel in het periapicale gebied terechtkomen. Daarnaast bestaat het vermoeden dat het vulmateriaal ook voorkomt dat achtergebleven bacteriën gaan groeien en vermenigvuldigen in de lege ruimte, die is ontstaan na het prepareren.²⁻⁴ Het vulmateriaal blokkeert de dentinetubuli en de accessorische kanalen, waar mogelijk nog bacteriën aanwezig zijn, omdat tot daar de chemomechanische reiniging niet reikt.⁵⁻⁷ Desondanks kunnen endodontische behandelingen mislukken en niet voor genezing zorgen. Verschillende oorzaken zijn hiervoor aan te dragen. De meest voorkomende oorzaak van mislukte endodontische behandeling is een persisterende intraradiculaire infectie in het apicale één derde deel van het wortelkanaal.⁸

Guttapercha en wortelkanaalcement als vulmateriaal

Guttapercha is het meest bekende vulmateriaal voor orthograde obturatie. Het is een polyisopreen dat wordt verkregen door het sap van guttaperchabomen te koken. Guttapercha wordt getolereerd door het menselijk lichaam en is biocompatibel. Toch wordt doorgeperst guttapercha geassocieerd met een vertraagde genezing van parodontitis apicalis.⁹⁻¹⁰ De guttaperchastiften die in de tandheelkunde worden gebruikt bestaan voor 19-22% uit guttapercha en 59-75% uit zinkoxide en daarnaast worden er andere bestanddelen toegevoegd voor onder andere soepelheid, kleur en radio-opaciteit.¹¹⁻¹² De stiften hebben een lichte antibacteriële werking door de zinkoxide.¹³ Guttapercha is niet in water oplosbaar, maar wel in bepaalde oplosmiddelen, zoals xyleen, eucalyptusolie en chloroform.¹⁴ Sommigen van deze oplosmiddelen kunnen het guttapercha plastisch maken.

Ook verwarming maakt guttapercha plastisch. Er zijn twee kristalachtige vormen van guttapercha, namelijk alfa en bèta. Bij deze twee vormen zijn de moleculen verschillend gerangschikt, daardoor worden alfa- en bèta-guttapercha op verschillende temperaturen plastisch.¹⁵ Wanneer β -guttapercha wordt verhit tot 42-49°C transformeert het naar α -guttapercha en wordt de molecuulstructuur dusdanig anders dat het volume groter wordt. Guttaperchastiften zijn vaak van het type β -guttapercha. Deze zijn flexibel bij kamertemperatuur. Vulmethoden die gebruik maken van verwarmd en vloeibaar guttapercha maken gebruik van de verwarmde α -vorm, omdat deze meer vloeibaar is dan de verwarmde β -vorm.¹⁵⁻¹⁶

Guttapercha hecht niet aan dentine, dus een wortelkanaalcement is nodig om een eenheid te creëren tussen het guttapercha en de wortelkanaalwand door de lege ruimtes op te vullen. Er zijn cementen op basis van zinkoxide-eugenol, kunsthars, siliconen, glasionomeer en urethaan methacrylaat. Een cement maakt ook geen chemische hechting aan dentine, met uitzondering van glasionomeer- en composietcementen, maar het cement kan wel in de accessoirische kanalen en dentine tubuli doordringen en zo voor mechanische retentie zorgen.¹⁷⁻¹⁸ Het kanaaloppervlak dat bedekt wordt met vulmateriaal wordt daarmee ook groter en ook de afsluitmogelijkheid van het kanaal. Daarnaast worden op deze manier de overgebleven bacteriën ingesloten en kunnen de eventueel aanwezige antibacteriële bestanddelen van het cement de bacteriën beter bereiken.¹⁹ De antibacteriële werking is echter beperkt en verschilt per cement.²⁰ Hoe diep een cement kan doordringen in de dentine tubuli hangt onder andere af van de chemische en fysische eigenschappen van het materiaal.¹⁸ Ook het verwijderen van de smeerlaag en de vultechniek hebben daar invloed op.²¹ Bij vultechnieken waar gebruik wordt gemaakt van thermoplastisch guttapercha komt het cement dieper in de dentine tubuli.²² Ook de dikte van de cementlaag is voor sommige cementen van invloed op de afsluitingsmogelijkheden.²³ Cementen op basis van zinkoxide-eugenol en kunsthars kunnen in water oplossen.²⁴ In cementen op basis van epoxyhars (bijvoorbeeld AH26) kunnen na verloop van tijd scheurtjes ontstaan door cohesiekrachten in het cement.²⁵ De afsluitmogelijkheid en daarmee kwaliteit van een wortelkanaalvulling is dus mede afhankelijk van welk cement er wordt gebruikt. Daarom zou de hoeveelheid cement tot het minimum moeten worden beperkt en zou er alleen een dun laagje cement aanwezig moeten zijn tussen het guttapercha en de wortelkanaalwand.²⁶ Ook het doorpersen van cement in de periapex heeft een negatieve invloed op de genezing.²⁷⁻³⁰

Verskillende vultechnieken

Er zijn verschillende vultechnieken om guttapercha aan te brengen. Er zijn twee koude vultechnieken, namelijk de single cone-techniek en de koude laterale compactie techniek. De warme vultechnieken zijn: warme verticale condensatietechniek, 'continuous wave' obturatie techniek, warme laterale compactietechniek, warme guttapercha-injectietechniek, stift gedragen systemen en de thermomechanische compactietechniek.

Bij de single cone-techniek wordt een guttaperchastift die zo goed mogelijk past in het apicale deel met wortelkanaalcement vastgezet. Het cement vult de overgebleven ruimte van de pulpaholte op. Wanneer de ruimte rond de hoofdstift wordt opgevuld met secundaire guttaperchastiften, wordt dit de koude laterale compactietechniek genoemd. De koude laterale compactietechniek wordt als vulmethode onderwezen aan de studenten tandheelkunde van de Rijksuniversiteit Groningen. Met behulp van een spreader wordt er ruimte gemaakt voor een secundaire stift en worden tevens de aanwezige stiften in het kanaal naar elkaar toe gedrukt. Op deze manier wordt het gehalte guttapercha in het wortelkanaal hoger dan bij de single cone-techniek en is er minder cement nodig. De afsluiting apicaal is goed en er wordt nauwelijks materiaal doorgeperst.³¹ Het vulmateriaal bij deze techniek heeft geen homogene massa. Het cement moet de overgebleven ruimte tussen de guttaperchastiften opvullen. Doordat er bij de single cone-techniek meer cement wordt gebruikt dan bij de koude laterale compactietechniek, is het ook aannemelijk dat wanneer er gebruik is gemaakt van een in water oplosbaar cement, de single-conevullingen meer lekkage vertonen.²³⁻²⁴

De wortelkanaalvullingen gevuld met de koude laterale compactietechniek hebben een lager gehalte guttapercha en meer ongevulde gedeelten, al dan niet gecreëerd met een spreader, dan de wortelkanaalvullingen gevuld met warme vultechnieken.³²⁻³⁶ Toch is er geen significant

verschil in genezingspercentage na de behandeling tussen de koude laterale compactietechniek en de warme vultechnieken.³¹ Om toch een homogene massa met een hogere dichtheid van guttapercha te krijgen en om een betere opvulling te krijgen van het onregelmatige worteloppervlak, zijn de technieken ontwikkeld die gebruik maken van thermoplastisch guttapercha.^{37-38, 32} Het guttapercha kan in het wortelkanaal of buiten het wortelkanaal verwarmd worden, waardoor het materiaal plastisch wordt. Het onregelmatige worteloppervlak is ook te zien in dwarsdoorsneden van kanalen, deze hebben verschillende vormen. De onregelmatige en complexe morfologie van wortelkanalen wordt veroorzaakt door groeven, isthmuses en kanaalingangen op het kanaaloppervlak. Er zijn apicale accessorische kanalen, laterale kanalen, accessorische kanalen in de furcatie en cervicale accessorische kanalen. Laterale kanalen komen vooral voor in het apicale één derde deel van het wortelkanaal.³⁹

Een techniek waarbij het guttapercha in het kanaal wordt verwarmd is de warme verticale condensatietechniek, deze is beschreven door Schilder.³⁷ Hierbij wordt de hoofdstift met een verhit instrument plastisch gemaakt en met koude pluggers naar apicaal gecondenseerd. Daarna wordt nieuwe guttapercha aangebracht op dezelfde manier totdat het kanaal vol is. De 'continuous wave' obturatietechniek is een verfijning van deze techniek.³⁸ Hierbij wordt een verhittingsinstrument, waarvan de tip van de plugger een temperatuur heeft van 200°C, tot nabij het apicale uiteinde geduwd. Het coronale gedeelte van het kanaal kan op dezelfde manier worden opgevuld, of met stukjes verwarmde guttapercha, of met warme geïnjecteerde guttapercha. Bij deze techniek worden de laterale kanalen in het apicale één derde van het wortelkanaal beter gevuld dan bij de warme verticale condensatietechniek volgens het onderzoek van DuLac et al.³². De voordelen van de warme verticale condensatietechniek zijn dat het guttapercha goed tegen de wanden aanligt doordat het plastische guttapercha de onregelmatigheden in de kanaalwand kan opvullen en dat er minder cement gebruikt hoeft te worden dan bij de koude vultechnieken.⁴⁰⁻⁴² Het nadeel van deze techniek is dat wanneer de warmtebron niet tot op twee millimeter van het apicale uiteinde van de stift wordt gebracht, het apicale deel niet wordt vervormd en hier eigenlijk als een single-conetechniek fungeert.⁴³⁻⁴⁵ Het zo diep moeten aanbrengen van de warmte bron en plugger vergroten waarschijnlijk de kans op doorpersen van guttapercha en cement.³¹ Daarnaast kunnen sommige apparaten het worteloppervlak dusdanig verwarmen dat het periradiculaire weefsel beschadigd kan raken en er kans is op vervangingsresorptie.⁴⁶

Een andere techniek waarbij het guttapercha in het kanaal wordt verwarmd is de warme laterale compactietechniek. De techniek is bijna hetzelfde als bij de koude laterale compactietechniek met als enige verschil dat een spreader of een hiervoor geschikte endodontische plugger van tevoren wordt verhit, wat de guttapercha in de directe omgeving doet smelten. Daarna wordt een koude spreader in het kanaal geplaatst en vervolgens wordt een secundaire stift in de gecreëerde opening gebracht. Uit in-vitro onderzoek blijkt dat deze techniek minder microlekkage vertoont dan de koude laterale compactietechniek.⁴⁷⁻⁴⁸ Met deze techniek kunnen onregelmatigheden in de kanaalwand ongeveer even goed worden opgevuld als met de warme verticale condensatietechniek.³⁴ In het onderzoek van Reader et al.⁴⁰ werden bij deze techniek de laterale kanalen effectief met guttapercha gevuld, dit in tegenstelling tot het onderzoek van Dulac et al.³². De auteurs schrijven het verschil toe aan de weinige ervaring die de operateur had met deze vultechniek.

Bij de guttapercha injectietechniek wordt de guttapercha voorverwarmd tot 200°C. Bij het verlaten van de drukspuit is de temperatuur gedaald tot 70°C. Deze methode wordt vaak gebruikt in de zogenoemde 'backpack' fase. Eerst wordt dan met de verticale condensatie

driedimensionale afsluiting van het wortelkanaal te krijgen. Endo Ingenuity noemt deze nieuwe techniek '3D precisie techniek'. In het algemeen wordt dit ook wel driedimensionale obturatie techniek genoemd.



Figuur 1. EI Downpak

Met dit apparaat zal volgens de fabrikant de behandeling meer voorspelbaar zijn en daarmee zouden ook de frequentie van complicaties en herinfecties na een endodontische behandeling afnemen. De reden hiervoor zou zijn dat door hitte en vibratie de vloeit van het vulmateriaal verbeterd wordt en dan zou luchtinsluiting verminderd kunnen worden. Het gevolg is dat het kanaal meer homogeen gevuld is en dat naast het hoofdkanaal ook de accessorische kanalen gevuld worden. Om deze beloften van de fabrikant te kunnen controleren is een vergelijking tussen andere vulmethoden nodig. Dit dient op een gestandaardiseerde manier te gebeuren, waarbij de resultaten een valide indruk geven over de kwaliteit van de wortelkanaalvulling. In onderstaande paragraaf zal verder worden ingegaan op verschillende methoden om de kwaliteit van de wortelkanaalvulling te kunnen bepalen.

