

Laserbehandeling in wortelkanalen

Effectief door explosieve dampbellen

Sinds eind jaren '80 van de vorige eeuw zijn gepulste infraroodlasers voor tandartsen beschikbaar. Deze lasers blijken interessante toepassingen te hebben in de endodontie. In een *in vitro*-model met kleurstoffen is aangetoond dat met deze lasers een wortelkanaal effectief kan worden gespoeld. Het werkingsmechanisme in het wortelkanaal in combinatie met vloeistof was echter onduidelijk. Met behulp van een speciale 'high speed imagingtechniek' is het werkingsmechanisme van een gepulste infraroodlaser nader bestudeerd. Hierbij werd gebruikgemaakt van een model van een tandwortel in een bassin dat was gevuld met water of met een oplossing van 5% natriumhypochloriet. Het werkingsmechanisme is toe te schrijven aan door explosieve dampbellen geïnduceerde grote vloeistofstromen, turbulentie en cavitatie-effecten. Deze verschijnselen lijken een grote bijdrage te leveren aan het schoonmaken en desinfecteren van een wortelkanaal.

Blanken JW, Verdaasdonk RM. Laserbehandeling in wortelkanalen. Effectief door explosieve dampbellen
Ned Tijdschr Tandheelkd 2009; 116: 355-360

Inleiding

Al meer dan 20 jaar worden lasers toegepast in de endodontie. Veel van de daarbij toegepaste golflengtes zijn onderwerp van onderzoek geweest. Een overzicht van de daarbij gebruikte lasers staat vermeld in tabel 1. Een groot deel van deze onderzoeken betrof patiëntbeschrijvingen en *in vitro*-onderzoeken waarbij duidelijk werd dat vrijwel alle lasers in meer of minder mate bactericide-effecten hadden, in sommige gevallen de smearlaag in meer of mindere mate konden verwijderen, en thermisch veilig waren (Moritz et al, 1997a; Moritz et al, 1997b; Schoop et al, 2004; Moritz et al, 2006). De bactericide-effecten van lasers worden voornamelijk toegeschreven aan lokale warmte-effecten. Afhankelijk van de kleur van het licht die een bepaalde laser uitstraalt, ontstaat warmte bij absorptie van het licht door een substraat zoals het dentine of de celwand van een bacterie. Dit warmte-effect en de mate van lichtabsorptie zijn specifiek voor het substraat in relatie tot de golflengte van het laserlicht. In hoeverre de resultaten van de vele *in vitro*-onderzoeken klinisch relevant zijn, is moeilijk te beoordelen omdat weinig resultaten van klinische onderzoeken beschikbaar zijn.

De Er:YAG- en Er,Cr:YSGG-lasers zijn op de markt gebracht als preparatielasers. Het bleek mogelijk met deze lasers op een veilige manier te prepareren in glazuur en dentine. Ook preparaties in bot waren mogelijk en chirurgische behandelingen konden worden uitgevoerd zonder thermische neveneffecten (Colucci et al, 2008). Deze lasers zijn vervolgens ook toegepast in de endodontie (Kimura et al, 2001; Schoop et al, 2002). Er bleek een opmerkelijk verschil in het gebruik van dit type lasers met of zonder water. Zon-

der water was het fotothermische effect dominant. Wanneer water werd gebruikt als koeling veranderde de situatie: de smearlaag bleek effectief te zijn verwijderd en de thermische effecten waren zo gering dat van veilig werken kon worden gesproken (Yamazaki et al, 2001). Ook werd het prepareren van wortelkanalen onderzocht en beschreven (Matsuoka et al, 2005a; Matsuoka et al, 2005b).

