

Endodontologie in beweging: nieuwe concepten, materialen en technieken 3. De rol van activatie van wortelkanaalspoelmiddelen tijdens de wortelkanaalbehandeling

Het doel van wortelkanaalirrigatie is het van de wortelkanaalwand en uit het wortelkanaalsysteem chemisch oplossen of verstoren en het mechanisch verwijderen van pulpaweefsel, dentinedebris en smeerlaag, micro-organismen en hun producten. De vloeistofstroming bepaalt de effectiviteit van de wortelkanaalirrigatie en ieder endodontisch irrigatiesysteem heeft zijn eigen stromingskarakteristieken die de bovengenoemde doelen zouden moeten verwezenlijken. Zonder vloeistofstroming (convectie) zal het spoelmiddel in het wortelkanaal moeten worden verspreid door middel van diffusie. Dit is een langzaam proces dat afhankelijk is van de temperatuur en de concentratiegradiënt. Convectie is een sneller en efficiënter transportmechanisme. Tijdens de wortelkanaalirrigatie zullen er frictiekrachten ontstaan tussen de vloeistof en de wortelkanaalwand en deze hebben een mechanisch reinigend effect op de wortelkanaalwand. Deze frictiekrachten resulteren uit de vloeistofstromingskarakteristieken gerelateerd aan de verschillende irrigatiesystemen.

Sluis LWM van der. Endodontologie in beweging: nieuwe concepten, materialen en technieken 3. De rol van activatie van wortelkanaalspoelmiddelen tijdens de wortelkanaalbehandeling

Ned Tijdschr Tandheelkd 2015; 122: 533-538

doi: 10.5177/ntvt.2015.10.15181

Introductie

Wortelkanaalirrigatie kan worden gedefinieerd als het aanbrengen van een spoelmiddel in het wortelkanaal voor, tijdens en na het instrumenteren van het wortelkanaal. Wanneer het wortelkanaal al ruim genoeg is om goed te kunnen worden geïrrigeerd, is instrumentatie niet meer nodig. De doelen van wortelkanaalirrigatie zijn het chemisch oplossen of verstoren en het mechanisch verwijderen van de wortelkanaalwand en uit het wortelkanaalsysteem van pulpaweefsel, dentinedebris en smeerlaag (instrumentatieproducten), micro-organismen (vrij zwemmend en biofilm) en hun producten. De wortelkanaalirrigatie moet een zodanige stroming van het spoelmiddel opwekken dat:

- het spoelmiddel zich kan verspreiden door het gehele wortelkanaalsysteem en volledig contact maakt met het te verwijderen substraat;
- het spoelmiddel zodanig wordt ververst en gemengd dat er een effectieve concentratie van de chemische component is en dat, indien nodig, een snelle deactivatie hiervan wordt gecompenseerd;
- het te verwijderen substraat effectief uit het wortelkanaal kan worden afgevoerd en voldoende smering geeft aan de wortelkanaalinstrumenten;
- frictiekrachten inwerken op de wortelkanaalwand zo-

Leerdoel

Na het lezen van dit artikel:

- kent u de eigenschappen en de voor- en nadelen van de verschillende irrigatiesystemen bij de endodontische behandeling.

dat het te verwijderen substraat van de wand kan worden losgetrokken;

- het spoelmiddel in het wortelkanaalsysteem blijft en apicale extrusie kan worden voorkomen.

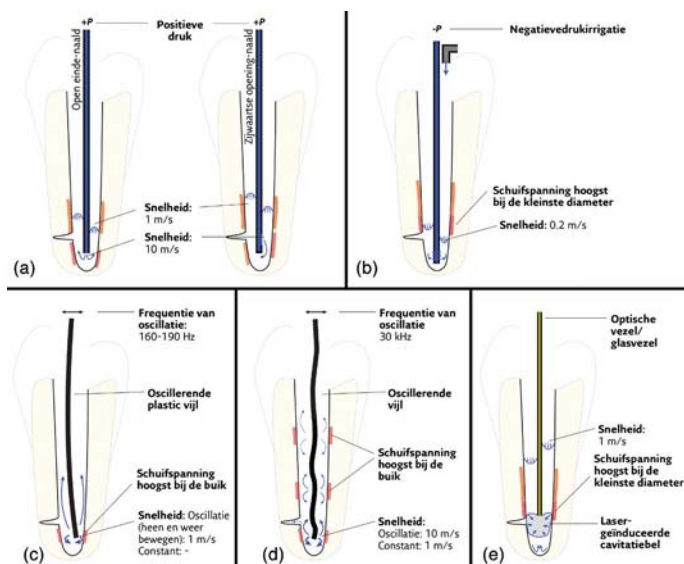
Ieder irrigatiesysteem heeft zijn eigen stromingskarakteristiek die aan deze doelen zouden moeten voldoen. Zonder vloeistofstroming (convectie) moet het spoelmiddel door middel van diffusie worden verspreid. Diffusie kan worden gedefinieerd als de verplaatsing van individuele deeltjes (moleculen of ionen) in de vloeistof afhankelijk van concentratiegradiënten en temperatuur. Dit is een langzaam proces. Convectie is een sneller en efficiënter proces, waarbij de moleculen worden bewogen door de beweging van de vloeistofstroming (Incropera en Witt, 1990). Dit draagt bij aan een effectieve verspreiding, verversing en menging van het spoelmiddel.