Kwaliteit bepaling

Lekkagetesten worden veel gebruikt om de kwaliteit van een vulmethode te bepalen. Er zijn echter grote verschillen in resultaten tussen verschillende onderzoeken met dezelfde onderzoeksopzet.⁵⁷ De lekkage kan gemarkeerd worden met een kleurstof of een bacterie. Bij lekkagetesten door middel van kleurvloeistof wordt de coronale ingang van het afgevlude kanaal blootgesteld aan de kleurvloeistof. In transversale of longitudinale doorsneden kan dan gemeten worden tot hoever de vloeistof is binnengedrongen. Aangezien het volume vloeistof en de lege ruimtes niet worden gemeten, is dit geen kwantitatieve meting. Een ander nadeel van deze test is dat ingesloten lucht de vloeistofpenetratie kan hinderen, waardoor de meting onderschat wordt.⁵⁸⁻⁵⁹ Ook kan bepaalde kleurvloeistof ontkleuren door het contact met vulmaterialen.⁶⁰

Bij lekkagetesten waar de lekkage gemarkeerd wordt met een bacterie wordt er coronaal en apicaal van het afgevlude wortelkanaal een reservoir met vloeistof aangebracht. In het coronale reservoir is de bacterie toegevoegd en het apicale reservoir bevat een voedingsmilieu voor de bacterie. Wanneer de bacteriën in het apicale reservoir kunnen komen is er minimaal één lege ruimte die van coronaal naar apicaal reikt. Andere lege ruimtes worden op deze manier niet gemeten. Wanneer één bacterie met het voedingsmilieu in aanraking komt kan deze zich gaan vermenigvuldigen.^{57,61} Het aantal bacteriën is bij deze test daarom niet te meten, deze test is dus ook geen kwantitatieve meting.

Een lekkagetest die wel een kwantitatieve meting geeft is de vloeistoftransport test. Ook bij deze test wordt er coronaal en apicaal een vloeistofreservoir aangebracht. Coronaal wordt er vloeistof onder druk tegen de afgevlude kanaalingang gehouden en aan de apicale zijde grenst een glazen buisje met afstands aanduiding, waarin een luchtbel zit. Wanneer er vloeistoftransport plaatsvindt, verschuift de luchtbel. Bij deze test zijn ook enkel lege ruimtes

techniek het apicale deel gecondenseerd, en daarna wordt het coronale deel volgespoten. De voordelen van deze techniek zijn hetzelfde als bij de warme verticale condensatietechniek. Het nadeel is dat het guttapercha bij afkoeling krimpt en zo kunnen ruimtes ontstaan.^{16,37} Dat maakt het noodzakelijk om tijdens het koelproces met koude pluggers het guttapercha onder continue apicale druk te houden.¹⁶ Een ander nadeel van deze techniek is dat er geen controle is over mogelijk doorpersen van het vloeibare guttapercha.⁴⁹ Deze vultechniek wordt in het onderzoek van Smith et al.⁵⁰ vergeleken met de koude laterale compactietechniek en de warme verticale condensatietechniek door lengte coupes te beoordelen op homogeniteit, en adaptatie aan de wanden. De auteurs concludeerden dat in hun in-vitro opstelling de guttapercha injectietechniek significant beter was dan de koude laterale compactietechniek, maar dat deze niet significant verschilde met de warme verticale condensatietechniek. De 'continuous wave' obturatietechniek en het stift gedragen systeem vullen laterale kanalen in het apicale één derde deel van het kanaal beter, dan deze techniek volgens het onderzoek van Dulac et al.³².

Het stift gedragen systeem bevat een plastic of metalen stift die bekleed is met guttapercha. De stift is de drager van voor het guttapercha. De juiste maat van de stift wordt gekozen aan de hand van een passtift. Voor plaatsing wordt de stift in een speciale oven verwarmd, zodat het guttapercha plastisch wordt. Nadat de stift in het kanaal is geplaatst wordt de stift net boven de kanaalingang afgebroken en wordt het guttapercha met koude pluggers aangeduwd. In kromme kanalen bestaat er de kans dat het guttapercha in de kromming van de stift wordt geschoven en alleen de metalen of plastic kern wordt gecementeerd.⁵¹ Deze techniek geeft volgens het onderzoek van Jarrett et al.³⁶ een betere opvulling van het kanaal met guttapercha dan de koude laterale compactietechniek.

Bij de thermomechanische compactie techniek wordt het guttapercha plastisch gemaakt door de wrijvingswarmte die vrij komt van een snel ronddraaiend instrument. Een voorbeeld van een zogenaamde compactor is de Guttacondensator (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland). Door dit instrument rechtsom te draaien wordt het guttapercha verwarmd en tegelijkertijd het kanaal ingedraaid. Volgens het onderzoek van Wong et al.⁵² geeft deze techniek een betere opvulling van het kanaal met guttapercha dan de koude laterale compactietechniek, maar een slechtere opvulling vergeleken met de warme verticale condensatietechniek. Een nadeel van deze techniek is dat deze moeilijk aan te leren is volgens Thoden van Velzen et al.⁵³, onervaren behandelaren krijgen vaak doorgeperste vullingen, instrumentbreuk, geen compacte vulling en perforatie van het foramen apicale. Het guttapercha gehalte op vijf millimeter van de apex is bij deze techniek ongeveer gelijk aan die van bij de 'continuous wave' obturatietechniek en die van bij de warme verticale condensatietechniek en is significant hoger dan bij de koude laterale compactietechniek volgens de onderzoeken van De-Deus et al.³³ en Jarrett et al.³⁶.

Wortelkanalen die gevuld zijn met thermoplastisch guttapercha hebben betere adaptatie aan de wand en betere opvulling van laterale kanalen vergeleken met de koude laterale compactie.^{32-33, 43,50, 54-55} Maar ook met deze technieken is geen hermetische afsluiting te krijgen en blijft lekkage van micro-organismen en microbiële bijproducten mogelijk.⁵⁶ Daarom worden er nog steeds nieuwe technieken en materialen ontwikkeld om een betere afsluiting te bewerkstelligen. Een voorbeeld is een nieuw apparaat van het bedrijf Endo Ingenuity. Endo Ingenuity, afgekort EI, is een dochterbedrijf van Hu-Friedy, dat dentale instrumenten fabriceert. Recent is de EI Downpak geïntroduceerd. (Figuur 1) Het is een vulapparaat dat is ontworpen voor de warme verticale condensatietechniek, waarbij naast hitte ook vibratie aan de plugger toegevoegd kunnen worden. De EI Downpak beoogt hiermee een

te meten die helemaal van coronaal naar apicaal lopen. Een voordeel van deze test is dat het eventuele lekkageproces gevolgd en gemeten kan worden in de tijd.⁵⁸

Doordat er enkel lege ruimtes gemeten kunnen worden die helemaal van coronaal naar apicaal lopen en bovendien grote verschillen in lekkagemetingen bestaan tussen verschillende in-vitro onderzoeken met dezelfde onderzoeksopzet, is de klinische relevantie van deze testen niet heel groot. Een andere manier om de kwaliteit van een wortelkanaalvulling te beoordelen is de kwantiteit van het vulmateriaal in het wortelkanaal bepalen. Dit kan door röntgenfoto's van de afgevlude kanalen te maken en de opaciteit van de vullingen te beoordelen. Daarmee kan er iets gezegd worden betreffende de homogeniteit van het vulmateriaal en de eventueel niet opgevlude ruimtes.

Een andere manier om de kwantiteit van het vulmateriaal te bepalen is het bepalen van het gehalte guttapercha in een horizontale dwarsdoorsnede van de radices. De verhouding oppervlakte guttapercha ten opzichte van het oppervlak geprepareerd wortelkanaal vermenigvuldigt met honderd procent, wordt de PGP-waarde genoemd (percentage guttapercha).

Doelstelling onderzoek

Tijdens dit onderzoek zal beoordeeld worden of het gebruik van vibratie in het wortelkanaal daadwerkelijk een gunstig effect heeft op de vloeit van guttapercha naar het apicale gedeelte en daardoor een volledige afsluiting van het wortelkanaal bereikt wordt. Om dit te bepalen is een ex-vivo studie gedaan, waarbij mesiale radices van geëxtraheerde ondermolaren zijn gebruikt. De warme verticale condensatie techniek met vibratie zal vergeleken worden met de warme verticale condensatie techniek zonder vibratie en de koude laterale compactie techniek. Door de kwantiteit guttapercha te bepalen aan de hand van de PGP-waarde, kan de kwaliteit van een vulmethode worden beoordeeld en kunnen de verschillende vulmethoden met elkaar vergeleken worden. Op deze manier kan de belofte van de fabrikant gecontroleerd worden. De PGP-waarde zal op drie niveaus in het wortelkanaal bepaald worden.

Vraagstelling

Heeft het toedienen van vibraties tijdens de warme verticale condensatie techniek een positief effect, oftewel een verhogend effect, op het percentage guttapercha in gestandaardiseerde geprepareerde mesiale wortelkanalen van ondermolaren in vergelijking met de warme verticale condensatie techniek en koude laterale compactie techniek?

Hypothese a: H_0 :

Er is geen verschil in PGP-waarde op verschillende niveaus van het wortelkanaal tussen de verschillende vultechnieken:

- koude laterale compactietechniek
- warme verticale condensatietechniek
- warme verticale condensatietechniek met vibratie.

Hypothese b: H_0 :

Er is geen verschil in PGP-waarde binnen de groepen op de verschillende niveaus:

- twee millimeter
- viereneenhalf millimeter
- zeven millimeter.

II Materiaal en methoden

Voor dit onderzoek werden tweeëndertig eerste molaren uit de onderkaak verzameld. Er werd gekeken naar de beiden mesiale kanalen en om de variatie van de wortelkanalen zo klein mogelijk te houden moesten de molaren aan een aantal criteria voldoen, namelijk:

- de elementen mochten niet al een endodontische behandeling hebben ondergaan,
- de apices moesten volledig volgroeid zijn,
- mesiaal moesten er twee wortelkanalen aanwezig zijn,
- wortelkanaal configuratie type IV of V volgens Vertucci.⁶²
- de kanaaldimensies moesten kleiner zijn dan 30 0.06, vijl 30 0.06 mocht er niet in passen,
- de curvatuur van de wortelkanalen diende binnen twintig graden te vallen volgens de methode van Pruett.⁶³

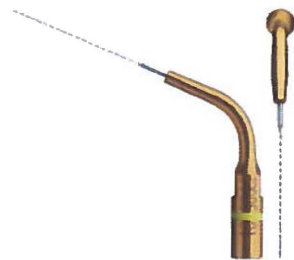
De elementen werden bewaard in een oplossing van water en alcohol, verhouding drie op één. Op een gestandaardiseerde manier werden de elementen endodontisch geopend. Als eerste werd een cilindrische diamantboor $\varnothing 012$ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland) in een airrotor (Super torque LUX 655B, KaVo Dental GmbH, Biberach, Duitsland) gebruikt en daarna een hardstalen excavatorboor $\varnothing 012$ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland) in een groen hoekstuk (INTRAMatic LUX 2 29LN, KaVo Dental GmbH, Biberach, Duitsland). Als laatste werd het pulpadak verwijderd met een hardstalen endoboor (ENDO-Z, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland) in een airrotor. Na een endodontische opening werden de kanalen handmatig gevijld met vijl 10 (K-file Colorinox 25mm, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland), 15 en 20 (K-flexofile Colorinox 25 mm, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland) volgens de 'balanced force' techniek.⁶⁴ Daarna werd roterend instrumentarium gebruikt. Er werd gebruik gemaakt van VDW Silver Motor (180gcm, 500rpm) (VDW Endodontic Synergy, München, Duitsland). (Figuur 2) De vijlen die gebruikt waren zijn NiTi PRE-RaCe en RaCe vijlen (FKG Dentaire, La Chau-de-Fonds, Zwitserland). De preparatiedimensie is ISO-dikte 30 met een taper van zes procent, oftewel 30 0.06. Bij deze dimensie kan met een 27 gauge naald het debris goed worden weggespoeld.⁶⁵ Om deze preparatiedimensie te bereiken werd er eerst coronaal geprepareerd met PRE-RaCe 40 0.10 en 35 0.08, dit betrof het eerste één derde deel van het kanaal of het deel tot de kromming. Daarna werd er geprepareerd in de volgende volgorde van vijlen: 25 0.06, 25 0.04, 30 0.06, 30 0.04 en als laatste weer 30 0.06. De werklengte was één millimeter vanaf het foramen apicale. Dit werd bepaald door een vijl 10 of 15 in het kanaal te brengen totdat deze net zichtbaar werd bij het foramen apicale. Deze gemeten lengte minus één millimeter werd de uiteindelijke werklengte. Tijdens het prepareren werden de kanalen gereinigd met 2,5% natriumhypochloriet (NaOCl) (Dentreck, Zoetermeer, Nederland) in een injectiespuit (Omnifix 10 ml Luer Loch Solo, B/Braun, Melsungen, Duitsland) met een naald van 27 gauge (Monoject, Kendall Tyco Healthcare, Gosport, Groot-Brittannië). Na elke vijl werd er met twee milliliter NaOCl gespoeld. Daarna werden alle kanalen gedurende drie keer twintig seconden gespoeld met NaOCl door middel van passieve ultrasone irrigatie op één millimeter van de werklengte (P- Max Newtron Lux, kleur geel stand 7, Satelec Acteongroup, Merignac cedex, Frankrijk). (Figuur 3) Als ultrasone naald werd Irrisafe gebruikt, dikte ISO 25 en lengte 25mm (Satelec Acteongroup, Merignac cedex, Frankrijk). (Figuur 4) Om de smeerlaag te verwijderen werd vervolgens één minuut EDTA (ethyleen-diamine-tetra-acetaat) (Speiko Dr. Speier GmbH, Münster, Duitsland) in een oplossing van zeventien procent in de kanalen gebracht waarna dit met tien milliliter 2,5% NaOCl werd uitgespoeld. Vervolgens werden de kanalen gedroogd met paperpoints (Dentsply Maillefer, Parijs, Frankrijk) voordat de kanalen gevuld werden volgens de te onderzoeken vulmethoden.