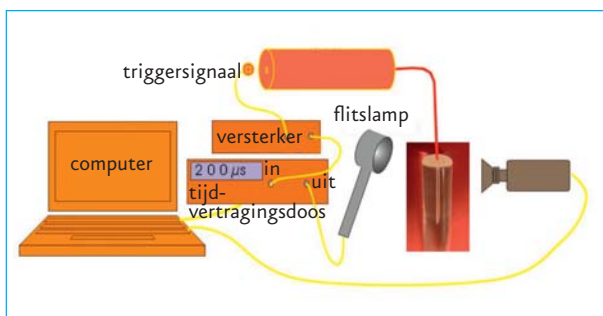
Het werkingsmechanisme van de Er-laser in wortelkanalen bleef echter onderwerp van speculatie en veronderstellingen. Uit eerder onderzoek was al duidelijk dat gepulste lasers in het middeninfraroodgebied in vloeistoffen explosieve dampbellen genereren (Van Leeuwen, 1991). De dynamiek van deze explosieve bellen in een model van een wortelkanaal vormde het doel van dit onderzoek om het werkingsmechanisme van het spoelen en desinfecteren van een wortelkanaal te begrijpen. Met behulp van een 'high

Tabel 1. Overzicht van de in de endodontie gebruikte lasers en hun nomenclatuur.

CO ₂ -laser	Koolstofdioxide-laser
Xe-Cl-(Excimer)	Xenon-Chloor
Nd:YAG-laser	Neodymium-Yttrium-Aluminium-Graanaat
Ho-YAG-laser	Holmium-Yttrium-Aluminium-Graanaat
Argon-laser	Argon
KTP-laser	Kalium-Titanyl-Fosfaat
GaAs-laser	Gallium-Arseen
GaAlAs-laser	Gallium-Aluminium-Arseen
Er:YAG-laser	Erbium-Yttrium-Aluminium-Graanaat
Er,Cr:YSGG-laser	Erbium en Chroom-Yttrium-Scandium-Gallium-Graanaat



Afb. 1. Close-up van 200 μm diameter silicatip met een waterspray in het handstuk van een Er,Cr:YSGG-laser tijdens preparatie van het dentine. De bundel met laserenergie wordt omgeven door een fijne spray van water en lucht. Hiermee is het mogelijk harde weefsels precies en zonder micro-fracturen te verwijderen.



Afb. 2. Schematisch overzicht van de 'high speed imagingtechniek'. Op het moment van een laserpuls wordt via een triggersignaal uit de laser een flitslamp geactiveerd met een regelbare vertraging ($\mu\text{sec.}$). Op het moment van de lichtflits wordt met een digitale camera een beeld opgeslagen in een computer. Tijdens een serie van laserpulsen (20 Hz) wordt automatisch de vertragingstijd opgevoerd en worden de opgenomen beelden verwerkt tot een videoclip.

speed imaging'-opstelling was het mogelijk dit werkingsmechanisme te bestuderen. De eerste resultaten zijn reeds gerapporteerd (Blanken en Verdaasdonk, 2007; Verdaasdonk et al, 2007a; Verdaasdonk et al, 2007b).

Materiaal en methode

De experimenten zijn uitgevoerd met een Er,Cr:YSGG-laser (Waterlase®). Deze laser produceert energieke lichtpulsen met een golflengte van 2.780 nm, met een frequentie van 20 Hz en een pulsduur van 140 μs . De fabrikant levert een assortiment silicatips voor onder andere endodontische toepassingen. De tips zijn zeer flexibel, de diameters ervan bedragen 200, 320 en 400 μm en de lengte varieert van 9 tot 33 mm. Bij een normale toepassing wordt tijdens het activeren van de laser via een spuitstuk om de tip een spray van waterdruppeltjes gecreëerd om koeling te induceren

(afb. 1). Voor de experimenten werd het laserhandstuk gefixeerd boven een bassin gevuld met water of bij enkele experimenten gevuld met een oplossing van 5% natriumhypochloriet (NaOCl). De tips werden enkele millimeters onder het wateroppervlak gedompeld. Op deze wijze zijn de gegevens verzameld van de 3 tipdiameters.

