

E. Reich

Lasers in de tandheelkunde 4

Verwijdering van carieus weefsel met lasers

Samenvatting

Trefwoorden:

- Cariës
- Laser
- Restauratieve tandheelkunde

Dit artikel werd vertaald en bewerkt door J.J. ten Bosch.

Datum van acceptatie:

31 mei 2002.

Adres:

E. Reich

KaVo Dental GmbH

Bismarckring 39

88400 Biberach

Duitsland

reich@kavo.de

Afb. 1. Resultaten van een computersimulatie van de temperatuurverhoging van glazuur bij bestraling met een enkele puls uit een Er:YAG-laser, als functie van de tijd na toediening van de puls. Er worden curven gegeven voor het oppervlak en voor verschillende diepten in het glazuur daaronder (Hibst, 2001).

Tegenwoordig zijn er veel lasers beschikbaar voor tandheelkundige toepassingen. Voor het verwijderen van carieus weefsel in glazuur of dentine zijn er slechts enkele geschikt. Er:YAG-lasers zenden een golflengte uit die door water maximaal geabsorbeerd wordt. Daardoor is het weefselverwijderend effect in glazuur en dentine hoog en kunnen deze lasers goed worden gebruikt voor het verwijderen van carieus weefsel en kleine restauraties. De neveneffecten van Er:YAG-lasers met waterkoeling zijn gering in vergelijking met die van roterend instrumentarium. Een reactie van de pulpa zal alleen optreden als de dentinelaag boven de pulpa zeer dun is of wanneer de pulpa rechtstreeks door de laserbundel wordt getroffen. In andere gevallen is de warmteontwikkeling binnenin de tand zo gering dat er een positieve reactie is door vorming van secundair dentine, mits uiteraard de tand vitaal is.

In de toekomst zullen aan de bestaande toepassingen nieuwe worden toegevoegd, zoals een minimaal invasieve techniek waarbij de Er:YAG-laser wordt gekoppeld aan een diagnostisch instrument om terugkoppeling te bewerkstelligen.

REICH E. Lasers in de tandheelkunde 4. Verwijdering van carieus weefsel met lasers. Ned Tijdschr Tandheelkd 2002; 109: 246-249.

Lasersystemen voor tandheelkundig gebruik

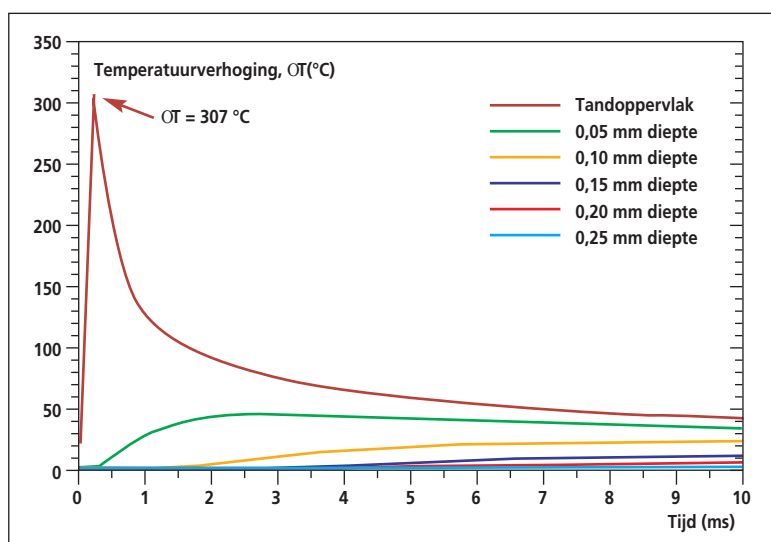
De uitvinding van de laser heeft veel belangstelling opgewekt bij zowel de tandheelkundige professie als het grote publiek. Omdat er in de mondholte verschillende weefsels voorkomen, zijn er verschillende lasers voor tandheelkundig gebruik ontwikkeld. Het behandelen van carieuze laesies zonder direct mechanisch contact vermindert de pijnklachten en de neveneffecten, waarmee een droom die bestaat sinds de uitvinding van de eerste laser, veertig jaar geleden, werkelijkheid wordt. Lasers verschillen voornamelijk in de uitgezonden golflengte en het uitgezonden vermogen. De laserstraling dringt het weefsel binnen en wordt daar geabsorbeerd. Deze absorptie bepaalt het effect dat de laserbehandeling in het weefsel heeft. Bij een lage absorptie, zoals bij lasers die werken bij zichtbare en nabij infrarode golflengten, dringt de straling diep in het weefsel door. Voorbeelden van dergelijke lasers