Figuur 2. VDW Silver Motor



Figuur 3. P- Max Newtron.



Figuur 4. Irrisafe irrigatienaalden.

De elementen werden willekeurig in drie onderzoeksgroepen gedeeld. Twee overgebleven elementen werden bij groep drie geplaatst. Bij elke onderzoeksgroep werden op een andere manier de mesiale wortelkanalen gevuld. Bij alle drie de groepen was het vulmateriaal guttapercha en het wortelkanaalcement AH26 (silverfree, Dentsply DeTrey, Konstanz, Duitsland). Het wortelkanaalcement werd aangemaakt volgens de instructies van de fabrikant. Door de hoofdstift met cement in te smeren, werd het cement op de kanaalwanden aangebracht. Passend bij de kanaaldimensie 30 0.06 is guttaperchastift 30 gekozen als hoofdstift in alle drie de groepen (β -guttapercha, ISO 030 120, Gutta-Percha Points Color-coded, Dentsply Maillefer, Montigny Le Bretonneux, Frankrijk). De diameter van elke hoofdstift is opgemeten (Gauge voor Gutta-Percha-Pionts, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland), omdat deze ongeveer 0,04 mm afkunnen wijken van de ISO standaard.

Bij de eerste groep (n=10) werden de mesiale kanalen gevuld door middel van de koude laterale compactie techniek. Met behulp van een spreader (B, 25mm, NiTi Tapered finger spreader, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland) werd er naast de hoofdstift ruimte gemaakt voor de secundaire guttaperchastiften (β -guttapercha, ISO 020 120, Gutta-Percha Points Color-coded, Dentsply Maillefer, Montigny Le Bretonneux, Frankrijk). De spreader werd zo ver mogelijk naar apicaal geplaatst om maximale compactie te krijgen. Er zijn dusdanig veel secundaire stiften geplaatst, dat de spreader niet dieper dan één tot twee millimeter voorbij de pulpabodem kwam. Dit betekende in de meeste gevallen dat er vier secundaire guttapercha stiften geplaatst werden. De guttapercha werd ter hoogte van de kanaalingangen verwijderd met behulp van een verhit modelleerinstrument (PK Thomas, Renfert, Hilzingen, Duitsland). Daarna werd de guttapercha gecondenseerd zonder warmte toe te voegen door middel van een plugger (Dr. Machtou 1/2, 0,5/0,6mm, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland).

Bij groep twee (n=10) werden de kanalen de eerste vier millimeter van de werk lengte, gerekend vanaf apicaal, gevuld met de warme verticale condensatie techniek. Er werd gebruik gemaakt van de EI Downpak (EI, a Hu-Friedy company, Hu-Friedy Mfg. Co. Inc., Leimen, Duitsland) zonder de vibreerfunctie op 220°C en van de Downpak Tip Plugger XF (NiTi) ISO 030 0.02 (EI, a Hu-Friedy company, Hu-Friedy Mfg. Co. Inc., Leimen, Duitsland). Deze tip liep niet aan op de kanaalwanden op vier millimeter hoogte. De verhitte tip werd in het kanaal op vier millimeter geplaatst, waarna het apparaat werd uitgezet en de tip tien seconden op de plek werd gehouden, waarbij er lichte verticale druk werd uitgeoefend (pendruk). Daarna werd het apparaat één seconde weer aangezet en werd de tip uit het kanaal gehaald. Daarna werd het guttapercha gecondenseerd zonder warmte toe te voegen door middel van een plugger (Dr. Machtou 1/2, 0,5/0,6mm, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Zwitserland). Coronaal van de warme verticale condensatie techniek werden de wortelkanalen in één geheel opgevuld met warme guttapercha met behulp van de injectietechniek. Hiervoor werd een Beefill obturation backfill device (VDW Endodontic Synergy, München, Duitsland) (Figuur 5) op 200°C gebruikt met guttapercha cartridges (α -guttapercha, VDW Endodontics Synergy Beefill, München, Duitsland).

Bij groep drie (n=12) werden de kanalen gevuld door middel van de warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie van de EI Downpak op 220°C. Er werd dezelfde tip gebruikt als bij groep twee. Net als bij groep twee werd de plugger tot op vier millimeter van de werk lengte aangebracht. Het guttapercha werd dus tot op deze diepte verwijderd. Ook bij deze groep werd coronaal hiervan de rest van het kanaal opgevuld met behulp van de warme guttapercha injectietechniek.



Figuur 5. Beefill obturation backfill device

Nadat de kanalen waren gevuld, werden de molaren ingebed in transparante kunststof op basis van PMMA (polymethylmethacrylaat) (AutoPlast AP Cold, Candulor AG, Wangen, Zwitserland). Het malletje hiervoor was gemaakt van een doubleermateriaal (Dublisil 30, Dreve Dentamid, Unna, Duitsland). De ingebedde elementen werden vier weken in water bewaard op kamertemperatuur. Daarna werden er coupes gemaakt met een diamantschijf in een slijpmachine (Instrumentenmakerij UMCG sector F, Oriental motor speed control unit AXUD90CY, Vexta, Oriental Motor GmbH, Düsseldorf, Duitsland) onder constante koeling van water. De draaisnelheid van de diamantschijf was zo laag dat het guttapercha niet kon smelten. De coupes werden loodrecht op de wortels gemaakt. De diamantschijf was een halve millimeter dik. De afstand die de slijpmachine aflegde tussen de coupes was twee millimeter. Dat maakt dat er doorsneden zijn gemaakt op hoogtes twee, viereneenhalf en zeven millimeter, gerekend vanaf het foramen apicale.

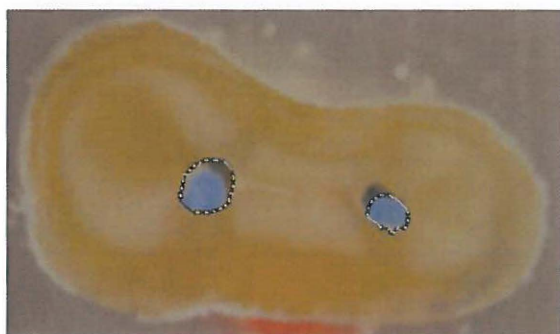
Van deze coupes werd aan de coronale zijde met een digitale camera met automatische instellingen (Canon EOS 30D, Tokio, Japan)(Canon Macro lens EF 100mm 1:8.2 USM)(Canon Macro ringflitser MR.14 EX) in een statief een foto gemaakt, met vergrotingsfactor één. (Figuur 6) De foto's zijn als JPG-bestanden opgeslagen en omgezet naar TIFF-bestanden (Tagged Image File Format) met een photoshop-programma (Adobe Photoshop CS, San José, Verenigde Staten).



Figuur 6. Digitale fotocamera in statief.

Om het percentage van het kanaal dat gevuld is met guttapercha in de desbetreffende coupe te berekenen hebben twee personen de foto's geanalyseerd. Één beoordelaar heeft dit blind uitgevoerd. Er is gebruik gemaakt van het computerprogramma Scion Image (Scion Corporation, www.scioncorp.com) voor Windows XP en MacOSX 15.6. Door middel van een foto van een liniaal zijn de metingen geïjkt en konden het aantal pixels omgerekend worden naar millimeters. De oppervlakten van het kanaal en van het gevulde gedeelte van het kanaal werden opgemeten. (Figuur 7) Het wortelkanaalcement is niet gemeten, dit was door duidelijk kleurverschil te onderscheiden. De oppervlaktemetingen van de twee mesiale kanalen werden vervolgens bij elkaar opgeteld. Het percentage van het geprepareerde gedeelte dat gevuld was met guttapercha is het gehalte guttapercha voor de desbetreffende coupe.

$$PGP = 100 * \left(\frac{\text{oppervlakte gevulde gedeelte}}{\text{oppervlakte geprepareerde gedeelte}} \right)$$



Figuur 7. Links: oppervlaktebepaling van het kanaal. Rechts: oppervlaktebepaling van het gevulde gedeelte van het kanaal. Dit is een coupe gemaakt op viereneenhalf millimeter en de kanalen zijn gevuld met de warme verticale condensatie techniek.

De metingen van de twee personen zijn gemiddeld en met deze percentages zijn statistische berekeningen uitgevoerd in het programma Statistica 7.0 (Statsoft, Inc 1984-2004, Tulsa, Verenigde Staten). Er is gekeken of de waarden normaal verdeeld waren met de Kolmogorov-Smirnov and Sapiro-Wilk test, maar dat bleek niet zo te zijn. Daarom is er gekozen voor een non-parametrische test, waarbij er meer dan twee onafhankelijke groepen zijn. Dit is de Kruskal-Wallis test. Als kritisch significantieniveau een α van 0.05 gebruikt, dus $\alpha=0.05$.

III Resultaten

Binnen groep één was geen significant verschil in de PGP-waarden ($P= 0.0830$). Binnen groep twee was er wel significant verschil in de PGP-waarden. De groepen van hoogtes twee en zeven millimeter verschilden significant van elkaar ($P= 0.0003$) en ook de groepen van viereneenhalf en zeven millimeter ($P= 0.0412$). (Tabel 1) Binnen groep drie was er geen significant verschil in PGP-waarden ($P= 0.0543$), echter is er wel een trend tussen de hoogtes twee en zeven millimeter. (Tabel 2) In groep 3 is op elke hoogte minimaal één keer een 100% vulgraad gehaald. (Tabel 3)

Groep elementen gevuld met de warme verticale condensatie techniek. Variabele: hoogte. Kruskal-Wallis test: $H(2, N=30) = 15,31924$ $p = .0005$ $\alpha = 0.05$			
	2 mm	4,5 mm	7 mm
2 mm		0.487239	0.000339
4,5 mm	0.487239		0.041242
7 mm	0.000339	0.041242	

Tabel 1.

Groep elementen gevuld met de warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie. Variabele: hoogte. Kruskal-Wallis test: $H(2, N=36) = 5,827312$ $p = .0543$ $\alpha = 0.05$			
	2 mm	4,5 mm	7 mm
2 mm		0.506839	0.048857
4,5 mm	0.506839		0.913467
7 mm	0.048857	0.913467	

Tabel 2.