Tijdens het irrigatieproces kunnen 2 fasen worden onderscheiden: het injecteren van het spoelmiddel en een rustfase waarin de vloeistof niet stroomt. Met behulp van een irrigatie-activatie systeem kan een extra fase worden toegevoegd, waarbij een energiebron een vloeistofstroming kan opwekken. Het injecteren en activeren versterken de chemische en mechanische activiteit van de spoelmiddelen door convectie en diffusie van de moleculen of ionen in het spoelmiddel; tijdens de rustfase zal dit hoofdzakelijk via diffusie plaatsvinden.

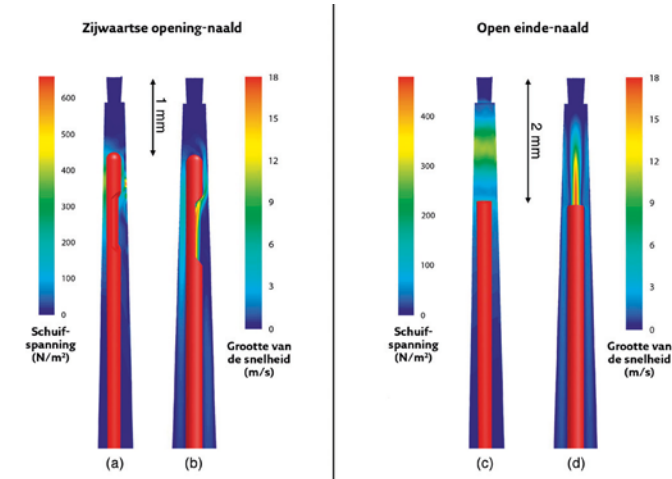
Omdat de mechanische en chemische aspecten van het irrigatieproces worden bepaald door de effectiviteit van de stroming van het spoelmiddel, is het hoofddoel van dit artikel het beschrijven van de vloeistofstroming van het spoelmiddel die wordt veroorzaakt door de verschillende irrigatiesystemen.

Irrigatiesystemen

De conventionele irrigatie met een spuit en een naald (handirrigatie) is nog steeds alom geaccepteerd als standaardprocedure voor wortelkanaalirrigatie (Dutner et al, 2012). De wens om de wortelkanaalirrigatie te optimaliseren heeft geleid tot de ontwikkeling van verschillende irrigatiesystemen (Gu et al, 2009). De eigenschappen van de vloeistofstroming van die systemen zijn bepalend voor de effectiviteit van de irrigatie. Deze eigenschappen worden weer bepaald door het specifieke mechanisme van de ener-



Afb. 1. Schematische representatie van irrigatiesystemen (a) handirrigatie: naalden met een open einde (links) en een gesloten einde (zijwaartse opening) (rechts); (b) negatieve drukirrigatie; (c) sonisch geactiveerde irrigatie; (d) ultrasoon geactiveerde irrigatie en (e) laser-geactiveerde irrigatie. De te bereiken vloeistofsnelheden en de vloeistofstroming zijn aangegeven in het schema. (Met dank aan dr. Bram Verhaagen).