zijn de Argon-lasers, diodelasers en Nd:YAG-lasers (zie ook Ten Bosch, 2002, afb. 2). Lasers met een langere golflengte, zoals de Er:YAG- en de CO₂-lasers (Featherstone, 2002), hebben door een hogere absorptie een veel geringere indringdiepte (ongeveer 0,01 mm) in de harde tandweefsels.

Het uitgestraalde vermogen van lasers voor therapeutische doeleinden is van de orde van enkele Watt. Diodelasers, Argon-lasers en CO₂-lasers werken continu. Er:YAG- en sommige Nd:YAG-lasers werken in korte pulsen. De energie in één puls, uitgedrukt in Joule, is dan een meer relevante maat. Ook wordt wel het gemiddeld vermogen in Watt opgegeven.

De effecten van laserstraling op gezond tandweefsel

Het effect van laserstraling op glazuur en dentine is afhankelijk van de golflengte en het (gemiddelde) vermogen. De eerste lasers hadden aanzienlijke neveneffecten en konden niet in de mondholte worden gebruikt vanwege het risico dat de pulpa zou worden 'gekookt' en vanwege hun geringe nuttige werking. De mechanische neveneffecten van lasers zijn erg laag in vergelijking met roterend instrumentarium, omdat de laserstraling wordt gebundeld op een klein oppervlak. Het neveneffect van een moderne laser zoals een gepulste Er:YAG-laser is erg laag vanwege de hoge absorptie in de harde tandweefsels. Deze absorptie is het hoogst in gezond en carieus dentine vanwege hun hoge watergehalte. Maar ook in glazuur is de absorptie hoog genoeg, omdat het watergehalte daar altijd nog ongeveer 10 volume% is. De combinatie van de hoge absorptie bij de golflengte van de Er:YAG-laser en de hoge energie in een stralingspuls maakt dat deze laser zeer effectief is in harde tandweefsels en het risico van



neveneffecten op de pulpa gering is (afb. 1) (Hibst, 2001).

De hoge stralingsvermogens van lasers tezamen met de hoge absorptie in de tandstructuren zijn de voorwaarden voor het effectief verwijderen van hard tandweefsel. Het verspanend vermogen van een lasersysteem hangt sterk van de golflengte af. De verwijdering van tandmateriaal met een Nd:YAG-, een Cr,Tm:YAG- (golflengte 2,01 μm) of een Cr:TmHo:YAG-laser (2,1 μm) is zeer gering. Dergelijke lasers veroorzaken een temperatuurverhoging in een zeer groot deel van het gebits-element en kunnen niet worden gebruikt voor de verwijdering van carieus weefsel of voor preparatie van een caviteit. Lasers met een hogere absorptie zijn Er:YAG-lasers. Hun golflengte is 2,94 μm wat overeenkomt met een piek in de waterabsorptie. Het verwijderend effect is daarom zeer plaatselijk. Daardoor is ook veel minder vermogen nodig om glazuur of dentine te verwijderen dan met andere infrarode lasers zoals de Nd:YAG (Wannop *et al*, 1993). Zodoende is bij een Er:YAG-laser de warmteontwikkeling dieper in de tand gering en is thermische beschadiging van de pulpa onwaarschijnlijk. Vanwege het hogere watergehalte is het effect op dentine hoger dan in glazuur.