	Groep 1 [min-max]	Groep 2 [min-max]	Groep 3 [min-max]
2 mm	68 [43-89]	80 [67-98]	79 [53-100]
4,5 mm	80 [45-93]	87 [77-94]	86 [40-100]
7 mm	75 [54-84]	96 [86-100]	95 [78-100]

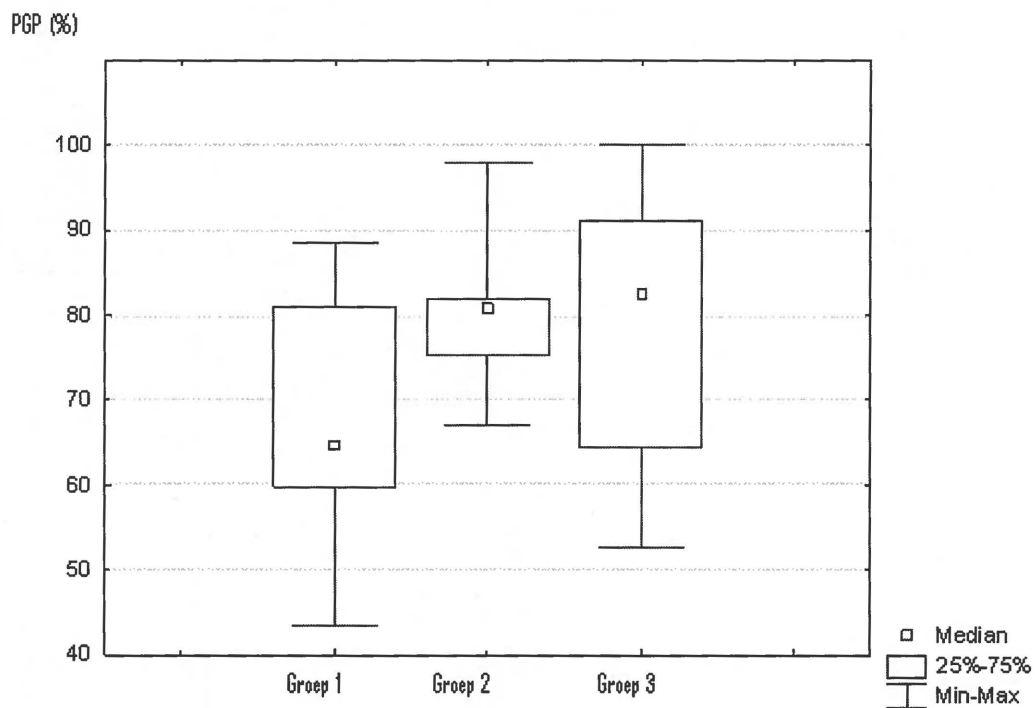
Tabel 3. Gemiddelde PGP-waarden en de hoogste en laagste metingen (%).

Hoewel de gemiddelde PGP-waarden op alle drie de hoogtes in groep één lager zijn dan bij de andere twee groepen, zijn er tussen de drie verschillende vulmethoden geen significante verschillen tussen de coupes op hoogte van twee en viereneenhalf millimeter ($P= 0.1364$ en $P= 0.2110$). (Tabel 4) (Figuur 8) (Tabel 5) (Figuur 9) Er was wel een significant verschil bij de coupes op hoogte van zeven millimeter tussen groep één en groep twee ($P= 0.0002$) en tussen groep één en groep drie ($P= 0.0015$). Op deze hoogte wordt de koude laterale compactietechniek vergeleken met de guttapercha injectietechniek.

Twee millimeter.
 Variabele: vulmethode.
 Kruskal-Wallis test: $H(2, N=32) = 3,984091$ $p = .1364$ $\alpha = 0.05$

	Koude laterale compactie	Warme verticale condensatie	Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie
Koude laterale compactie		0.233244	0.257468
Warme verticale condensatie	0.233244		1.000000
Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie	0.257468	1.000000	

Tabel 4.



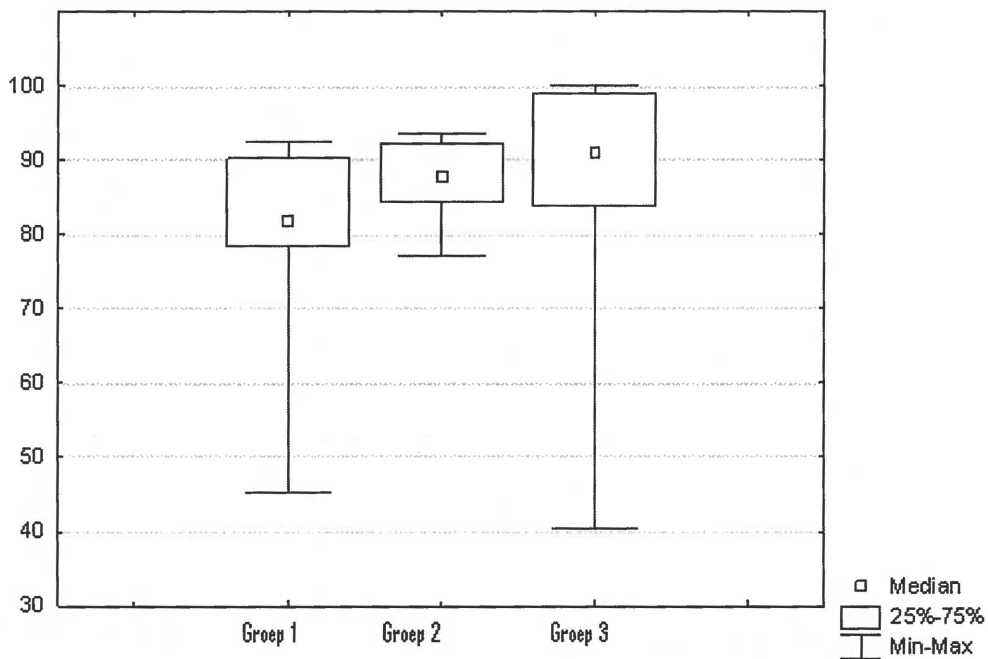
Figuur 8. Boxplot. Groep coupes op hoogte van twee millimeter.

Viereneenhalf millimeter.
 Variabele: vulmethode.
 Kruskal-Wallis test: $H(2, N=32) = 3,111745$ $p = .2110$ $\alpha = 0.05$

	Koude laterale compactie	Warme verticale condensatie	Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie
Koude laterale compactie		0.787734	0.241962
Warme verticale condensatie	0.787734		1.000000
Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie	0.241962	1.000000	

Tabel 5.

PGP (%)



Figuur 9. Boxplot. Groep coupes op hoogte van viereneenhalf millimeter.

IV Discussie

De PGP-waarden

Door de hoeveelheid guttapercha, oftewel de PGP-waarde, te bepalen kan de kwaliteit van een vulmethode worden beoordeeld en kunnen de verschillende vulmethoden met elkaar vergeleken worden. Deze studie heeft onderzocht of het toedienen van vibraties tijdens de warme verticale condensatie techniek een positief effect heeft op het percentage guttapercha in vergelijking met de warme verticale condensatie techniek en koude laterale compactie techniek. Er is in dit onderzoek gekozen om op drie afstanden van het foramen apicale coupes te vervaardigen en hiervan aan de coronale zijde de PGP-waarde te meten. Het is noodzakelijk om op verschillende afstanden van de wortelpunt de PGP-waarde te bepalen, omdat de vorm van het wortelkanaal varieert binnen het wortelkanaal (ovaal naar rond).

Aangezien het verschil tussen de niveaus bij groep twee een significant verschil gaf (dus een hogere vulgraad op hoogte van zeven millimeter dan op hoogtes twee en viereneenhalf millimeter), en bij groep drie dit niet het geval was (dus geen significant verschil tussen de drie niveaus), kan er misschien toch geconcludeerd worden dat vibratie een positieve invloed heeft op de PGP-waarde. Daarnaast heeft de groep gevuld met de warme verticale condensatie in combinatie met de vibreerfunctie op elke hoogte minimaal één keer een 100% vulgraad gehaald, in tegenstelling tot de andere vulmethoden die dat niet haalden. Echter deze vulgraad werd niet achtereenvolgend op verschillende hoogtes in hetzelfde kanaal gevonden. De cementlaag was in deze coupes niet zichtbaar, kennelijk was hier het cement weggedrukt door het condenseren van het guttapercha.²⁶ (Figuur 10)



Figuur 10. Een 100% vulgraad in een coupe op hoogte van viereneenhalf millimeter waarbij de kanalen gevuld zijn met de warme verticale condensatietechniek met de vibreerfunctie.

De resultaten van dit onderzoek zijn verrassend. Er werd verwacht dat de warme verticale condensatie techniek met vibratie een significant hogere PGP-waarde zou hebben dan groep één en twee, gezien de beloften van de fabrikant dat door de combinatie hitte en vibratie de vloeï van het guttapercha verbeterd zou worden. Daarnaast werd er ook verwacht dat de koude laterale compactietechniek een significant lagere PGP-waarde zou hebben, omdat uit eerder onderzoek blijkt dat de koude laterale compactie techniek lagere PGP-waardes haalt dan de warme vulmethoden.³²⁻³⁶

In deze studie was er geen significant verschil in PGP-waarde tussen de verschillende hoogtes van doorsnede in de groep gevuld met de koude laterale compactietechniek. Het onderzoek van Jarrett et al.³⁶ heeft ongeveer een gelijke onderzoeksopzet als deze studie en bekijkt dwarsdoorsneden op twee en vier millimeter, de kanaaldimensie in dat onderzoek is 60 0.04. Ook hier wordt geen significant verschil gevonden in PGP-waarde tussen de verschillende hoogtes. De gemiddelde PGP-waarde bij de koude laterale compactietechniek is daar 93,8%, Gençoglu et al.⁶⁶ rapporteerde een gemiddelde PGP-waarde van 81,2% en Wu et al.⁴³ een gemiddelde van 93,6% op twee en vier millimeter. Deze gemiddelden zijn veel hoger dan het

gemiddelde in deze studie, deze is 74,3%. Het verschil kan komen omdat in dit onderzoek ook gebruik is gemaakt van gekromde mesiale kanalen in plaats van alleen rechte kanalen. Rechte kanalen zijn makkelijker te vullen, en dat beïnvloedt de PGP-waarde. Daarnaast is in dit onderzoek gebruik gemaakt van een NiTi-spreader in plaats van een RVS-spreader, daardoor zou er misschien minder kracht gezet zijn bij het plaatsen van de spreader, waardoor er minder secundaire guttaperchastiften geplaatst konden worden. Ook is het mogelijk dat de PGP-waarde beïnvloed is door een gebrek aan ervaring van de operateur, dit is immers een student Tandheelkunde. (Figuur 11) Het onderzoek van De-Deus et al.³³ heeft enkel ovale kanalen bekeken en heeft een gemiddelde PGP-waarde van ongeveer 51%. Wu et al.⁶⁷ keek ook naar ovale kanalen maar rekende ook de cementlaag mee, zij rapporteerde een gemiddelde van 90,1%. Er is een grote spreiding van waarden binnen groep één. In het onderzoek van Wu et al.⁴³ wordt ook een grote spreiding van PGP-waarden, 70%-100%, gevonden in de groep gevuld met de koude laterale compactie. De reden hiervan wordt toegeschreven aan het onregelmatige wortelkanaaloppervlak en aan de uitvoering van de operateur. Deze redenen gelden ook voor dit onderzoek.



Figuur 11. Coupe op hoogte van viereneenhalf millimeter waarbij de kanalen gevuld zijn met de koude laterale compactietechniek.

Binnen de groep elementen die gevuld waren met de warme verticale condensatie was er significant verschil in de PGP-waarden tussen de coupes van hoogtes twee en zeven millimeter en de coupes van viereneenhalf en zeven millimeter. De coupes op zeven millimeter hebben een hogere PGP-waarde, omdat op deze hoogte gebruik is gemaakt van de guttapercha injectietechniek. De gemiddelde PGP-waarde in de groep gevuld met de warme verticale condensatie betreft dan alleen hoogtes twee en viereneenhalf en is 83,7%. In deze studie is de gemiddelde PGP-waarde in de groep gevuld met de warme verticale condensatie techniek ook lager vergeleken met andere studies. De reden hiervoor zou ook hier gebrek aan ervaring van de operateur kunnen zijn. De gemiddelde PGP-waarde bij Jarrett et al.³⁶ is 91,9%. In dat onderzoek was het System B apparaat ingesteld op 230°C en de plugger werd 3-4 millimeter van de werklengete gehouden. Bij Gençoglu et al.⁶⁶ die ook System B gebruikte, was de gemiddelde PGP-waarde 86,7%. De-Deus et al.³³ gebruikte ook System B in ovale kanalen en had een gemiddelde PGP-waarde van ongeveer 72%. Wu et al.⁴³ gebruikte niet de 'continuous wave' techniek, maar de warme verticale condensatie volgens Schilder³⁷. Er werd gebruik gemaakt van een Touch 'n Heat apparaat en verschillende pluggers en de gemiddelde PGP-waarde was 96,9%. Het onderzoek van Wu et al.⁶⁷ gebruikte ook Touch 'n Heat apparaat op stand tien voor vier seconden. Inclusief de cementlaag rapporteerden de auteurs een gemiddelde PGP-waarde van 96,2% in ovale kanalen, echter de diepte van de plugger wordt niet genoemd. Het onderzoek van Wu et al.⁴⁴ gebruikte ook Touch 'n Heat apparaat op stand tien voor vier seconden en de plugger kwam tot vier millimeter van het foramen apicale en de gemiddelde PGP-waarde van 87,0%.