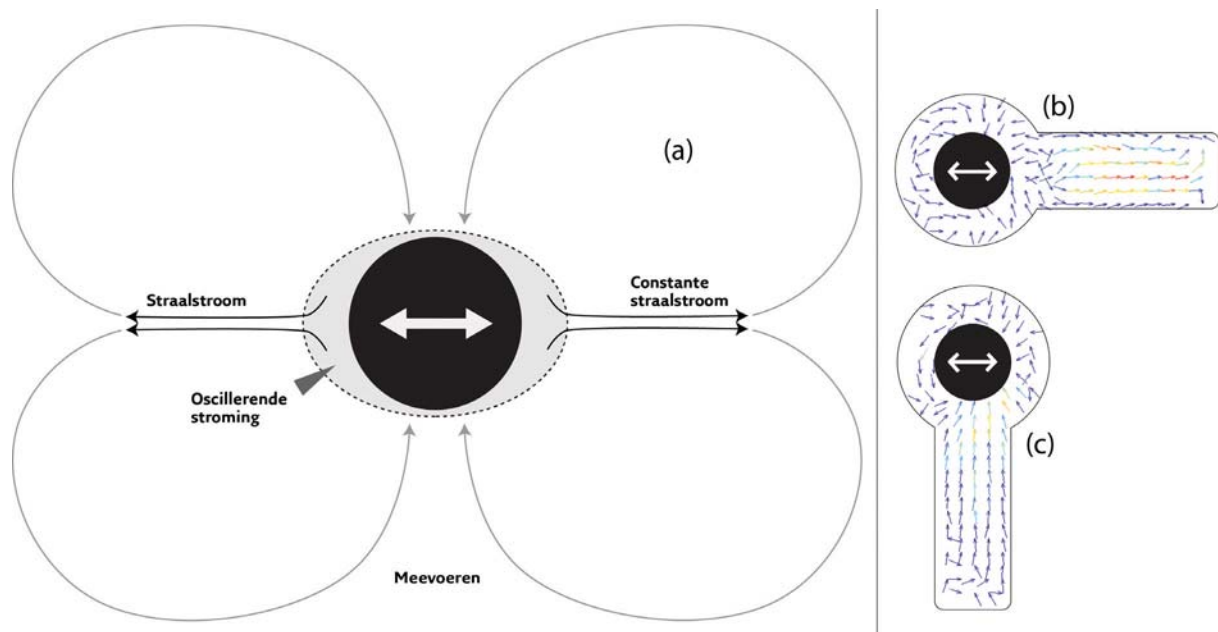
Afb. 2. Vloeistofsnelheden in het wortelkanaal (b, d) en frictiekrachten op de wortelkanaalwand (a, c) van een naald met een zijwaartse opening (a, b) of met een open einde (c, d), gevisualiseerd met behulp van 'Computational Fluid Dynamics'. (Boutsioukis et al, 2010a).

gieoverdracht van het irrigatiesysteem naar het spoelmiddel. Een 'niet-instrumentatietechniek', waarbij het instrumenteren van het wortelkanaal niet meer nodig is om een effectieve irrigatie te bewerkstelligen, geniet de voorkeur, omdat hierdoor de nadelen van het instrumenteren van het wortelkanaal worden omzeild. Deze nadelen zijn: smeerlaagvorming tegen de wortelkanaalwand, productie en ophoping van dentinedebris (waardoor het reinigen van de isthmus en ovale uitlopers moeilijker wordt), iatrogene fouten, verzwakken van de wortelstructuur en het induceren van cracks in de wortelstructuur (Sen et al, 1995; Gorni en Gagliani 2004; Wu et al, 2004; Shemesh et al, 2010). Lussi et al (1993) hebben ooit een dergelijk systeem geïntroduceerd, maar het instellen van een effectieve alternerende negatieve en positieve druk in het wortelkanaal, die niet tot extrusie van spoelmiddel in de periapicale weefsels leidt, bleek niet eenvoudig te zijn. Een commercieel systeem zonder instrumentatie is echter nooit tot stand gekomen. Wel zijn veel fantasierijke combinaties van handirrigatie en diverse manieren om spoelmiddelen te activeren inmiddels beschreven in de literatuur (afb. 1).

Handirrigatie

Tijdens de handirrigatie wordt het spoelmiddel actief in het wortelkanaal aangebracht met een naald. De 'flow rate' of het debiet is het volume spoelmiddel dat per tijdseenheid uit de naald stroomt. Twee typen naalden kunnen worden onderscheiden: met de opening aan het einde (open einde) en met de opening aan de zijkant en een gesloten einde (zijwaartse opening). De zijwaartse opening is geïntroduceerd om doorpersen van spoelmiddelen door het foramen apicale te voorkomen. Beide naalden creëren een snelle vloeistofstroming bij de opening van de naald met een stabiel laminair patroon voor een laag debiet en

een onstabiele stroming voor een hoog debiet (vanaf 0,26 ml/s.). Onstabil wil zeggen dat de stroming continu verandert en anders is dan een turbulente stroming. De naalden met open einde veroorzaken een relatief sterke stroming in de longitudinale as van het wortelkanaal, terwijl de zijwaartse opening primair een stroming veroorzaakt in de richting van de wortelkanaalwand, die daarna divergerend apicaalwaarts afbuigt rond de punt van de naald (afb. 2). Hierdoor verversen de naalden met een open einde het spoelmiddel tot ongeveer 3 mm voor de punt van de naald en de naalden met een zijwaartse opening tot slechts maximaal 1 mm voor de punt van de naald. De plaats en vorm van de opening bepalen de oriëntatie, snelheid en stabiliteit van de vloeistofstroming (Boutsioukis et al, 2010a; Verhaagen et al, 2012a). Een toename van de diameter en taper van het wortelkanaal resulteert vanaf diameter 30/taper 0.06 in een effectieve apicale vloeistofstroming en daardoor verversing van het apicale wortelkanaal (Boutsioukis et al, 2010b; Boutsioukis et al, 2010c). De uiteindelijke diameter van het apicale wortelkanaal wordt ook bepaald door de diameter van de spoelnaald die wordt gebruikt. Wanneer een 30 gauge spoelnaald wordt gebruikt, dan moet het wortelkanaal 1 mm coronaal van de werklengte een minimale afmeting hebben van 0,35 mm (vijl 35) om effectief te kunnen spoelen. Alleen de diameter is van belang voor het effectief spoelen, niet een toenemende divergentie. Een dunne naald (op dit moment 30 gauge) is het meest effectief omdat deze dieper in het wortelkanaal kan worden aangebracht en omdat er meer ruimte is tussen de naald en de wortelkanaalwand. Een groter volume van spoelmiddelen lijkt gecorreleerd te zijn met een betere reiniging van het wortelkanaal en het effectiever verversen en mengen van de spoelvloeistof (Baker et al, 1975; Bronnec et al, 2010). Een kromming van het wortel-