Het werkingsmechanisme van verwijdering met de Er:YAG-laser is een thermisch veroorzaakte micro-explosie. De niet-homogene verdeling in de tand van sterk (water) en zwak (apatiet) absorberend materiaal veroorzaakt een plotselinge verdamping van het water die leidt tot een effectieve verwijdering van het vaste materiaal (afb. 2) (Hibst en Keller, 1993). Vanzelfsprekend is dat de effectiviteit van dit proces afhangt van de concentratie aan water in het materiaal. Zolang water niet het voornaamste bestanddeel is, zal het effect sterker zijn naarmate de waterconcentratie groter is.

Het effect van lasers op carieuze structuren

De selectieve verwijdering van carieus weefsel is gebaseerd op het principe dat de absorptie aldaar door het hogere watergehalte hoger is dan in gezond weefsel (Rechmann en Hennig, 1994). In principe is het mogelijk het laservermogen zodanig in te stellen dat wel het carieuze maar niet het gezonde weefsel wordt verwijderd. Het effect is dan evenwel vrij gering in vergelijking met hogere vermogens waarbij ook gezond dentine wordt verwijderd. Het is aangetoond dat de verwijdering van carieus weefsel met de Er:YAG-laser leidt tot een gezond, niet-geïnfecteerd dentine zonder smeerslag (Aoki *et al*, 1984).

Om het onderscheid in werking in gezond en carieus weefsel te verhogen kan gebruikgemaakt worden van een kleurstof. Dit is een recentelijk ontwikkelde techniek voor de laserverwijdering van carieus glazuur en dentine (McNally *et al*, 1999). Door de auteurs werd een groene kleurstof gebruikt die in de laesie drong. Daarna werd met een diodelaser deze kleurstof explosief verwarmd. De effectiviteit van de verwijdering van het carieuze materiaal en de oppervlaktetemperatuur namen beide toe met de kleurstofconcentratie. De waargenomen temperatuurstijging ná de explosie was klein



Afb. 2. Voorbeeld van het effect van een Er:YAG-laser op gezond glazuur (links) en gezond dentine (rechts). De fibertip van de laser werd bewogen over het behandeld oppervlak.

en er waren geen breuken in de fissuur of het oppervlak te zien. Deze nieuwe techniek lijkt dus veelbelovend voor de verwijdering van carieus weefsel, maar de klinische relevantie moet nog worden aangetoond.

Neveneffecten

Door de bundeling van de laserstraling op een kleine vlek op de tand is de warmteontwikkeling zeer plaatselijk, hetgeen tot breuken in fissuren of andere tandoppervlakken zou kunnen leiden. Daarnaast is een mogelijke verwarming van de pulpa een punt van zorg. Een aantal artikelen in de literatuur heeft deze effecten tot onderwerp. Burkes *et al* (1992) hebben aangetoond dat de verwijdering van carieus weefsel kan worden verbeterd en dat de neveneffecten kunnen worden verminderd door een fijne watermist over de tand te leggen. Mehl *et al* (1997) toonden aan dat bij gebruik van een Er:YAG-laser met de door hen gekozen pulsenergie en puls-herhalingsfrequentie en met een dergelijke mist de temperatuurverhoging gering was bij een hoge verwijderingseffectiviteit van carieus weefsel. Een Nd:YAG-laser met een gezwarte fibertip veroorzaakte een temperatuurverhoging van de pulpa van 8°C bij een pulsenergie van 0,08 joule of hoger. Dit zou kunnen leiden tot onomkeerbare schade. De directe pulpreactie na gebruik van een Er:YAG-laser met de gebruikelijke instellingen werd met laser-Doppler-bloedstroommeting bepaald door Keller *et al* (1991). Daarbij werd minimale reactie gevonden.

In een multicentrumonderzoek in vijf tandheelkundige klinieken is een vergelijking gemaakt van de perceptie en respons op caviteitsbehandeling met conventionele mechanische preparatie en preparatie met een Er:YAG-laser (Keller *et al*, 1998). De 103 patiënten beoordeelden de laserbehandeling als minder belastend dan de mechanische behandeling. Bij de laserbehandeling werd half zo vaak om lokale anesthesie gevraagd als bij de mechanische behandeling. Van de patiënten vond 80% de conventionele behandeling minder aangenaam dan de laserbehandeling, 82% gaf aan de laserbehandeling te prefereren.