De 'high speed imagingtechniek'

Om explosieve dampbellen of cavitatiebellen vast te leggen, waren complexe en dure camera's nodig die vele duizenden beelden per seconde vastlegden en zo voldoende resolutie in tijd boden om de effecten te registreren die zich binnen het bereik van microseconden afspelen. De onderzoekopstelling wordt getoond in afbeelding 2 en werkt als volgt: bij het begin van iedere laserpuls zendt de laser een signaal via een versterker naar een tijdvertragingdoos. Hierin wordt het signaal al of niet vertraagd in stappen van minimaal 1 μs . Dit signaal gaat vervolgens naar een computer die een videocamera aanstuurt en ook naar een flitslamp die een lichtpuls van ongeveer 5 μs geeft. Tijdens het pulsen van de laser worden beelden opgenomen, terwijl de vertraging van de flitslamp steeds langer wordt (1 tot 1.000 μs). Elk beeld is dus van een andere laserpuls. De beelden worden automatisch achter elkaar gemonteerd zodat een lopende film van de cyclus van 1 cavitatiebel kan worden getoond. Op deze manier is met een resolutie van microseconden de dynamiek van de laserinteractie met water zichtbaar te maken en te bestuderen.

Video-opnamen werden gemaakt in series tot 1.000 μs bij pulsenergieën van 12,5 tot 250 mJ en een vaste frequentie van de laser van 20 Hz. Voor de experimenten was de laser gekalibreerd zodat de display de energie aangaf die ook aan het einde van de glasvezel werd afgegeven (Verdaasdonk, 1999; Verdaasdonk et al, 2007a; Verdaasdonk et al, 2007b).

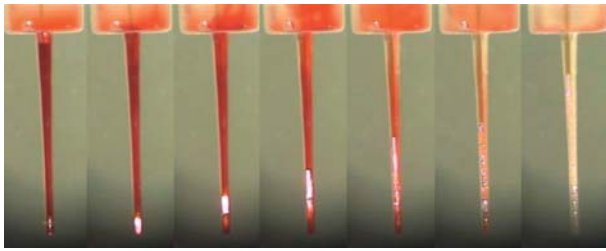
In vitro-model

Om een situatie te creëren die de interactie in een wortelkanaal simuleert werden 2 modellen gebruikt. Het eerste model was een cilinder van glas waarin een wortelkanaal was gemaakt met een diameter ter plaatse van de apex van 400 μm , een taper van 0,06 en een lengte van 15 mm. Het tweede model was een glasblok met eenzelfde wortelkanaal en een ruimte die een pulpakamer simuleerde. Voor de experimenten in deze *in vitro*-modellen werden alleen de 200 μm tips gebruikt in verband met de dimensies van het model.

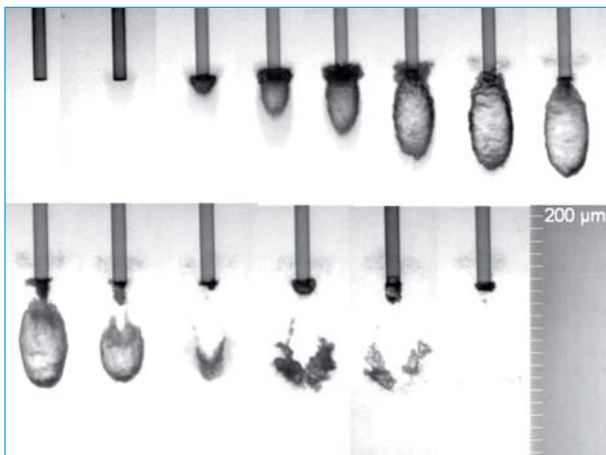
Resultaten

Spoelen van kleurstof uit het wortelkanaal

Om de klinische situatie te simuleren waarbij in een (bijna) droog wortelkanaal een tip wordt ingebracht, was om de *in vitro*-modellen rubberdam aangebracht. Op het moment dat de laser werd geactiveerd, vulde het wortelkanaal zich onmiddellijk door de spraykoeling. Om de vloeistofver-



Afb. 3. Serie van close-upopnamen waarmee het proces van vloeistofuitwisseling in een wortelkanaal tijdens een laserbehandeling in beeld wordt gebracht. Na enkele laserpuls van 125 mJ is de rode vloeistof in het kanaal vervangen door transparante irrigatievloeistof. De beelden zijn opgenomen met een digitale videocamera en een normale snelheid (50 beelden/s).