Afb. 3. Akoestische stroming. (a) Schematische voorstelling van akoestische stroming geïnduceerd door een ultrasoon oscillerende vijl (zwarte cirkel in a) (Verhaagen et al, 2014a). Rondom de vijl bevindt zich een gebied met oscillerende stroming, verder verwijderd in de richting van de oscillatie van de vijl is een 'steady flow' zichtbaar in de vorm van een 'jet'. Deze vloeistofjet is verantwoordelijk voor de reiniging van ovale uitlopers en isthmussen in het wortelkanaal. Wanneer de jet naar de ovale uitloper is gericht (b) treedt reiniging op, maar wanneer de oscillatie van de vijl niet in de richting van de uitloper is gericht zal de vloeistofstroming minder effectief zijn (c) (Jiang et al, 2010b). (Met dank aan dr. Bram Verhaagen).

kanaal heeft geen effect op de vloeistofstroming tijdens de irrigatieprocedure (Nguy en Sedgley 2006).

Negativedrukirrigatie

Negativedrukirrigatie is gebaseerd op een stroming die wordt opgewekt door de aspiratie van het spoelmiddel in een dunne naald die in de apicale regio van het wortelkanaal is geplaatst. Het verse spoelmiddel wordt in de pulpkamer aangebracht en via de naald in het wortelkanaal er weer uitgezogen. Hierdoor wordt voorkomen dat spoelmiddel door het apicale foramen wordt geperst (Mitchell et al, 2010). In tegenstelling tot de handirrigatie wordt het spoelmiddel niet met kracht in het wortelkanaal aangebracht. De maximale vloeistofstroming en het hieraan gerelateerde reinigend vermogen worden bepaald door de negatieve druk van de tandartsstoel waarop het irrigatiesysteem is aangesloten. Deze druk varieert in de praktijk en is vaak niet bekend, waardoor de effectiviteit van het systeem nooit is te bepalen. Rekening houdend met het feit dat de experimenten beschreven in de wetenschappelijke publicaties zijn uitgevoerd met een hoge aspiratiedruk, zal de effectiviteit van deze systemen in de algemene praktijk beduidend lager uitvallen dan wordt gesuggereerd (Brunson et al, 2010). De diameter die nodig is om met deze systemen een effectieve stroming te kunnen realiseren is minimaal 40/taper 0.04 (Brunson et al, 2010). Deze systemen produceren een lage vloeistofstroomsnelheid met een laminair patroon (Chen et al, 2014).

Sonisch en ultrasoon geactiveerde irrigatie

Tijdens sonisch of ultrasoon geactiveerde irrigatie oscilleren instrumenten, zoals niet-snijdende vijlen of kunststof

tips, terwijl ze aangedreven worden vanuit 1 punt met een specifieke frequentie die lager is dan 20 kHz voor sonische apparaten en hoger dan 20 kHz voor ultrasone apparaten. Er ontstaat een specifiek patroon van een knoop en een buik voor de sonisch aangedreven instrumenten en ongeveer 6 knopen met een onderlinge afstand van ongeveer 5 mm voor ultrasoon aangedreven instrumenten (afb. 1) (Jiang et al, 2010a; Verhaagen et al, 2012b). Oscillerende instrumenten functioneren als een mixer en veroorzaken een stroming van het spoelmiddel in het wortelkanaal die de verspreiding en het verversen/mengen intensiveert. In tegenstelling tot sonische systemen genereren ultrasone systemen akoestische stroming (Verhaagen et al, 2014a). Deze bestaat uit een oscillerende component, direct rondom het oscillerende instrument, en een 'steady' (stabiele) component dat verder verwijderd van het instrument plaatsvindt (afb. 3). Op deze manier wordt een sterke stroming opgewekt lateraal van het instrument (Verhaagen et al, 2014a). Deze zijwaartse stroming geeft een beter reinigend vermogen dan handirrigatie in laterale kanalen, isthmussen en ovale uitlopers van het wortelkanaal (Jiang et al, 2010b). Een wortelkromming heeft geen invloed op de opgewekte stroming in het wortelkanaal en het mechanisch reinigend effect voor het instrument uit is ongeveer 3 mm (Malki et al, 2012). Het chemisch effect verspreidt zich verder dan 3 mm voor het instrument uit. In tegenstelling tot sonisch geactiveerde irrigatie gaat ultrasoon geactiveerde irrigatie gepaard met cavitatie van het spoelmiddel (Macedo et al, 2014). Cavitatie is de formatie, ontwikkeling en het imploderen van belLEN onder een veranderende/oscillerende/alternerende druk (Brennen, 1995). Tijdens ultrasone activatie ontstaat de cavitatie ten gevolge van de grote drukverschillen in de