Indicaties voor laserbehandeling

Uit de tot nu toe verkregen gegevens blijkt dat een Er:YAG-laser geschikt is voor het verwijderen van carieus weefsel. Voor preparatie van kleine carieuze defec-



Afb. 3. Cariësbehandeling met een Er:YAG-laser. Het betreft een vrouwelijke patiënt van 50 jaar met een carieuze mandibulaire cuspidaat op het buccale oppervlak. Het merendeel van de vulling was verdwenen en er waren klinische tekenen van secundaire cariës aan de randen van de restauratie, in het midden van de caviteit was zacht weefsel detecteerbaar. De tand vertoonde tekenen van overgevoeligheid. (Met dank aan prof. Keller te Ulm).

a. Situatie vóór behandeling.

b. Het carieuze glazuur en dentine werden verwijderd met een Er:YAG-laser met een vermogensinstelling van 0,25 joule per puls en een herhaalfrequentie van 3 pulsen per seconde (KaVo KEY 2). Na de preparatie werd de caviteit gedroogd met een gedefocusseerde laserbundel bij 0,15 joule en 2 pulsen per seconde. Daarna is een restauratie van Dyract TM geplaatst.

c. Een jaar na het plaatsen van deze restauratie is de tand vitaal en er zijn geen tekenen van overgevoeligheid. Aan de mesiale rand is een klein splintertje te zien.

ten lijkt het zelfs een ideale techniek vanwege het kleine brandpunt van de laserbundel en de mogelijkheid om het gebruik visueel te volgen. Andere lasers geven meer neveneffecten onder meer door het verhogen van de pulpatemperatuur tot boven de veilige grens.

Een nevenvoordeel is dat zo'n laser de bacteriële flora zowel in een caviteit als in een wortelkanaal doodt (Hibst *et al*, 1996). Wordt een kleurstof gebruikt dan is daarbij een laag laser vermogen nodig, zó laag dat er geen weefsel wordt verwijderd (Wilson *et al*, 1993). Ook in de paradontale therapie is een Er:YAG-laser met succes gebruikt voor reductie van de bacteriële flora (Schwarz *et al*, 2001; Lioubavina, 2002).

Lasers verwijderen minder tandweefsel per seconde dan diamantboren in een turbine of hogesnelheids-handstuk. Daarom is de efficiëntie van lasers bij caviteitspreparatie geringer dan mechanische preparatie. Gezien de moderne opvattingen over preventieve tandheelkunde en in het bijzonder de minimaal-invasieve therapie behoeft dit echter geen nadeel te zijn. Laserlicht kan immers zeer goed gefocusseerd worden en kan heel precies gericht worden op de plaatsen waar het nodig is. Voor minimaal-invasieve tandheelkunde is het tegenwoordig dan ook een mogelijkheid die voor de algemene praktijk beschikbaar is. Een tweede indicatie is de preparatie van kleine caviteiten op de occlusale en de buccale vlakken.

De Er:YAG-laser is ook met succes gebruikt om de oppervlakteruwheid van caviteiten te verhogen (Hibst en Keller, 1995). Dit zou erop duiden dat een laserbehandeling een primer zou kunnen vervangen om een goede binding van tandkleurige adhesieve materialen te krijgen. Resultaten verkregen met lasers met verschillende golflengten geven echter geen eenduidige conclusie omtrent het succes bij verschillende materialen en primer-bonding-combinaties (Haller *et al*, 1993; Stiesch-Scholz en Hanning, 1999; Fuhrmann *et al*, 2001).

De huidige indicaties voor laserbehandeling zijn aldus de volgende: verwijdering van carieus weefsel, gering-invasieve caviteitspreparatie, fissuurverzegeling (Rechmann *et al*, 2000), en conditionering van caviteitswanden voor adhesieve restauraties.

