



# Antibakterielle Effekte der Nd:YAG-Laserbestrahlung im Wurzelkanalentin

Thomas Klinke, Wolfgang Klimm und Norbert Gutknecht

## Schlüsselwörter

Endodontie, Nd:YAG-Laser, Keimreduzierende Wirkung

## Zusammenfassung

Die mikrobiologische Flora des Wurzelkanalentin kann für den Misserfolg der konventionellen Behandlung des infizierten Wurzelkanals verantwortlich sein, wenn die mechanische Präparation und die chemische Desinfektion den Kanal nicht ausreichend reinigen können. Die vorliegende Studie befasst sich mit der Untersuchung des bakteriziden Effekts der Bestrahlung mit dem Neodymium:Yttrium-Aluminium-Granat- (Nd:YAG-) Laser in der Tiefe des Wurzelkanalentin. Nach der Sterilisation wurden längliche Dentinstreifen in verschiedenen Stärken (100–1000 µm) von einer Seite mit 4 µl einer *Streptococcus mutans*-Suspension beimpft. Die andere Seite der Dentinscheiben wurde dann viermal für 10–20 Sekunden mit dem Nd:YAG-Laser bestrahlt, wobei eine Einstellung von 1,5 W, 15 Pulse pro Sekunde übertragen durch eine 200 µm Glasfaser (Bestrahlungswinkel 5°) gewählt wurde. Die Bakterien wurden anschließend durch Vibration vom Dentin entfernt und auf *Streptococcus mutans* selektive Kulturplatten geimpft. Im Vergleich mit den unbehandelten Dentinstreifen zeigte die Zählung der Kolonien eine höchst signifikante Eliminierung der Bakterien für alle Stärken nach der Laserbestrahlung. Obwohl die Intensität der Laserstrahlung nach der Penetration eines 1000 µm Dentinstreifens abgenommen hat, war dennoch eine bakterizide Wirkung nachweisbar.

## Einführung

Der Behandlungserfolg eines infizierten Wurzelkanals und die Ausheilung einer apikalen Parodontitis hängt davon ab, ob das mikrobiell infizierte Wurzelkanalentin ausreichend entfernt oder desinfiziert werden konnte. Weil ihre emittierte Strahlung einen bakteriziden Effekt hat, sind dentale Laser hilfreich für die Desinfektion und können durch flexible, dünne Glasfasern einfach im Wurzelkanal appliziert werden. Nach der von Gutknecht beschriebenen Methode wird der Wurzelkanal zuerst bis zu einer ISO Größe 30 aufbereitet und dann mittels einer 200 µm Faser bestrahlt. Die Faser wird ohne Aktivierung des Lasers bis zum Apex

eingeführt und anschließend mit kreisenden Bewegungen bei einer Einstellung von 1,5 W und 15 pps, welche als meist effizient erwiesen sind, aus dem Kanal herausgeführt. Der antimikrobielle Effekt des Nd:YAG-Lasers (1064 nm) wurde schon häufig festgestellt. In *In-vitro*-Studien wurden verschiedene Bakterienarten in sterilisierte Wurzelkanäle eingebracht und nach der Behandlung mit dem Laser wieder ausgewaschen. Alle Autoren beschreiben eine hoch signifikante Eliminierung der Bakterien. Es wurde außerdem gezeigt, dass Agenzien, wie z. B. NaOCl, welche zur Desinfektion des Wurzelkanals eingesetzt werden, die gleiche Effizienz besitzen. Die Vorteile der Desinfektion mit dem Laser können also nicht auf der Effizienz basieren. Es gibt

**Tabelle 1:** Mittlere CFU mit und ohne Laserbestrahlung

Bakterielle Beimpfung (CFU/4µl)	Dicke der Proben (µm)	Mittlere CPU der Kontrollgruppen	Mittlere CPU der gelaserten Gruppen
	0	9,11	0,27
	100	65,44	1,15
	150	23,89	0,87
137–838	300	38,75	2,00
	500	5,00	0,77
	750	17,41	2,16
	1000	40,67	1,86