vloeistof. Het is dus een product van de actieve stroming die is opgewekt door de ultrasonische activatie. Cavitatie kan een invloed hebben op het reinigend vermogen, maar meer onderzoek is nodig om dit te verklaren.

Laser-geactiveerde irrigatie

Tijdens door laser-geactiveerde irrigatie wordt het spoelmiddel in beweging gebracht door cavitatie die is opgewekt door de laserpuls (De Groot et al, 2009). Tijdens een laserpuls groeit er een bel aan de punt van de lasertip die implodeert wanneer de laserpuls stopt. Het imploderen van de bel veroorzaakt een actieve stroming in het wortelkanaal. De grootte van deze bel en de snelheid van de opgewekte stroming hangen af van de energie, duur en frequentie van de laserpuls en de absorptie in het spoelmiddel. Lasers die hiervoor gebruikt kunnen worden zijn de Er:YAG- of Er,Cr:YSGG-lasers met een golflengte in het infrarode spectrum (2796-2940 nm). De energie wordt goed geabsorbeerd in water (Robertson en Williams 1971). De opgewekte stroming resulteert in een effectief reinigend vermogen (Blanken en Verdaasdonk 2007; De Groot et al, 2009). Recentelijk zijn er ook goede resultaten gepubliceerd wanneer de lasertip werd geplaatst in een met vloeistof gevulde pulpakamer net boven de ingang van een met vloeistof gevuld wortelkanaal (Peters et al, 2011). Deze techniek wordt ook wel aangeduid als PIPS, wat staat voor photon-initiated photoacoustic streaming. De mechanismen moeten nog onderzocht worden.

Vloeistofstroming

Het apicale deel van het wortelkanaal

Een goede stroming en verversing van de spoelmiddelen in het apicale gebied kan pas worden bereikt wanneer er voldoende ruimte voor de irrigatieprocedure is gecreëerd. Pas nadat de hoofdvijl het gehele wortelkanaal heeft vormgegeven kan de apicale desinfectie worden bewerkstelligd. Een effectieve apicale desinfectie is belangrijk, aangezien achterblijvende micro-organismen in de vorm van een biofilm weefselvocht (waarmee ze via de apicale delta in verbinding staan) kunnen gebruiken als voedingsbron.

Negativedrukirrigatie en ultrasonische of laser-geactiveerde irrigatie verspreiden de spoelmiddelen effectiever in het apicale gebied van het wortelkanaal dan handirrigatie (De Gregorio et al, 2009; De Gregorio et al, 2010; Vera et al, 2011; Vera et al, 2012; Munoz et al, 2012; Castelo-Baz et al, 2012; Peeters et al, 2014; Peeters en Gutknecht 2014). De minder effectieve handirrigatie wordt in de onderzoeksliteratuur wel gecorreleerd met het klemzitten van een luchtbel in het apicale wortelkanaal, zowel in *ex vivo* als in *in vivo*-onderzoek (De Gregorio et al, 2009; Tay et al, 2010; Vera et al, 2011; Vera et al, 2012). Deze luchtbel ('vapor lock') zou een effectieve verspreiding van de spoelmiddelen verhinderen. Recentelijk is echter aangetoond dat het ontstaan en de grootte van deze luchtbel afhangen van het debiet, het type naald, hoe diep de naald in het wortelkanaal wordt aangebracht en de apicale diameter

van het wortelkanaal (Boutsioukis et al, 2014). Verder is in hetzelfde onderzoek aangetoond dat de apicale luchtbel kan worden verwijderd of voorkomen door een naald met een zijwaartse opening minimaal 1 mm en een naald met open einde minimaal 3 mm coronaal van de werklengete aan te brengen of een hoog debiet van ongeveer 0,2 ml/s te gebruiken.