Toekomstige indicaties kunnen wellicht ontstaan

door het gebruik van nieuwe technieken. De eerste is het reeds genoemde gebruik van een kleurstof die de absorptie van de straling en daarmee de warmteproductie verhoogt. Een andere techniek in ontwikkeling is de koppeling van een Er:YAG-laser aan een diagnostisch instrument voor carieus weefsel in dentine. De laserbundel wordt daarbij gebruikt als een kleine endoscoop die de tand binnendringt nadat bij standaardwaarde van het vermogen een kleine opening in het glazuur is gemaakt waardoor de laserbundel het carieuze dentine kan bereiken. Daarna wordt op geleide van het diagnostisch instrument het carieuze dentine effectief verwijderd (Hibst, 2001). Dit zou zeer geschikt zijn om op minimaal-invasieve manier laesies te behandelen die zich ver in het dentine hebben uitgebreid onder een kleine opening in overigens intact occlusaal glazuur.

Klinisch gebruik

Voor gebruik in de restauratieve tandheelkunde dienen lasers met de juiste golflengte en het juiste vermogen te worden gekozen. Voor het maken van deze keuze dient het werkingsmechanisme en de principes van lasers te worden begrepen.

Een Er:YAG-laser wordt gebruikt met een 'borstelen-de beweging' waarbij plek voor plek wordt behandeld. Omdat er geen direct mechanisch contact is vergelijken met een boor voelt de patiënt minder en is daardoor de behandeling minder bedreigend en pijnlijk (afb. 3). De besturing van de laserbundel wordt mogelijk door gebruik van een rood bundeltje uit een hulp-laser. Aldus kunnen bruine vlekken, carieus glazuur en carieus dentine zowel als gezond dentine en tandkleurige vullingen worden verwijderd.

Het werken met een laser kan snel worden geleerd. Het gebruik in de tandheelkundige praktijk vereist zekere standaardvoorzorgen voor de bescherming van personeel en patiënt, bijvoorbeeld het gebruik van infrarood-absorberende brillen.

Er:YAG-lasers worden verkocht voor prijzen tussen de € 40.000,00 en € 60.000,00. Daarvoor wordt een goede

en unieke behandelingsmethode verkregen voor angstige patiënten en voor de reguliere minimaal-invasieve behandeling van kleine cariëslaesies. Nieuwe technieken die nu in ontwikkeling zijn, zullen dit toepassingsgebied waarschijnlijk nog uitbreiden.