Afb. 4. Representatieve serie opnamen van een expanderende en imploderende dampbel geïnduceerd met een Er-laserpuls van 50 mJ, opgenomen in een tijdspanne van 0 tot 260 µs met een tijdstap van ongeveer 20 µs tussen elk beeld. De eenheid van de maatverdeling is 200 µm.

plaatsing in het kanaal duidelijk zichtbaar te maken, was de vloeistof in het kanaal vervangen door een rode vloeistof. Het *in vitro*-model werd ondergedompeld in een bassin gevuld met water. De silicatip werd in het wortelkanaal gebracht, de laser werd geactiveerd en de tip werd in 5 seconden langzaam uit het wortelkanaal bewogen. Bij pulsenergieën ≥ 75 mJ verdween de kleurstof binnen enkele seconden uit het wortelkanaal. Duidelijk was te zien dat bij de eerste laserpuls de kleurstof de pulpakamer werd ingeblazen en werd ververst door vloeistof uit de omgeving (afb. 3).

Interactie Er,Cr:YSGG-laser en tip in waterbassin

Van een in water ondergedompelde silicatip werden series video-opnamen gemaakt van de expansie en implosie van dampbellen. De opnamen werden gemaakt van 0 tot 1000 µs vanaf het moment dat de laser een triggersignaal gaf aan het begin van elke puls. Van elk beeld werden de dimensies van de dampbel en de verstreken tijd geregistreerd.

Een serie beelden uit deze videoserie is te zien in afbeelding 4 en het zichtbaar gemaakte proces laat zich als volgt beschrijven: vanaf het begin van de puls tot ongeveer 45 µs

wordt het laserlicht geabsorbeerd door een laag water van ~ 5 µm voor de silicatip. Dit laagje wordt stapsgewijs tot meer dan 100° C verwarmd en gaat onder hoge druk over van vloeistof- naar dampfase. De damp expandeert totdat de omgevingsdruk is bereikt. Het volume van de damp is dan 1.600 maal het volume van de oorspronkelijke vloeistof. Tijdens de expansie straalt het laserlicht door de damp waardoor aan de voorkant van de dampbel de vloeistof continu in damp wordt omgezet. Op deze wijze vormt zich een langgestrekte dampbel in de vloeistof totdat de laserpuls na ~ 140 µs stopt, zoals is te zien in de bovenste rij beelden van afbeelding 4. Op het moment dat de energietoevoer stopt, wordt de dampbel instabiel door afkoeling en condensatie. In de onderste rij beelden is te zien dat de bel zeer snel implodeert. Als de dampbel implodeert, is de vloeistofstroom gericht naar het centrum van de bel, terwijl het contact met de silicatip verloren gaat (Van Leeuwen et al, 1991).

Met een oplossing van 5% NaOCl werden deze experimenten herhaald. Het proces van dampbelvorming was hierin gelijk aan de dampbelvorming in water. De dampbellen hadden een identieke vorm en ook het gedrag in de tijd was gelijk. Duidelijk was te zien dat de reeds aanwezige gasbellen in een NaOCl-oplossing sterk bewogen in patronen tijdens het activeren van de laser en onmiddellijk stilstonden bij het beëindigen van de laserpuls.

De resultaten van de metingen toonden aan dat de lengte van de dampbel bij een maximale pulsenergie van 300 mJ bij 20 Hz (6 watt) varieert van 3 tot 4,5 mm voor de tips Z2, Z3 en Z4 die een diameter hebben van respectievelijk 200, 320 en 400 µm (afb. 5).

Interactie Er-laser en tip in wortelkanaalmodel

Vervolgens werd het effect van de dampbellen met 'high speed imaging' onderzocht in het nauwe wortelkanaal van de 2 modellen. Alleen Z2 silicatips met een diameter van 200 µm werden gebruikt in verband met de afmetingen van het wortelkanaal. Representatieve resultaten zijn weergegeven in de afbeeldingen 6 en 7.