Laterale kanalen, ovale uitlopers en isthmussen

De vloeistofstroming in laterale kanalen, isthmussen of ovale uitlopers is beperkt voor irrigatiesystemen die een parallelle stroom ten opzichte van de wortelkanaalwand produceren (handirrigatie en negativedrukirrigatie) en voor sonische activatie (Burlison et al, 2007; Al-Jaada et al, 2009; De Gregorio et al, 2010; Jiang et al, 2010a). De stroming in het wortelkanaal veroorzaakt een stroming in het laterale kanaal en de penetratie van het spoelmiddel is een aantal maal de diameter van de opening van het laterale kanaal (Shankar et al, 2000). Aangetoond is dat handirrigatie niet effectief is in isthmussen en ovale uitlopers (Burlison et al, 2007; Riccucci en Siqueira 2010). Ultrasonische en laser-geactiveerde irrigatie zijn dat wel. Deze kunnen een sterke laterale stroom genereren, die het oplossen van weefsel in laterale kanalen, isthmussen of ovale kanaaluitlopers bevordert (Burlison et al, 2007; Al-Jadaa 2009; De Gregorio et al, 2009; De Groot et al, 2009; De Gregorio et al, 2010; De Moor et al, 2010; Jiang et al, 2010b; Castelo-Baz et al, 2012). Recentelijk is een nieuwe techniek gepubliceerd om een isthmus tussen 2 kanalen te reinigen met behulp van handirrigatie in het ene kanaal en negativedrukirrigatie in het andere. Dit zou een stroming door de isthmus forceren die effectiever dentinedebris uit de isthmus kan verwijderen dan handirrigatie, negativedrukirrigatie en ultrasonische irrigatie (Thomas et al, 2014).

De tubuli

Het reinigen van dentinetubuli (diameter 0,5-3,2 µm, lengte 1-2 mm) is erg moeilijk vanwege hun afmeting die penetratie van spoelmiddelen via diffusie of convectie vrijwel onmogelijk maakt (Haapasalo et al, 1987; Ørstavik et al, 1990). Diffusie door de smalle opening is langzaam en convectie is beperkt tot slechts een aantal micrometers in de tubuli, ervan uitgaande dat de tubulus gevuld is met vloeistof (Zou et al, 2010; Verhaagen et al, 2014b).

Extrusie van spoelmiddelen in het periapicale weefsel

Tijdens het irrigeren van het wortelkanaal kunnen de spoelmiddelen geëxtrudeerd worden in het periapicale weefsel (Boutsioukis et al, 2013). Extrusie lijkt niet op te treden tijdens het behandelen van vitale pulpae wanneer de instrumentatie en irrigatie beperkt blijft tot het wortelkanaalstelsel (Salzgeber en Briljant, 1977). De aanwezigheid van apicaal pulpaweefsel en een apicale constrictie lijken een afdoende barrière te zijn. Bij een geïnfecteerde pulpa is die barrière minder, onder andere omdat de apicale constrictie geresorbeerd is, waardoor extrusie vaker

wordt gerapporteerd. Het periapicale ontstekingsweefsel dat is omgeven door het corticale bot bepaalt de druk die groter moet zijn dan de druk in het wortelkanaal om extrusie te voorkomen (Psimma et al, 2013a). Extrusie kan gemakkelijk worden voorkomen door het vastlopen van de naald in het wortelkanaal te vermijden (Psimma et al, 2013b). Dit is een extra reden om het apicale wortelkanaal voldoende vorm te geven voordat de irrigatieprocedure wordt gestart. Extrusie van spoelmiddelen veroorzaakt niet altijd een extrusie-accident met symptomen. Dit hangt waarschijnlijk samen met de druk waaronder de vloeistof in de periapicale weefsels wordt geperst. Uit onderzoek is gebleken dat sonische of ultrasone irrigatie geen apicale extrusie veroorzaken. Hand-, sonisch en ultrasoon geactiveerde irrigatie kunnen zonder problemen toegepast worden bij gebitselementen met open apices. Er is geen goed onderzoek gedaan naar apicale extrusie tijdens laser-geactiveerde irrigatie, daarom is het moeilijk hier een gefundeerde uitspraak over te doen.

Frictiekrachten op de wortelkanaalwand

Handirrigatie

Zoals er verschillende soorten vloeistofstroming ontstaan bij het gebruik van naalden met een zijwaartse opening of een open einde, zo zijn er ook verschillen in de frictiekrachten op de kanaalwand die ontstaan bij de stroming van vloeistof over de kanaalwand. Tijdens het gebruik van de open einde naalden is er een gebied van verhoogde frictiekrachten te zien op de wortelkanaalwand (~200 N/m²) daar waar de stroming onstabiel is, ongeveer 2 tot 3 mm voor de tip van de naald (afb. 2). De naalden met de zijwaartse opening produceren lokaal op een klein oppervlak relatief grote frictiekrachten (~500 N/m²), daar waar de opening van de naald geplaatst is tegenover de kanaalwand (Boutsoukis et al, 2010a; Chen et al, 2014). De beste reiniging van de kanaalwand is daarom te verwachten bij de tip van de naald. Dit is een extra reden om tijdens handirrigatie de naald op en neer in het wortelkanaal te bewegen.

Tijdens negativedrukirrigatie zijn de frictiekrachten op de wortelkanaalwand relatief gering en gelijk verdeeld over de gehele wortelkanaalwand in tegenstelling tot handirrigatie, waar de frictiekrachten op sommige locaties hoog zijn.