Literatuur

- AOKI A, OTSUKI M, ANDO Y, YAMADA T, WATANABE H, ISHIKAWA I. Application of Er:YAG laser to treat root caries lesion. In: Altshuber GB, Blanjenau RJ, Wigdor H, eds. *Advanced laser dentistry*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers 1995; 155-158.
- BOSCH JJ TEN. Lasers in de tandheelkunde 1. Wat is er bijzonder aan lasers? *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002; 109: 83-87.
- BURKES E, HOKE J, GOMES E, WOLBARSH T M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG laser. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 847-851.
- FEATHERSTONE JDB. Lasers in de tandheelkunde 3. Het gebruik van lasers voor de preventie van cariës. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002; 109: 162-167.
- FUHRMANN R, GUTKNECHT N, MAGUNSKI A, LAMPERT F, DIEDRICH P. Conditioning of enamel with Nd:YAG and CO₂ dental laser systems and with phosphoric acid. *J Orofac Orthop/Fortschr Kieferorthop* 2001; 62(2): 10-13.
- HALLER B, HOFMANN N, KLEMEN J, KLAIBER B. Er:YAG-Laserpräparation und Komposit-Dentinhaftung in vitro. *Dtsch Zahnärztl Z* 1993; 48: 707-712.
- HIBST R. Laser: Aktueller Stand und neue Entwicklungen. *ZM* 2001; 1/10: 54-60.
- HIBST R, KELLER U. Mechanism of Er:YAG laser induced ablation of dental hard substances. In: Gal D, O'Brien SJ, Vangsness C, Thomas C, White JM, Wigdor HA, eds. *Lasers in Orthopedic, dental and veterinary medicine II*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1993; 1880: 156-162.
- HIBST R, KELLER U. Randschluß und Haftfestigkeit von Kompositfüllungen nach Präparation mit dem Er:YAG-Laser. *ZWR* 1995; 104: 78-83.
- HIBST R, STOCK K, GALL R, KELLER U. Controlled tooth surface heating and sterilization by the Er:YAG-laser radiation. In: Maira G, Pini R, Chiesa F, Krasner D, eds. *Laser applications in medicine and dentistry*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1996; 2922: 119-126.
- KELLER U, RAAB W, HIBST R. Die Pulpareaktion während der Bestrahlung von Zahnhartsubstanzen mit dem Erbium-YAG-Laser. *Dtsch Zahnärztl Z* 1991; 46: 158-160.
- KELLER U, HIBST R, MOHR W. Histologische Untersuchungen der Pulpareaktion nach Er:YAG-Laserbestrahlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992; 47: 222-224.
- KELLER U, HIBST R, GEURTSSEN W, ET AL. Erbium-YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. *J Dent* 1998; 26(8): 649-656.
- LIUBAVINA N. Lasers in de tandheelkunde 5. Lasers in periodontology. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002; 109: in druk.
- McNALLY KM, GILLINGS BR, DAWES JM. Dye-assisted diode laser ablation of carious enamel and dentine. *Aust Dent J* 1999; 44(3): 169-175.
- MEHL A, KREMERS L, SALZMANN K, HICHEL R. 3D volume-ablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd:YAG laser. *Dent Mater* 1997; 13: 246-251.
- RECHMANN P, HENNIG T. Caries selective ablation: first histological examinations. In: Anderson RR (ed). *Laser surgery: advanced characterization, therapeutics, and systems IV*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1994; 218: 389-396.
- RECHMANN P, HENNIG T, REICHART P. Periodontal treatment with the frequency-doubled Alexandrite laser in dogs. In: Featherstone JD, Rechmann P, Fried DS (eds). *Lasers in dentistry VI*. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2000; 3910: 35-41.
- SCHWARZ F, SCULEAN A, GEORG T, REICH E. Periodontal treatment with an Er:YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *J Periodontol* 2001; 72: 361-367.
- STIESCH-SCHOLZ M, HANNING M. *In-vitro*-Untersuchung zum Randschlussverhalten von Kompomerfüllungen nach Er:YAG-Laserpräparation. *Dtsch Zahnärztl Z* 1999; 54: 198-201.
- WANNOP NM, DICKINSON MR, KING TA. Erbium:YAG laser radiation interaction with dental tissue. Bellingham: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1993; 2080: 33-43.
- WILSON M, DOBSON J, SARKAR S. Sensitization of periodontopathogenic bacteria to killing by light from a low-power laser. *Oral Microbiol Immunol* 1993; 8: 182-187.

Lasers in dentistry 4. Laser for caries removal

Many lasers are available today for clinical application in dentistry. For the removal of caries in enamel or dentin only few lasers can be used. Er:YAG lasers have a wavelength that coincides with the absorption maximum of water. Because of this characteristic the ablative effect in enamel and dentin is high and these lasers can be used beneficially for caries removal and small preparations. The possible side effects of Er:YAG lasers with water-cooling are minor compared to those of rotary instruments. A pulpal reaction will occur only if there is a very thin dentin layer over the pulp or direct application of the laser beam to the pulp. There is no increased heating with the Er:YAG laser so with vital teeth there is a positive reaction by the formation of reparative dentin.

To the existing indications for lasers like caries removal and preparation of small cavities, in the future new techniques can be added like the use of dyes for enhancement of absorption of the laser radiation, and minimal invasive techniques using feedback from a system for caries detection.

Summary

Key words:

- Laser
- Caries
- Restorative dentistry