Het ongepubliceerde onderzoek van Wu et al.⁶⁸ heeft de EndoTwinn gebruikt om de warme verticale condensatie techniek en de warme verticale condensatie techniek met vibratie met elkaar te vergelijken op PGP-waarde. De gemiddelde PGP-waarden zijn respectievelijk 77,4% en 88,4%. De verschillen in PGP-waarden met andere onderzoeken wordt toegeschreven aan het gebruik van ondermolaren met gekromde radices. De auteurs schrijven dat hoge PGP-waarden altijd gerelateerd zijn aan rechte kanalen. De proefopzet was echter niet voldoende valide (geen randomisatie, geen blinding, selectiebias, resultaten zijn niet onderworpen aan statistische testen e.d.), zodat er zeer kritisch gekeken moet worden naar de gevonden resultaten. Het onderzoek is enkel ook door de fabrikant gebruikt voor reclame- doeleinden. Het onderzoek van Pagavino et al.⁶⁹ vergeleek ook de warme verticale condensatie techniek met en zonder vibreerfunctie. Er werd gebruik gemaakt EndoTwinn in gesimuleerde kromme kanalen die een taper hadden van 0.08 en 0.04. Op 1,25 millimeter van de werk lengte was de PGP-waarde significant hoger wanneer de vibreerfunctie was gebruikt.

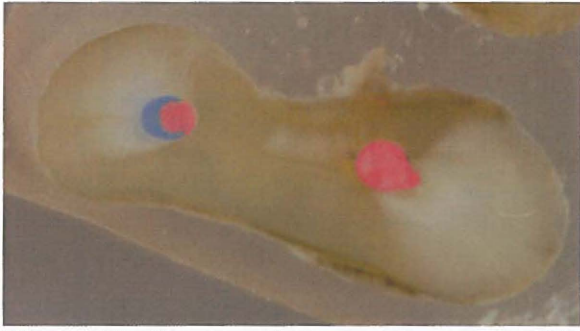
Tussen de drie verschillende vulmethoden in dit onderzoek was er geen significant verschil in PGP-waarde bij de coupes op hoogte van twee millimeter. Dit komt overeen met de onderzoeken van Jarrett et al.³⁶ en Wu et al.⁴³, die ook doorsneden hadden gemaakt op twee millimeter. Op viereneenhalf millimeter was er in dit onderzoek ook geen significant verschil tussen de verschillende vulmethoden. Het onderzoek van Jarrett et al.³⁶ had doorsneden op vier millimeter en op deze hoogte was er ook geen significant verschil in PGP-waarde. Het onderzoek van Wu et al.⁴³ had op vier millimeter wel een significant verschil, de warme verticale condensatietechniek had een hogere PGP-waarde.

In de apicale vijf millimeter van menselijke tanden komen lange ovale kanalen veel voor en in de meeste gevallen wordt de lange diameter kleiner naar apicaal toe.⁷⁰ Dat zou kunnen verklaren waarom er geen significant verschil is tussen de koude laterale compactietechniek en de andere twee vultechnieken op hoogte van twee millimeter. De koude laterale compactietechniek heeft namelijk een hogere PGP-waarde in ronde kanalen, dan in ovale kanalen.⁴³ (Figuur 12)



Figuur 12. Coupe op hoogte van twee millimeter waarbij de kanalen gevuld zijn met de koude laterale compactietechniek.

In dit onderzoek was er een significant verschil bij de coupes op hoogte van zeven millimeter tussen groep één en groep twee en tussen groep één en groep drie. Op deze hoogte wordt de koude laterale compactietechniek vergeleken met de guttapercha injectietechniek. (Figuur 13) De groep gevuld met de koude laterale compactie had lagere PGP-waardes omdat het guttapercha minder homogeen was dan het guttapercha aangebracht met de injectietechniek.



Figuur 13. Coupe op hoogte van zeven millimeter waarbij de kanalen gevuld zijn met de warme verticale condensatietechniek.

Uitvoering van dit onderzoek

De mesiale kanalen van de eerste ondermolaren zijn in dit onderzoek gebruikt, omdat hiervan bekend is dat deze een complexe configuratie hebben. Zo kon er ook gekeken worden of onregelmatigheden in het wortelkanaaloppervlak gevuld werden. In ondermolaren komen verbindingen tussen de twee mesiale kanalen het meeste voor in het middelste één derde van de kanalen en laterale kanalen in het apicale één derde deel.⁷¹ De meeste anatomische variaties en onregelmatigheden komen voor op vier millimeter van de apex.⁷² Het voorkomen van verbindingen tussen de mesiale kanalen is het hoogst bij elementen van patiënten tussen de 30 en 40 jaar.⁷¹ Dit komt omdat de mesiale kanalen in het begin van de ontwikkeling één groot kanaal zijn en naar mate het element ouder wordt zullen er door secundaire dentine afzettingen bifurcaties ontstaan en zal er steeds minder communicatie mogelijk zijn tussen de beide kanalen.⁷³ In dit onderzoek was er in één coupe op hoogte van twee millimeter in groep twee één groot kanaal, kennelijk had deze molaar een type III configuratie volgens Vertucci.⁶² Bij deze coupe is de oppervlaktemeting wel meegerekend, omdat per coupe de twee oppervlaktemetingen van de mesiale kanalen bij elkaar werden opgeteld.

Door de complexe anatomie hebben de kanalen verschillende vormen in de dwarsdoorsneden. Niet alle delen van het wortelkanaalstelsel zijn te bereiken met instrumentarium en vulmaterialen, omdat er een ronde preparatie gemaakt wordt. Bij bijvoorbeeld een ovale vorm van het kanaal blijven dan twee zijanten van de preparatie ongeprepareerd. Daar kan er debris blijven zitten, dat het vulmateriaal ervan weerhoudt om tegen de wanden aan te liggen.⁷⁴ Door te spoelen met natriumhypochloriet (NaOCl) kan er debris worden weggespoeld. Door passieve ultrasone irrigatie wordt het spoeeffect vergroot, omdat er microstroming en cavitatie ontstaat. Daarnaast heeft passieve ultrasone irrigatie een positieve invloed op de werking van NaOCl, doordat het weefseloplossende vermogen en de antibacteriële werking van NaOCl worden verhoogd.⁷⁵ Over de irrigatietijd en de hoeveelheid NaOCl is nog niet genoeg onderzoek gedaan.⁷⁶ Van der Sluis⁷⁷ heeft een protocol opgezet voor ultrasone irrigatie, dit is gebaseerd op nog niet gepubliceerde onderzoeken. In dit onderzoek is er voor gekozen om dit protocol te volgen. Er werd drie keer twintig seconden per kanaal gespoeld, waarbij elke keer het NaOCl werd ververs, om ervoor te zorgen dat er steeds voldoende NaOCl in het wortelkanaal aanwezig was, omdat door de ultrasone activatie NaOCl ook verdampte. Ondanks de passieve ultrasone irrigatie is het in dit onderzoek niet gelukt om uit alle kanalen het debris te verwijderen, daardoor heeft het vulmateriaal niet tegen de wanden van het kanaal kunnen aanliggen. (Figuur 14) Dit zou kunnen komen doordat de irrigatiemaat onopgemerkt niet de mogelijkheid heeft gehad om vrij te bewegen in het kanaal. In dat geval zou de microstroming minder intens zijn geweest.⁷⁸⁻⁷⁹



Figuur 14. Coupe op hoogte van viereneenhalf millimeter waarbij de kanalen gevuld zijn met de warme verticale condensatietechniek.

Na instrumentatie van het wortelkanaal blijft er een smeerlaag achter op de kanaalwanden. Dit bestaat uit dentineslijpsel en bacteriën in organisch en anorganisch materiaal. Uit lekkagetesten blijkt dat het verwijderen van de smeerlaag een gunstig effect heeft op de afsluitbaarheid van het kanaal, omdat het vulmateriaal dan beter kan adapteren aan de kanaalwanden.⁸⁰ Natriumhypochloriet lost enkel organisch materiaal op. Ethyleen-diamine-tetra-acetaat (EDTA) wordt gebruikt om het anorganische component op te lossen. Er is gekozen om 17% EDTA één minuut in te laten werken naar aanleiding van het onderzoek van Saito et al.⁸¹. Voordat de kanalen gevuld konden worden werden deze voor een laatste keer doorgespoeld met tien milliliter 2,5% NaOCl om het organische deel van de smeerlaag te verwijderen. Deze hoeveelheid is in overeenstemming met het onderzoek van Şen et al.⁸².

De gemiddelde PGP-waarden op twee millimeter van de groep gevuld met de warme verticale condensatie en de groep gevuld met de warme verticale condensatie in combinatie met de vibreerfunctie zijn lager dan die van viereneenhalf en zeven millimeter. Dit komt waarschijnlijk omdat het guttapercha in het apicale deel niet genoeg werd verwarmd en hier eigenlijk als een single-conetechniek fungeerde net als in het onderzoek van Wu et al.⁴³. De warme verticale condensatie zoals deze in dit onderzoek is gebruikt is de 'continuous wave' techniek. Bij deze techniek zou in theorie het guttapercha apicaal van de plugger plastisch moeten worden. Deze techniek zou dus zeer geschikt zijn om onregelmatigheden in het kanaaloppervlakte op te vullen doordat er vloeï optreedt van het plastische guttapercha en doordat er expansie optreedt omdat de verwarming moleculestructuurveranderingen veroorzaakt. De PGP-waarde zou dus tegen de honderd procent moeten liggen. Het is echter de vraag of de verwarming van het guttapercha ook dusdanig is dat er een fase verandering van het guttapercha optreedt apicaal van de plugger. Venturi et al.⁸³ constateerde in hun onderzoek dat het guttapercha dicht bij de apex niet warmer wordt dan lichaamstemperatuur wanneer de plugger van een Sytem B apparaat op anderhalve millimeter van de apex of twee millimeter van de glazuur-cementgrens wordt geplaatst. Zij constateerden ook maar minimale veranderingen in temperatuur op het buitenoppervlak van de wortel en concluderen dat zo'n kleine temperatuursverhoging het periradiculaire weefsel weinig kan schaden. Lee et al.⁴⁶ toont aan dat de temperatuursverhoging aan het buitenoppervlak van de wortel afhankelijk is van het apparaat.

In dit onderzoek is enkel het guttapercha gehalte gemeten en dus niet het wortelkanaalcement, omdat de afsluitmogelijkheid, en daarmee kwaliteit van een wortelkanaalvulling, mede afhankelijk is van welk soort cement er wordt gebruikt, maar niet van welk soort guttapercha. Guttapercha lost niet op in een waterig milieu, zoals sommige cementen. Het is dus belangrijk om een zo hoog mogelijk gehalte guttapercha te creëren. Daarom is er in dit onderzoek besloten om enkel het guttapercha percentage te berekenen.