Sonisch of ultrasoon geactiveerde irrigatie

Sonisch of ultrasoon geactiveerde irrigatie veroorzaakt niet-uniforme frictiekrachten op de wortelkanaalwand en deze zijn het hoogst waar de oscillatieamplitude van het oscillerend instrument het hoogst is, namelijk bij de buiken. Voor ultrageluid zijn de frictiekrachten geschat in de orde van 500 N/m² met behulp van een computersimulatiemodel, maar helaas is dit model niet gevalideerd (Chen et al, 2014). De invloed van de oscillerende component van de vloeistofstroming op de druk en de frictiekrachten op de kanaalwand is 2 tot 3 maal groter dan de stabiele component en bedragen respectievelijk 3000 N/m² en 2 N/m². De stabiele component oefent een constante druk uit op de

wortelkanaalwand en die is het hoogste iets uit de as van de richting van de oscillatie (Deshpande et al, 1982; Phares et al, 2000). De oscillerende frictiekrachten en druk veroorzaken een cyclische druk op de biofilm op de wortelkanaalwand. Omdat biofilm een visco-elastisch materiaal is, zal de biofilm hierdoor energie verliezen (Guelon et al, 2011). Daarom kan de oscillatie uiteindelijk resulteren in het aantasten van de structuur en eventueel het verwijderen van de biofilm. Bij sonisch geactiveerde irrigatie is de frequentie veel lager en is de kans op het optreden hiervan minder aanwezig.

Laser-geactiveerde irrigatie

Tijdens door laser-geactiveerde irrigatie worden de frictiekrachten waarschijnlijk veroorzaakt door de vloeistofstroming die optreedt na de implosie van de cavitatiebel die wordt veroorzaakt door de laserenergie. De berekende frictiekrachten op de wortelkanaalwand zijn ongeveer 1000 N/m².

Biofilmverwijdering tijdens wortelkanaalirrigatie

Frictiekrachten op de wortelkanaalwand zouden de biofilm mechanisch kunnen verwijderen. De biofilm wordt gestructureerd door een matrix van hoofdzakelijk extracellulaire polymere substanties en deze matrix beschermt onder andere de micro-organismen tegen chemische en mechanische bedreigingen (Stewart en Franklin, 2008). Daarom kunnen de visco-elastische eigenschappen ook worden gezien als een virulentiefactor (He et al, 2013). Onder invloed van geringe stress kan de biofilm elastisch deformeren, terwijl deze onder hoge stress viskeus kan stromen (Körstgens et al, 2001; Flemming en Wingerder 2010). Krachten die door vloeistofstroming op de biofilm worden uitgeoefend, kunnen leiden tot absorptie van energie in de biofilm, wat vervolgens volumetrische expansie kan veroorzaken (Busscher et al, 2003). Deformatie boven de elasticiteitsgrens kan delen van de biofilm lostrekken ('cohesive failure') of de biofilm volledig lostrekken ('adhesive failure'). Zit de deformatie in het plastische gebied maar onder de elasticiteitsgrens, dan expandeert de biofilm maar wordt niet losgetrokken (Busscher et al, 2003). Het lostrekken van delen van de biofilm of expansie van de biofilm heeft als gevolg dat spoelmiddelen de biofilm beter kunnen binnendringen, waardoor het chemisch effect van de spoelmiddelen wordt versterkt (He et al, 2013). Als de biofilm niet helemaal wordt verwijderd, kunnen de resten hiervan adhesie en organisatie van nieuwe micro-organismen en biofilm faciliteren (Busscher et al, 2003). Helaas is er niet veel bekend over het effect van vloeistofstroming op een biofilm. Dat komt waarschijnlijk doordat het moeilijk is te bestuderen en daarvoor een multidisciplinaire samenwerking vereist is. Verder is de diversiteit in biofilms oneindig en varieert deze zelfs sterk in de mond van 1 patiënt.

In de onderzoeksliteratuur worden verschillende waarden gegeven voor de elasticiteitsmodulus en de cohesieve krachten, respectievelijk variërend van 101 - 102 Pa en 101 - 103 Pa (Flemming et al, 2011; Böl et al, 2012). De druk en de frictiekrachten die worden ontwikkeld tijdens

ultrasonen en laser-geactiveerde irrigatie kunnen deze waarden bereiken en zouden theoretisch in staat moeten zijn iets aan biofilmverwijdering bij te dragen. Aangezien er echter geen data bekend zijn betreffende de adhesieve en cohesieve krachten van een endodontische biofilm, kunnen hierover geen uitspraken worden gedaan.