Bij vergelijking van de situatie in een wortelkanaal met die in een waterbassin viel het volgende op:

- Het begin van de vorming van een dampbel vond op hetzelfde moment plaats (na 45 µseconden).
- Het proces van expansie tot het moment van implosie van de dampbel in het wortelkanaal duurde vergeleken met het proces in een vrije waterruimte 2 tot 3 maal zo lang. De tijd van expansie van de bel tot implosie is weergegeven in relatie tot de energie van de laserpuls. Dit verschil wordt toegeschreven aan de toegenomen weerstand en daardoor de druk in het nauwe lumen van het wortelkanaal (afb. 8 en 9). De sterke druktoename in het wortelkanaal wordt geïllustreerd in de afbeeldingen 6 en 7. Er is voor de activatie van de laser een normale luchtbel onder de silicatip zichtbaar. Deze luchtbel wordt bij het begin van de vorming van een dampbel sterk samengedrukt tot een platte schijf (2e en 3e beeld van afb. 6 en 7). Tijdens de implosie ontstaat onder-

druk in het wortelkanaal en expandeert de luchtbel sterk (voorlaatste beelden van afb. 6 en 7).

Omdat groei van de bel in apicale zin werd tegengewerkt door de toenemende druk in de waterkolom in dat deel van het wortelkanaal, zou de bel zich ook naar coronaal uitbreiden. De druktoename in het apicale gedeelte geeft dan ook aanleiding tot zorg, aangezien mogelijk geïnfecteerd weefsel door de apex kan worden gedrukt en kan leiden tot nadelige effecten in de periapicale weefsels.

Op basis van de gegevens werden gemiddelde stroomsnelheden in het wortelkanaal berekend die wel kunnen oplopen tot 12 m/s (ongeveer 40 km/h) (afb. 10). Het werkingsmechanisme van de Er-laser wordt onder andere toegeschreven aan de krachten die gepaard gaan met deze snelle vloeistofverplaatsingen. Dit is een direct effect van de vorming van explosieve dampbellen.

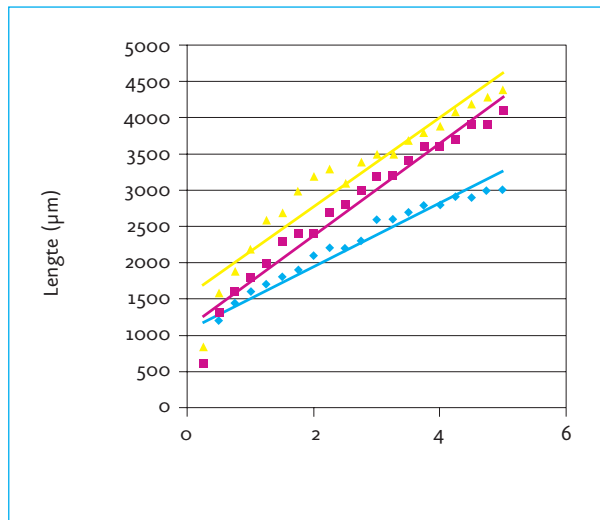
Discussie en conclusies

Met de gebruikte methode wordt het mechanisme waardoor een Er,Cr:YSGG-laser werkt in een wortelkanaal zichtbaar gemaakt. Omdat een Er,Cr:YSGG-laser een golflengte licht produceert die sterk in water wordt geabsorbeerd, is te verwachten dat explosieve expansie en implosie optreden, vergelijkbaar met cavitatie-effecten. Door de restricties in het wortelkanaalmodel is het gedrag van de dampbellen anders dan in de vrije watersituatie. De drukopbouw is groter en het proces van expansie en implosie is vertraagd. De groeiende en imploderende bellen veroorzaken sterke vloeistofverplaatsingen (Levy et al, 1996).