Of de PGP-waarde klinische relevantie heeft, is te bediscussiëren. Het verschil tussen het aantal klinische successen tussen de koude laterale compactietechniek en de warme verticale condensatietechniek is niet significant terwijl er wel een significant verschil is in PGP-waarden.³¹ Het doel van een wortelkanaal behandeling is om een parodontitis apicalis te genezen. Om een her-infectie te voorkomen moet het kanaal hermetisch worden afgesloten met vulmateriaal. Dit voorkomt dat coronaal bacteriën vanuit de mondholte het wortelkanaalstelsel binnendringen en dat bacteriën vanuit het wortelkanaalstelsel in het periapicale gebied terechtkomen. Enkel guttapercha kan een wortelkanaal niet goed opvullen, er is cement nodig om overgebleven ruimtes en onregelmatigheden op te vullen. De mogelijkheid om een hermetische afsluiting te krijgen van het kanaal hangt voor een groot deel af van het cement, maar het cement is de zwakke schakel in de obturatie. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het cement AH 26, een cement op basis van epoxyhars dat verhardt na menging met een activator. Deze hecht niet aan dentine en is in water oplosbaar. Na verloop van tijd zal er waarschijnlijk lekkage optreden, waardoor er een her-infectie kan optreden en er weer een parodontitis apicalis kan ontstaan. De filmdikte blijkt voor AH26 niet veel uit te maken met betrekking op lekkage.²³ In vergelijking met andere cementen is de antibacteriële werking van AH26 wat sterker.^{19, 84} In contact met vocht blijkt AH26 sporen van formaldehyde af te geven.⁸⁵ AHplus is de opvolger van AH26 en geeft geen formaldehyde af. Door toevoeging van een oppervlaktetensionsverlager vloeit het cement makkelijk en kan het mogelijk ook makkelijker in de periapex geperst worden. In het onderzoek van Schäfer et al.⁸⁶ blijkt dat AHplus en AH26 even goed het wortelkanaal afsluiten. In het onderzoek van Zwemer et al.⁸⁷ is AH26 significant beter. In dit onderzoek is er voor AH26 gekozen, omdat dit het cement is dat standaard wordt gebruikt op de opleiding Tandheelkunde van de Rijksuniversiteit Groningen.

Het is klinisch relevant om een cement te vinden dat niet in water oplosbaar is, adhesief hecht aan dentine, biocompatibel is, voldoende vloeibaar is om de dentine tubuli en onregelmatigheden in het kanaaloppervlak op te vullen en een voldoende lange verwerkingstijd heeft. Wanneer zo'n cement gevonden is, is het mogelijk om een kanaal hermetisch af te sluiten en is de kans op een her-infectie vrijwel uitgesloten. Indien toch een her-infectie zal ontstaan moet het cement makkelijk te verwijderen zijn bij een her-endodontische behandeling. Tot dan toe wordt er over het algemeen een optimale obturatie verkregen door de cementlaag zo dun mogelijk te houden. Daardoor spelen de vaardigheden van de behandelaar een belangrijke rol bij het succes van een behandeling, omdat er een zo hoog mogelijk volume aan guttapercha in het kanaal aangebracht moet worden.

Waarde van dit onderzoek

De groepsgrootte is een belangrijke factor met betrekking op het trekken van conclusies. De groepen in dit onderzoek zijn redelijk klein. Om de nauwkeurigheid van het onderzoek groter te maken zouden de groepen groter moeten worden. Om pragmatische redenen zijn de groepen klein gehouden. Het was niet haalbaar om grotere onderzoeksgroepen te vormen in verband met een beperkt aanbod van ondermolaren en een beperkte onderzoeksperiode.

De PGP-waarden verschillen bij de twee mensen die de coupes geanalyseerd hebben. De overeenstemming tussen beide beoordelaars is voor dit onderzoek niet bepaald, omdat de onderzoeksgroep klein was. Om de overeenstemming (de inter-examiner agreement) te meten kan er een 'intra-class correlation coefficient' bepaald worden. Dit geeft een score van 0 tot 1, wat een maat is voor overeenstemming. Echter er zijn verschillende berekeningsmethoden, waarbij er verschil in uitkomst kan zijn. Een andere methode is de Pearson's correlatie, maar

deze geeft geen maat van overeenstemming aan. Een andere manier is de Bland en Altman methode. Met deze methode is enig inzicht te verkrijgen in systematische verschillen tussen metingen.⁸⁸

V Conclusie

De nulhypotheses a en b kunnen niet verworpen worden. Het toedienen van vibraties tijdens de warme verticale condensatie techniek heeft geen significant verhogend effect op het percentage guttapercha in vergelijking met enkel de warme verticale condensatie techniek en koude laterale compactie techniek. Toch lijkt de vibratie een positieve invloed te hebben op de PGP-waarde. De groep gevuld met de warme verticale condensatie in combinatie met de vibreerfunctie heeft op elke hoogte minimaal één keer een 100% vulgraad gehaald, in tegenstelling tot de andere vulmethoden die dat niet haalden.

Uit dit onderzoek met zijn beperkingen blijkt dat binnen de endodontologie het toedienen van vibraties tijdens de warme verticale condensatie techniek geen meerwaarde heeft voor de behandeling. De mate van obturatie is vergelijkbaar wanneer er geen vibraties worden gebruikt bij deze vulmethode. De EI Downpak kan met en zonder vibraties gebruikt worden. Het toedienen van vibraties kost geen extra tijd, omdat dit tijdens de verhitting gebeurt.

Literatuurlijst

1. Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 2004; 15: 348-381.
2. Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* 2005; 12: 2-24.
3. Oguntebi BR. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *International Endodontic Journal* 1994; 27: 218-222.
4. Wu MK, Moorer WR, Wesselink PR. Capacity of anaerobic bacteria enclosed in a simulated root canal to induce inflammation. *International Endodontic Journal* 1989; 22: 269-277.
5. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after 'one-visit' endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 2005; 99: 231-252.
6. Peters LB, Van Winkelhoff AJ, Buijs JF, Wesselink PR. Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal* 2002; 35: 13-21.
7. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontics and Dental Traumatology* 1990; 6: 142-149.
8. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *International Endodontic Journal* 2006; 39: 249-281.
9. Sjögren U, Sundqvist G, Nair PNR. Tissue reaction to gutta-percha of various sizes when implanted subcutaneously in guinea pigs. *European Journal of Oral Sciences* 1995; 103: 313-321.
10. Nair PN, Sjögren U, Krey G, Sundqvist G. Therapy-resistant foreign-body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. *Journal of Endodontics* 1990; 16: 589-595.
11. Friedman CM, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW. Composition and mechanical properties of gutta-percha endodontic points. *Journal of Dental Research* 1975; 54: 921-925.
12. Kolokuris I, Arvanitoyannis I, Robinson C, Blanshard JMV. Effect of moisture and aging on gutta-percha. *Journal of Endodontics* 1992; 18: 583-588.
13. Moorer WR, Genet JM. Antibacterial activity of gutta-percha cones attributed to the zinc oxide component. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1982; 53: 508-517.
14. Schuur AHB, Moorer WR, Wesselink PR. Oplosmiddelen ter verwijdering van gutta-percha uit wortelkanalen 1. Efficiëntie. *Nederlands Tijdschrift voor Tandheelkunde* 2004; 111: 271-275.
15. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha II: the history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1974; 37: 954-961.
16. Beer R, Baumann MA, Kim S. *Endodontology: Color Atlas of Dental Medicine*. Stuttgart; New York: Thieme Medical Publishers; 2000. 75-76 p.
17. Saunders WP, Saunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer. *International Endodontic Journal* 1992; 25: 245-249.
18. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International Endodontic Journal* 2007; 40: 873-881.
19. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of Endodontics* 1996; 22: 257-259.

20. Slutzky-Goldberg I, Slutzky H, Solomonov M, Moshonov M, Weiss EI, Matalon S. Antibacterial Properties of Four Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 735-738.
21. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 2002; 94: 658-666.
22. De Deus G, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using lightmicroscopy and digital image processing. *Australian Endodontic Journal* 2004; 30: 23-28.
23. Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *International Endodontic Journal* 1997; 30: 307-312.
24. Ørstavik D. Weight loss of endodontic sealers, cements and pastes in water. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1983; 91: 316-319.
25. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Leakage of 4 root canal sealers at different thickness. *International Endodontic Journal* 1994; 27: 304-308
26. Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *International Endodontic Journal* 2000; 33: 340-345.
27. Koppang HS, Koppang R, Stølen SØ. Identification of common foreign material in postendodontic granulomas and cysts. *The Journal of the Dental Association of South Africa* 1992; 47: 210-216.
28. Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva R. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 1999; 88: 221-225.
29. Gomes-Filho JE, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CR, Souza-Filho FJ. Evaluation of the biocompatibility of root canal sealers using subcutaneous implants. *Journal of Applied Oral Science* 2007; 15: 186-194.
30. Bernáth M, Szabó J. Tissue reaction initiated by different sealers. *International Endodontic Journal* 2003; 36: 256-261.
31. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 106-109.
32. DuLac KA, Nielsen ChJ, Tomazic TJ, Ferrilli PJ, Hatton JF. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *Journal of Endodontics* 1999; 25: 376-380.
33. De-Deus G, Reis C, Beznos D, Gruetzmacher de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 401-405.
34. Collins J, Walker MP, Kulild J, Lee C. A comparison of three gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities. *Journal of Endodontics* 2006; 32: 762-765.
35. De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International Endodontic Journal* 2006, 39: 378-383.
36. Jarrett IS, Marx D, Covey D, Karmazin M, Lavin M, Gound T. Percentage of canals filled in apical cross sections – an in vitro study of seven obturation techniques. *International Endodontic Journal* 2004; 37: 392-398.
37. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dental Clinics of North America* 1967; 11: 723-744.
38. Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique. *Endodontic Practice* 1998; 1: 7-10, 13-17, 18 passim.

39. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *International Endodontic Journal* 2003; 36: 54-63.
40. Reader CM, Himel VT, Germain LP, Hoen MM. Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *Journal of Endodontics* 1993; 19: 404-408.
41. Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *Journal of Endodontics* 2001; 27: 362-364.
42. Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *Journal of Endodontics* 2001; 27: 692-695.
43. Wu MK, Kastakova A, Wesselink PR. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International Endodontic Journal* 2001; 34: 485-491.
44. Wu MK, Sluis LW van der, Wesselink PR. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *International Endodontic Journal* 2002; 35: 527-535.
45. Alicia Karr N, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of gutta-percha and Resilon in the obturation of lateral grooves and depressions. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 749-752.
46. Lee FS, Cura JE van, BeGole E. A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *Journal of Endodontics* 1998; 24: 617-620.
47. Kersten HW. Evaluation of three thermoplasticized gutta-percha filling techniques using a leakage model in vitro. *International Endodontic Journal* 1988; 21: 353-360.
48. Katić D, Karlović IM, Karlović Z, Janković B. Leakage of Ddifferent canal obturation techniques. *Acta Stomatologica Croatia* 2006; 40: 28-34.
49. ElDeeb ME. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics* 1985; 11: 84-86.
50. Smith RS, Weller NR, Loushine RJ, Kimbrough WF. Effect of varying the depth of heat application on the adaptability of gutta-percha during warm vertical compaction. *Journal of Endodontics* 2000; 26: 668-672.
51. Johnson WB. A new gutta-percha filling technique. *Journal of Endodontics* 1978; 4: 184-188.
52. Wong M, Peters DD, Lorton L. Comparison of gutta-percha filling techniques, compaction (mechanical), vertical (warm), and lateral condensation techniques, part I. *Journal of Endodontics* 1981; 7: 551-558.
53. Thoden van Velzen SK, Wesselink PR, Cleen MJH de, Moorer WR, Peters LB. *Endodontologie*. Houten/Diegem: Bohn Stafleu Van Loghum; 1995. 187-194 p.
54. Weller RN, Kimborough WF, Anderson RW. A comparison of thermoplastic obturation techniques: Adaptation to the canal walls. *Journal of Endodontics* 1997; 23: 703-706.
55. Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *Journal of Endodontics* 2002; 28: 220-223.
56. Shipper G, Trope M. In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *Journal of Endodontics* 2004; 30: 154-158.
57. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered: Part I: Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal* 1993; 26: 37-43.
58. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal* 1994; 27: 233-238.
59. Kazemi RB, Spångberg LSW. Effect of reduced air pressure on dye penetration in standardized voids. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 1995; 80: 720-725.
60. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *Journal of Dentistry* 1998; 26: 585-589.

61. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* 1990;16: 566-569.
62. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 1984; 58: 589-599.
63. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 1997; 23: 77-85.
64. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The 'balanced force' concept for instrumentation of curved canals. *Journal of Endodontics* 1985; 11: 203-211.
65. Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 1995; 79: 492-496.
66. Gençoglu N, Garip Y, Bas M, Samani S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-Fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 2002; 92: 333-336.
67. Wu MK, Sluis LWM van der, Ardila CN, Wesselink PR. Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *International Endodontic Journal* 2003; 36: 533-540.
68. Wu MK, Sluis LWM van der, Wesselink PR. An In Vitro Comparison of the apical filling quality of the root canal of the mesial root of the lower molar filled with the System B device and the EndoTwinn using the continuous wave of gutta-percha technique. 2004. 1-2 p. Te vinden op: http://www.endoingenuity.com/pdf/ClinicStudy_III.pdf.
69. Pagavino G, Giachetti L, Nieri M, Giuliani V, Russo DS. The percentage of gutta-percha-filled area in simulated curved canals when filled using Endo Twinn, a new heat device source. *International Endodontic Journal* 2006; 39: 610-615.
70. Wu MK, Roris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval shape of canals in the apical third. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 2000; 89: 739-743.
71. Peiris HR, Pitakotuwage TN, Takahashi M, Sasaki K, Kanazawa E. Root canal morphology of mandibular permanent molars at different ages. *International Endodontic Journal* 2008; 41: 828-835.
72. Jung IY, Seo MA, Fouad AF, et al. Apical anatomy in mesial and mesiobuccal roots of permanent first molars. *Journal of Endodontics* 2005; 31: 364-368.
73. Hess W. Anatomy of the root canals of the teeth of the permanent dentition. Part I. New York: William Wood and Co.; 1925. 4-49 p.
74. Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation in oval canals. *International Endodontic Journal* 2001; 34: 137-141.
75. Peters LB. Desinfectie van het wortelkanaalstelsel bij de endodontische behandeling. *Nederlands Tijdschrift voor Tandheelkunde* 2005; 112: 467-470.
76. Sluis LW van der, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal* 2007; 40: 415-426.
77. Sluis LWM van der. Passive ultrasonic irrigation of the root canal. *Academisch proefschrift. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam; 2007. 142, 144 p.*
78. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WRE. Streaming patterns produced around endosonic files. *International Endodontic Journal* 1991; 24: 290-297.
79. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *International Endodontic Journal* 1994; 27: 197-207.
80. Shahravan A, Haghdoost A, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics* 2007; 33: 96-105.

81. Saito K, Webb T, Imamura G, Goodell G. Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *Journal of Endodontics* 2008; 34: 1011-1014.
82. Şen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal* 1995; 28: 141-148.
83. Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by the System-B heat source. *International Endodontic Journal* 2002; 35: 740-746.
84. Smadi L, Mahafzah A, Khraisat A. An in vitro evaluation of the antimicrobial activity of nine root canal sealers. *The journal of contemporary dental practice* 2008; 9: 60-67.
85. Koch MJ, Wunstel E, Stein G. Formaldehyde release from ground root canal sealer in vitro. *Journal of Endodontics* 2001; 27: 396-397.
86. Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted gutta-percha. *Journal of Endodontics* 2002; 28: 638-642.
87. Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *International Endodontic Journal* 1997; 30: 332-334.
88. Ostelo RWJG, Verhagen AP, Vet HCW de. *Onderwijs in Wetenschap*. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2006. 152-153 p.

Bijlage 1 Tabellen

	Groep1 2 mm	Groep1 4,5 mm	Groep1 7 mm	Groep2 2 mm	Groep2 4,5 mm	Groep2 7 mm	Groep3 2 mm	Groep3 4,5mm	Groep3 4,5 mm
	62	78	54	71	88	96	62	99	78
	43	93	80	98	92	97	62	83	98
	67	91	84	67	77	100	86	86	96
	88	81	76	81	94	97	79	100	92
	81	90	73	82	87	100	67	85	95
	71	45	75	78	92	100	68	96	97
	89	73	82	88	84	100	99	100	93
	60	80	79	81	80	100	93	40	100
	54	88	69	75	87	86	53	67	100
	60	83	79	81	91	88	86	95	97
							100	87	92
							89	99	98
aantal									
data	10	10	10	10	10	10	12	12	12
gemid	68	80	75	80	87	96	79	86	95
max	89	93	84	98	94	100	100	100	100
min	43	45	54	67	77	86	53	40	78

Gemiddelde percentages van twee metingen. In de tabel staan de gemiddelde percentages en de hoogste en laagste percentages per groep.

Groep elementen gevuld met de koude laterale compactie techniek. Variabele: hoogte. Kruskal-Wallis test: $H(2, N=30) = 4,978065$ $p = .0830$ $\alpha = 0.05$			
	2 mm	4,5 mm	7 mm
2 mm		0.081357	1.000000
4,5 mm	0.081357		0.510563
7 mm	1.000000	0.510563	

Groep elementen gevuld met de warme verticale condensatie techniek. Variabele: hoogte. Kruskal-Wallis test: $H(2, N=30) = 15,31924$ $p = .0005$ $\alpha = 0.05$			
	2 mm	4,5 mm	7 mm
2 mm		0.487239	0.000339
4,5 mm	0.487239		0.041242
7 mm	0.000339	0.041242	

Groep elementen gevuld met de warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie. Variabele: hoogte. Kruskal-Wallis test: $H(2, N=36) = 5,827312$ $p = .0543$ $\alpha = 0.05$			
	2 mm	4,5 mm	7 mm
2 mm		0.506839	0.048857
4,5 mm	0.506839		0.913467
7 mm	0.048857	0.913467	

Twee millimeter.
 Variabele: vulmethode.
 Kruskal-Wallis test: $H(2, N=32) = 3,984091$ $p = .1364$ $\alpha = 0.05$

	Koude laterale compactie	Warme verticale condensatie	Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie
Koude laterale compactie		0.233244	0.257468
Warme verticale condensatie	0.233244		1.000000
Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie	0.257468	1.000000	

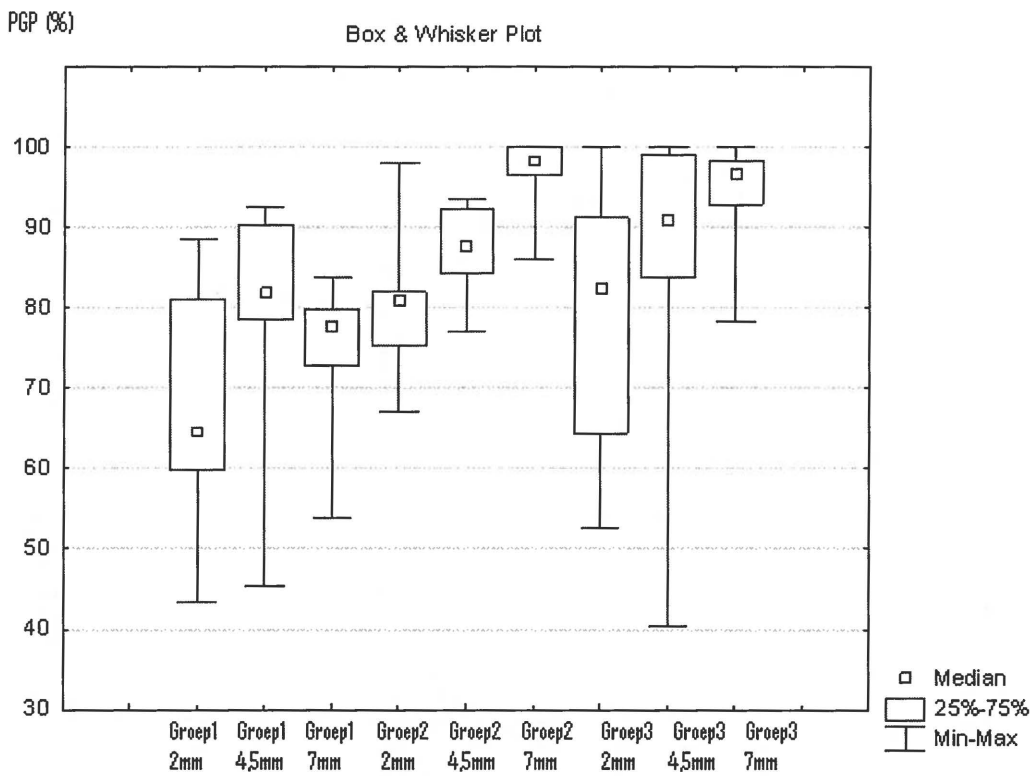
Viereneenhalf millimeter.
 Variabele: vulmethode.
 Kruskal-Wallis test: $H(2, N=32) = 3,111745$ $p = .2110$ $\alpha = 0.05$

	Koude laterale compactie	Warme verticale condensatie	Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie
Koude laterale compactie		0.787734	0.241962
Warme verticale condensatie	0.787734		1.000000
Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie	0.241962	1.000000	

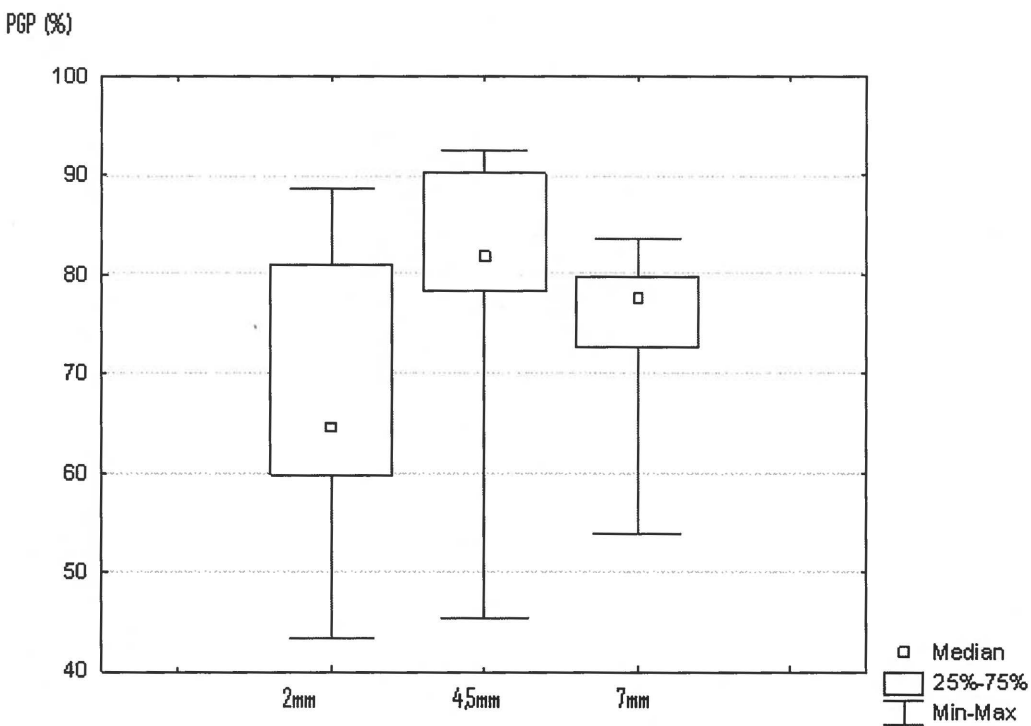
Zeven millimeter.
 Variabele: vulmethode.
 Kruskal-Wallis test: $H(2, N=32) = 18,82988$ $p = .0001$ $\alpha = 0.05$

	Koude laterale compactie	Warme verticale condensatie	Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie
Koude laterale compactie		0.000186	0.001474
Warme verticale condensatie	0.000186		1.000000
Warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie	0.001474	1.000000	

Bijlage 2 Boxplots

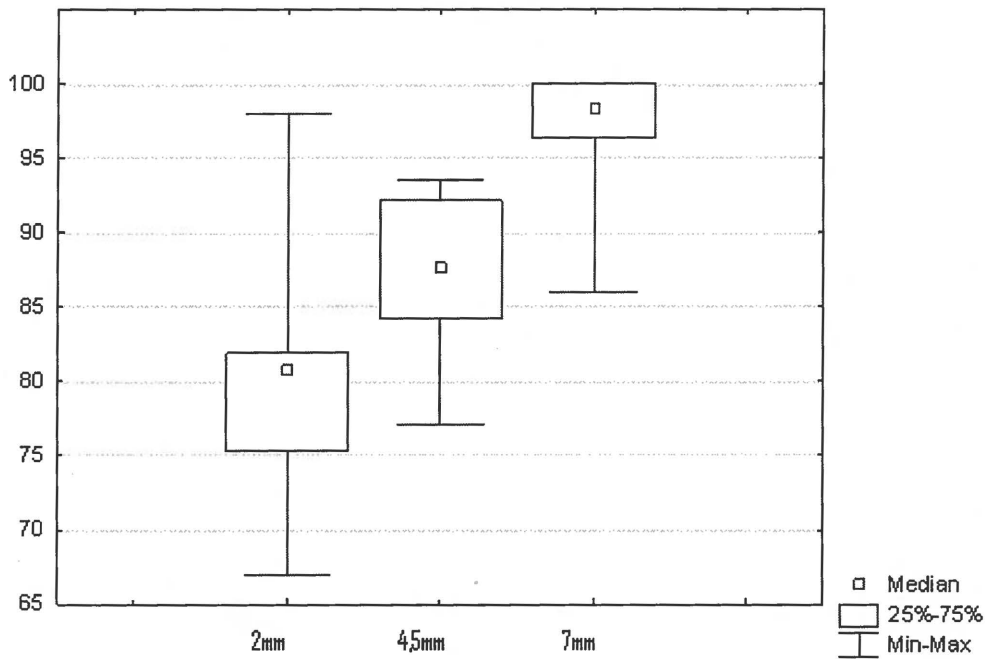


Alle groepen zijn weergegeven in een Box en Whisker plot. De minimale en maximale percentages en de mediaan zijn aangegeven.