Interactie tussen een biofilm en vloeistofstroming opgewekt door sonisch, ultrasonen of laser-geactiveerde irrigatie

Zwakke krachten op de biofilm of een biofilm met een sterke matrix resulteren alleen in elastische deformatie van de biofilm: de biofilm neemt na het stoppen van de stress zijn oorspronkelijke vorm weer in. Periodieke stress op de biofilmstructuur, zoals die plaatsvindt bij ultrasonen of laser-geactiveerde irrigatie, zou kunnen leiden tot cohesieve defecten of uitputting van de biofilm (Flemming et al, 2011). De drempelwaarde is echter onbekend. Bij hogere frictiekrachten of een minder sterke matrixstructuur zou viskeuze deformatie van de biofilm kunnen optreden. In dat geval vervormt en/of verschuift de biofilm met als doel de stress te minimaliseren (Klapper et al, 2002). Tijdens een constante vloeistofstroming zal de biofilm een vaste positie innemen en zal er geen verdere deformatie plaatsvinden. Daarom kan het opwekken van een wisselende vloeistofstroming, zoals gegenereerd door ultrageluid of laser, een voordeel zijn.

Nawoord

Recentelijk is een nieuw irrigatiesysteem op de markt gebracht, het Multisonic Ultracleaning System® (Sonendo Inc.), waarvan het precieze werkingsmechanisme nog niet openbaar is en een validatie ervan dus nog ontbreekt (Haapsalo et al, 2014).

Helaas zijn er weinig gerandomiseerde klinische onderzoeken binnen de endodontologie en op het gebied van de irrigatie is er slechts 1 (Liang et al, 2013). Hoewel er overtuigend bewijs is uit *in vitro*-onderzoeken dat ultrageluid een effectievere stroming in het wortelkanaal opwekt en beter reinigt, kon dit protocol *in vivo* niet worden vertaald naar een hoger succespercentage van de endodontische behandeling. Er zijn verschillende verklaringen mogelijk en misschien geeft een aanpassing van het protocol een andere uitkomst. Het genezen van parodontitis apicalis hangt echter van veel factoren af. Verder weten we dat niet alle micro-organismen of biofilm tijdens een wortelkanaalbehandeling uit het wortelkanaalstelsel kunnen worden verwijderd vanwege de complexe anatomische structuur van het wortelkanaalstelsel en de visco-elastische eigenschappen van de biofilm. Misschien kan daarom een toename van het succespercentage van een wortelkanaalbehandeling moeilijk worden bereikt en moeten we meer gaan nadenken over de mogelijkheden van preventie van een endodontische behandeling.

Literatuur

- * Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals:

Onderzoek en wetenschap

- impact of canal location and angulation. *Int Endod J* 2009; 42: 59-65.
- * Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod* 1975; 1: 127-135.
- * Blanken JW, Verdaasdonk RM. Cavitation as a working mechanism of the Er,Cr:YSGG Laser in endodontics: a visualization study. *J Oral Laser App* 2007; 7: 97-106.
- * Bül M, Ehret A, Bolea AA, Hellriegel J, Krul R. Recent advances in mechanical characterisation of biofilm and their significance for material modeling. *Crit Rev Biotechnol* 2012; 33: 145-171.
- * Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, Sluis LWM van der. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 2010a; 36: 87-89.
- * Boutsoukis C, Verhaagen B, Kastrinakis E, Versluis M, Sluis LWM van der. The effect of preparation size on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J* 2010b; 43: 874-881.
- * Boutsoukis C, Verhaagen B, Kastrinakis E, Versluis M, Sluis LWM van der. The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid. *Int Endod J* 2010c; 43: 909-916.
- * Boutsoukis C, Psimma Z, Sluis LWM van der. Factors affecting irrigant extrusion during root canal irrigation: a systematic review. *Int Endod J* 2013; 46: 599-618.

De volledige literatuurlijst bij dit artikel is beschikbaar op de NTVT-website.

Summary

Endodontics in motion: new concepts, materials and techniques 3.

The role of irrigants during root canal treatment

The aims of root canal irrigation are the chemical dissolution or disruption and the mechanical detachment of pulp tissue, dentin debris and smear layer (instrumentation products), microorganisms (planktonic or biofilm) and their products from the root canal wall, their removal out of the root canal system and their chemical dissolution or disruption. Each of the endodontic irrigation systems has its own irrigant flow characteristics, which should fulfill these aims. Without flow (convection), the irrigant would have to be distributed through diffusion. This process is slow and depends on temperature and concentration gradients. On the other hand, convection is a faster and more efficient transport mechanism. During irrigant flow, frictional forces will occur, for example between the irrigant and the root canal wall (wall shear stress). These frictional forces have a mechanical cleaning effect on the root canal wall. These frictional forces are the result of the flow characteristics related to the different irrigation systems.

Bron

L.W.M. van der Sluis

Uit het Centrum voor Tandheelkunde en Mondzorgkunde van het Universitair Medisch Centrum Groningen (CTM-UMCG)

Datum van acceptatie: 9 juli 2015

Adres: dr. L.W.M. van der Sluis, CTM-UMCG Groningen,

Antonius Deusinglaan 1, 9713 AV Groningen

l.w.m.van.der.sluis@umcg.nl