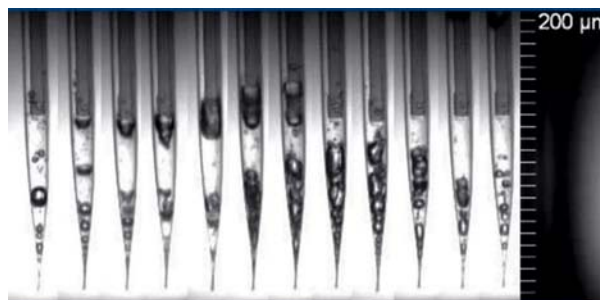
Eerdere onderzoeken hebben laten zien dat *in vitro* een Er,Cr:YSGG-laser in een wateromgeving wortelkanaalwanden kan reinigen zonder noemenswaardige thermische effecten (Yamazaki et al, 2001; Matsuoka, 2005). De gebruikte methode heeft laten zien dat het aannemelijk is dat het werkingsmechanisme wordt gevormd door snelle lokale vloeistofbewegingen en grote drukgradiënten die door expanderende en imploderende dampbellen worden geïnduceerd. Hierbij worden mogelijk ook secundaire cavitatie-effecten gecreëerd. Vitale cellen worden mogelijk uit de matrix gezogen en verscheurd.

De lengte van de bel en de hoge druk (gerelateerd aan de energie in de laserpuls) zijn klinisch relevant in verband met mogelijke schade aan de apex en de periapicale weefsels. Ontstoken weefsel kan door de apex worden gedrukt. Bij hoge pulsenergieën wordt soms enige ablatie- of thermische schade gezien van wortelkanaalwanden. Een verklaring hiervoor kan het bestaan van grote bellen zijn. Hierdoor is geen water aanwezig tussen de tip en een deel van de wand zodat een directe absorptie (= verwarming) van het laserlicht door het dentine plaatsvindt. Omdat water in het dentine ook deze fotonen zal absorberen, zal dampvorming optreden van in het dentine ingesloten watermoleculen en ontstaan er micro-explosies.

Geen verschillen zijn aangetoond in het werkingsmechanisme bij gebruik van water en bij een oplossing van



Afb. 5. Maximale lengte van de dampbel in relatie tot het vermogen bij 20 pulsen per seconden voor verschillende diameter lasertips (200, 320 en 400 µm, respectievelijk blauw, paars, geel).



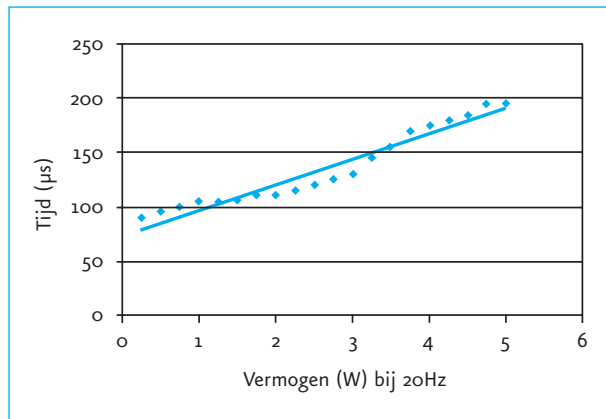
Afb. 6. Representatieve serie opnamen van een expanderende en imploderende dampbel in een model van een wortelkanaal met een taps toelopende apex, geïnduceerd met een Er-laserpuls van 12 mJ, opgenomen in een tijdspanne van 0 tot 700 µs, met een tijdstap van ongeveer 60 µs tussen elk beeld. De eenheid van de maatverdeling is 200 µm.



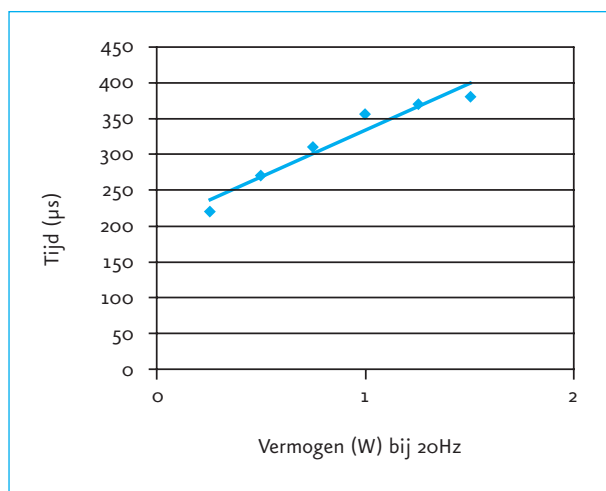
Afb. 7. Representatieve serie opnamen van een expanderende en imploderende dampbel in een model van een wortelkanaal met een rechthoekige apex geïnduceerd met een Er-laserpuls van 50 mJ, opgenomen in een tijdspanne van 0 tot 900 µs met een tijdstap van ongeveer 60 µs tussen elk beeld. De eenheid van de maatverdeling is 200 µm.