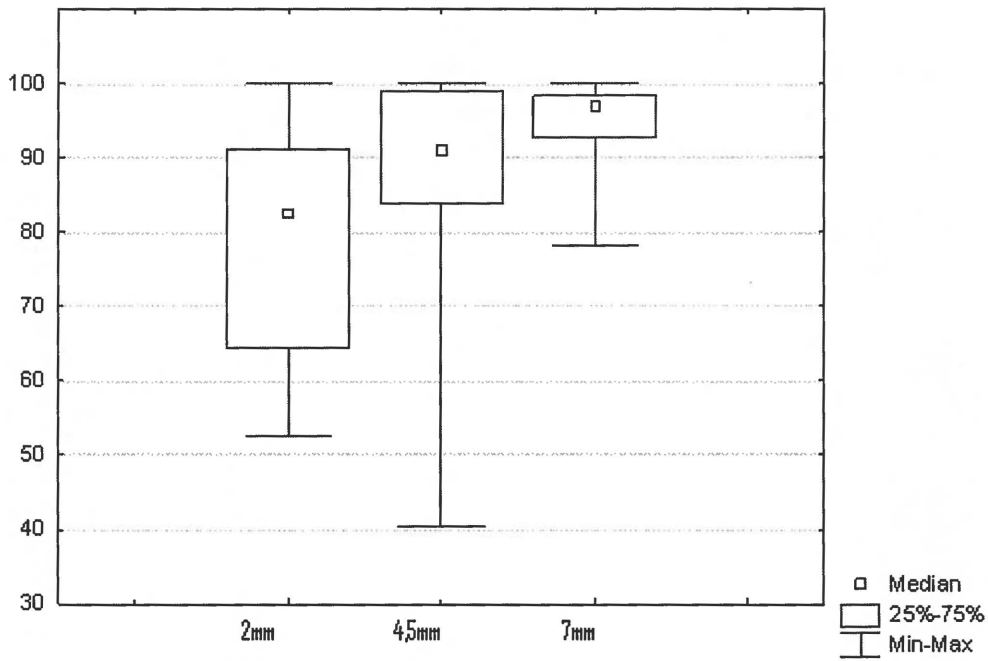
Boxplot a. Groep elementen gevuld met de koude laterale compactie techniek.

PGP (%)



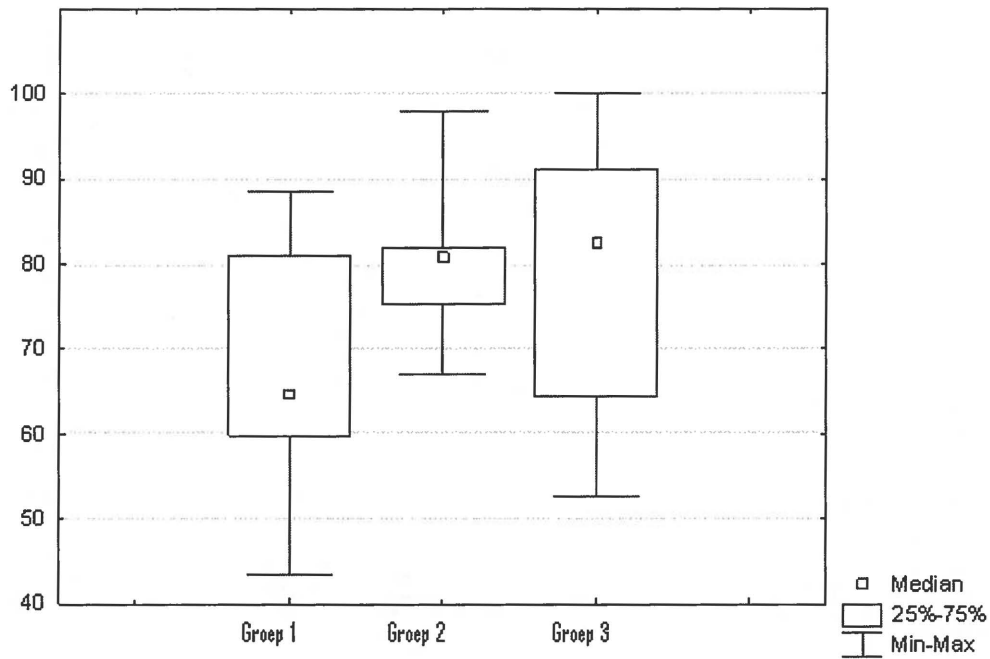
Boxplot b. Groep elementen gevuld met de warme verticale condensatie techniek.

PGP (%)



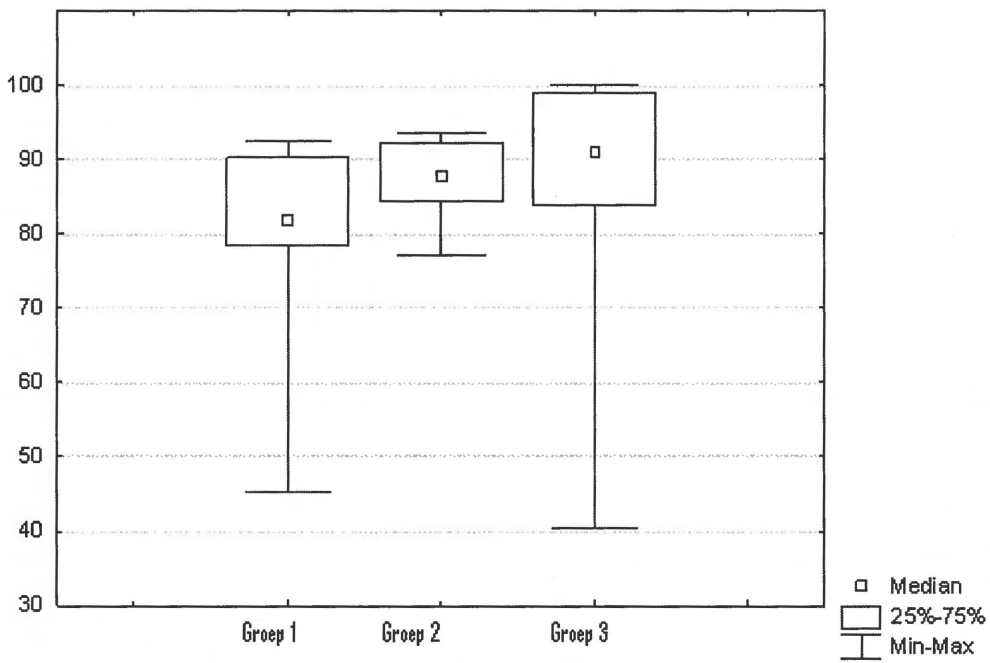
Boxplot c. Groep elementen gevuld met de warme verticale condensatie techniek in combinatie met de vibreerfunctie.

PGP (%)

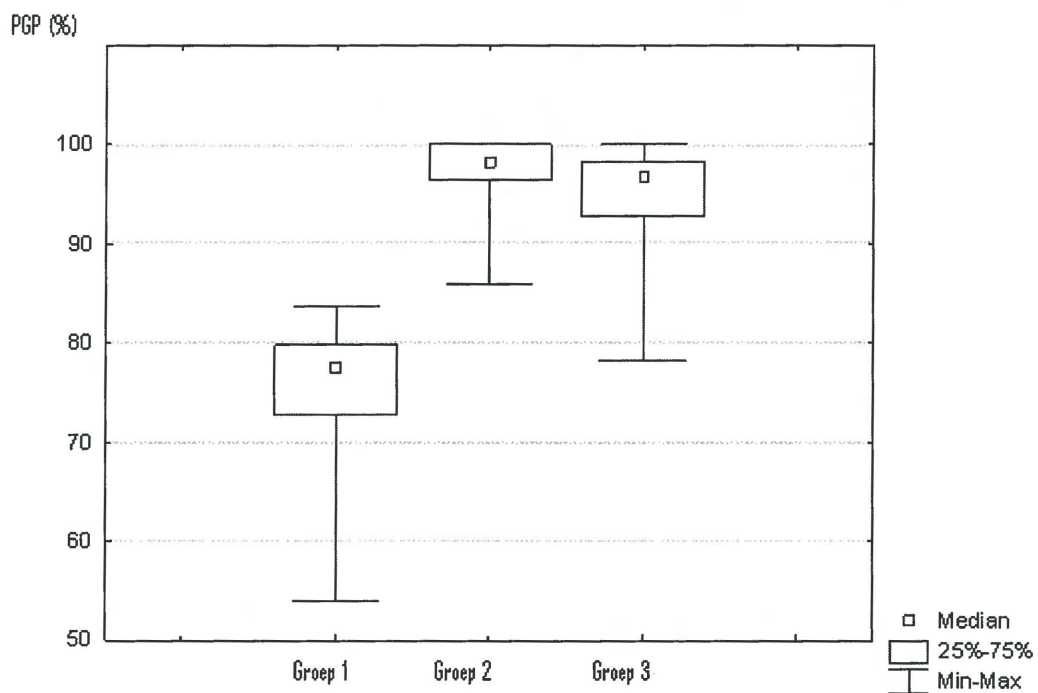


Boxplot d. Groep coupes op hoogte van twee millimeter.

PGP (%)



Boxplot e. Groep coupes op hoogte van viereneenhalf millimeter.



Boxplot f. Groep coupes op hoogte van zeven millimeter.

Bijlage 3 Handleidingen fabrikanten

www.maillefer.ch
www.dentsply.nl
www.kavo.com
www.vdw-dental.com
www.fkg.ch
www.acteongroup.com
www.endoingenuity.com
www.canon.nl

Abstract

Aim: An in-vitro study to evaluate the influence of vibration during heating in the root canal on the gutta-percha filled area in the root canal

Methodology: The mesial canals of thirty-two first mandibular molars were prepared according to a standard protocol to a canal dimension of 30 0.06 up to one millimeter from the apical foramen, in the meantime the canals were cleaned with 2.5% NaOCl. After ultrasonic irrigation and removing of the smear layer the canals were filled according to three obturation techniques: group 1 (n=10) cold lateral compaction, group 2 (n=10) warm vertical condensation and group 3 (n=12) warm vertical condensation with vibration. Cross sections were made at two, four-and-a-half, and seven millimeter from the apical foramen. The area of the canal and the area filled with guttapercha were measured and the percentage of guttapercha filled area (PGP-value) was calculated. The data were analysed with the Kruskal-Wallis test with a critical significance level of $\alpha = 0.05$.

Results: Within group one and group three there was no significant difference in PGP-values ($P = 0.0830$ en $P = 0.0543$). Within group two there was a significant difference between level two and seven millimeter, and level four-and-a-half and seven millimeter ($P = 0.0003$ en $P = 0.0412$). There was no significant difference between the groups of the coupes at level two and four-and-a-half millimetre ($P = 0.1364$ en $P = 0.2110$). There was, however, a significant difference of the coupes at level of seven millimeter between group one and two, and group one and three ($P = 0.0002$ en $P = 0.0015$). At this level the cold lateral compaction was compared with the gutta-percha injection technique.

Conclusion: Applying vibration during warm vertical condensation has not a significant influence on the percentage guttapercha in comparison with only warm vertical condensation technique and cold lateral compaction technique.