5% NaOCl. Verder onderzoek zal moeten aantonen welke de verschillen zijn in reinigende werking tussen water en NaOCl-oplossing en de invloed van de laserparameters. Mogelijk bevorderen de verwarming en de drukverschillen in de vloeistof de chemische effecten van NaOCl.

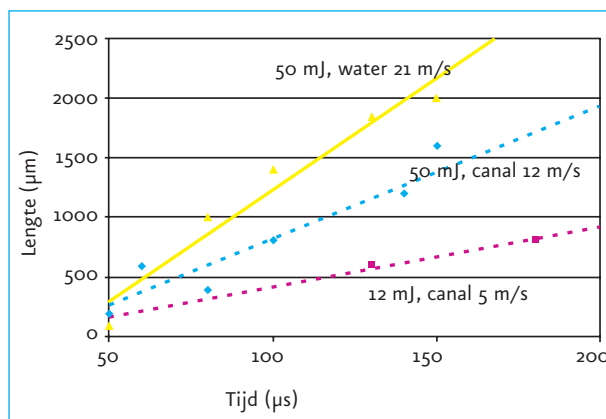
Vooralsnog komt het laserlicht in voorwaartse richting uit de tips, langs de lengteas van het wortelkanaal. In de



Afb. 8. De tijd van expansie van de bel tot implosie in relatie tot de energie van de laserpuls voor een explosieve dampbel in een vrije wateromgeving.



Afb. 9. De tijd van expansie van de bel tot implosie in relatie tot de energie van de laserpuls voor een explosieve dampbel in een wortelkanaalmodel met een diameter van 400 µm. De expansietijd van de dampbel is vertraagd ten opzichte van de wateromgeving (afb. 8).



Afb. 10. Gemiddelde stroomsnelheden afgeleid van de lengte van de expanderende bellen in de tijd voor een vrije wateromgeving (21 m/s bij 50 mJ in water) en in het wortelkanaalmodel ('canal'; diameter 400 µm) voor 12 en 50 mJ pulsenergie (5 en 12 m/s).

toekomst kunnen de tips wellicht zodanig worden gemodificeerd dat het laserlicht naar de wortelkanaalwand wordt afgebogen (Verdaasdonk, 1999). Berekeningen en onderzoek tonen aan dat dit goed mogelijk is (Blanken en Verdaasdonk, 2007; Verdaasdonk et al, 2007a; Verdaasdonk et al, 2007b). De vorm van de dampbellen is bij aangepaste tips ook duidelijk anders. Toekomstig onderzoek zal moeten aantonen of het modificeren van tips klinisch relevant is.

Literatuur

- ▶ Blanken JW, Verdaasdonk RM. Cavitation as a working mechanism of the Er,Cr:YSGG laser in endodontics: a visualization study. *J Oral Laser Appl* 2007; 7: 97-106.
- ▶ Blanken JW, Verdaasdonk RM. Modification of fibres for an Er,Cr:YSGG laser. A study using ray tracing, high speed imaging and colour Schlieren techniques. *Proceedings laser congress SOLA International Bruges 2007*. Bruges: SOLA International, 2007.
- ▶ Colucci V, Lucisano Botelho do Amaral F, Pécora JD, Palma-Dibb RG, Milori Corona SA. Water flow on erbium: yttrium-aluminum-garnet laser irradiation: effects on dental tissues. *Lasers Med Sci* 2008; April 19: Epub ahead of print.
- ▶ Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J* 2000; 33: 173-185.
- ▶ Lauterborn W, Ohl C. Cavitation bubble dynamics. *Ultrasonics Sonochemistry* 1997; 4: 65-75.
- ▶ Leeuwen TG van, Veen MJ van der, Verdaasdonk RM, Borst C. Non-contact tissue ablation by Holmium: YSGG laser pulses in blood. *Lasers Surg Med* 1991; 11: 26-34.
- ▶ Levy G, Rizoju I, Friedman S, Lam H. Pressure waves in root canals induced by Nd:YAG laser. *J Endod* 1996; 22: 81-84.
- ▶ Matsuoka E, Jayawardena JA, Matsumoto K. A morphological study on root canal preparation using erbium,chromium:ysgg laser. *J Oral Laser Appl* 2005; 1: 17-22.
- ▶ Matsuoka E, Jayawardena JA, Matsumoto K. Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg* 2005; 23: 480-484.
- ▶ Moritz A, Beer F, Goharkhay K, Schoop U. *Oral laser application*. Berlin: Quintessence Pub. Co., 2006.
- ▶ Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. *In vitro* irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int* 1997a; 28: 205-209.
- ▶ Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Doertbudak O, Sperr W. Irradiation of infected root canals with a diode laser *in vivo*: results of microbiological examinations. *Lasers Surg Med* 1997b; 21: 221-226.
- ▶ Schoop U, Kluger W, Moritz A, et al. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med* 2004; 35: 111-116.
- ▶ Schoop U, Moritz A, Kluger W, et al. The Er:YAG laser in endodontics: results of an *in vitro* study. *Lasers Surg Med* 2002; 30: 360-364.
- ▶ Verdaasdonk RM. *Medical laser: fundamentals and applications*. In: Finlayson DM, Sinclair BD (eds.). *Advances in lasers and applications*. Bristol: Institute of Physics Publishing, 1999.

- › Verdaasdonk RM, Blanken JW, Heeswijk H van, Roode R de, Klaessens J. High speed imaging of an Er,Cr:YSGG laser in a model of a root canal. In: Reichmann P, Fried D (eds.). Proceedings of the SPIE, 6425. Lasers in Dentistry XIII, 2007a.
- › Verdaasdonk RM, Klaessens J, Roode R de, Boorder T de, Blanken JW. Dynamic change of characteristics of (modified) fiber tips used with micro second pulsed lasers in a liquid environment influencing the effectiveness and safety of treatment. In: Jacques SL, Roach WP (eds.). Proceedings of the SPIE, 6435. Optical Interactions with Tissue and Cells XVIII, 2007b.
- › Yamazaki R, Goya C, Yu D, Kimura Y, Kokichi M. Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a laser scanning electron microscopic and thermographic study. J Endod 2001; 27: 9-12.

Summary

Laser treatment in root canals. Effective by explosive vapour bubbles

Since the late eighties pulsed infrared lasers like the Er:YAG and the Er,Cr:YSGG lasers are available for dentists. These lasers appear to have interesting applications in endodontics. It was demonstrated *in vitro*, with dyes, that a root canal can effectively be irrigated with them. Initially these lasers were recommended for preparation of enamel, dentin and bone and for surgery. The way that it worked in a root canal in combination with a liquid was, however, not clear. With a special high speed imaging technique the working mechanism of a pulsed infrared laser was studied, using a model of a root canal in a basin filled with either water or with a 5% NaOCl solution. The working mechanism can be attributed to the high stream of liquid, the turbulence and the cavity-effects, created by explosive vapour bubbles. These phenomena appear to make a major contribution to the cleansing and disinfecting of the root canal.

Bron

J.W. Blanken¹, R.M. Verdaasdonk²

Uit ¹de sectie Tandheelkundige Materiaalwetenschappen van het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA) en een privé-praktijk te Utrecht en ²de afdeling Medische Technologie & Klinische Fysica van het Universitair Medisch Centrum (UMC) te Utrecht

Datum van acceptatie: 29 januari 2009

Adres: dr.ir. R.M.Verdaasdonk, UMC Utrecht, postbus 85500, 3508 GA Utrecht

r.m.verdaasdonk@umcutrecht.nl

Dankwoord

De auteurs bedanken de heer R. Mansveld Beck voor zijn technische ondersteuning en dr. L. van der Sluis voor het beschikbaar stellen van één van de *in vitro*-modellen.