**Tabelle 2:** Reduktion der CFU durch Laserbestrahlung

Dicke (µm)	Zahl der Proben	Mittlere Reduktion der CPU (%)	95 Pct.conf.int. for mean (%)	Signifikanz der Reduktion (Mann-Whitney-U-Test)
0	15	95,7	15,6	0,0000
100	13	93,9	13,7	0,0002
150	15	94,9	12,0	0,0008
300	14	92,9	14,3	0,0001
500	13	85,6	21,1	0,0003
750	12	87,4	29,5	0,0006
1000	14	84,8	23,6	0,0003

Unterschiede in der Penetrationsfähigkeit. Chemische Desinfektionslösungen können die Dentintubuli nur nach der Entfernung des Smear Layers durchdringen. Orstavik und Haapasalo sowie Vahdati *et al.* beschreiben eine Vernichtung der Bakterien im Kanalentin bei der Verwendung von einer NaOCl- sowie Chlorhexidin-Lösung bis in die Tiefe von 100 µm unter der Oberfläche von Schweinezähnen, welche zuvor *in vitro* mit EDTA gespült wurden. Oguntebi betont, dass kein im Handel erhältliches Desinfektionsmittel den Smear Layer entfernt und in die Dentintubuli eindringt, während es antimikrobiell wirkt und eine ausreichende Biokompatibilität zeigt.

Die Strahlung des Nd:YAG-Lasers kann dies leisten. Während der Laserbehandlung wird der Smear Layer entfernt. Ansteigende Temperaturen im umgebenden Parodontium sind bei der Bestrahlung unter üblichen Einstellungen ohne Nebenwirkungen. Behrens und Gutknecht und White *et al.* bestätigen den Befund, dass nach einer Penetrationstiefe von 0,5 mm durch das Dentin nur ein Verlust der Bestrahlungsenergie von einem Drittel der ursprünglichen Energie statt findet. Diese Untersuchungen lassen vermuten, dass die Nd:YAG-Laser in der Lage sind, Pathogene auch in tieferen Schichten der Wurzelkanalwand zu eliminieren, was dem Laser gegenüber chemischen Agenzien voraus wäre. Gutknecht *et al.* zeigten in einer klinischen Studie den Erfolg der Laserbehandlung in Fällen außerhalb konservativer Einflussbereiche. Folglich untersucht diese Studie unter *In-vitro*-Bedingungen die bakteriziden Effekte der Laserbestrahlung nach der Durchdringung von unterschiedlichen Dentindicken.

## Material und Methoden

Die Tests wurden mit Dentinschnitten in sechs unterschiedlichen Dicken zwischen 100 und 1000 µm durchgeführt, welche von extrahierten menschlichen Zähnen präpariert wurden. In fünf Testserien wurden die Streifen im Autoklaven sterilisiert und von einer Seite mit 4 µl einer *Streptococcus mutans* Suspension beimpft, welche eine Konzentration von 3,4–21 x 10<sup>4</sup> CFU/ml thiogluconate aufwies. Nachdem die Bakteriensuspension auf den Dentinschnitten getrocknet war, wurden die Schnitte von der anderen Seite bestrahlt. Zur Anwendung kam hier der SunLase 400 (Sunrise Technologies) mit einer Einstellung von 1,5 W, 15 pps und einer 200 µm Faser, mit welcher die Schnitte viermal in einem Winkel von 5° für 10–20 Sekunden gelasert wurden. Die Bestrahlung erfolgte unter einer konstanten Bewegung und die Bestrahlungsdauer war gewählt aufgrund der Probengröße, da die *In-vivo*-Behandlung im Wurzelkanal von viermal 10 Sekunden simuliert werden sollte. Einige Dentinschnitte waren von der beimpften Seite bestrahlt worden und wurden zu einer Gruppe mit der Dicke 0 zugerechnet. Ungelaserte beimpfte Schnitte wurden der Kontrollgruppe zugeordnet. Die Bakterien wurden von den Schnitten entfernt durch Vibration in thiogluconate Lösung und auf *Streptococcus mutans* selektiven Kulturplatten angesetzt. Nach einer Inkubation von 40 Minuten unter anaeroben Bedingungen wurden die Kolonie formenden Einheiten (= colony-forming units, CFU) für die ganze Platte gezählt.

## Ergebnisse

Die statistische Analyse beinhaltet 96 Laser bestrahlte Proben und 58 kontroll Proben. Die mittleren Werte der CFU aus den Schnitten sind in Tabelle 1 dargestellt. Eine höchst signifikante Beseitigung von CPU's wurde bei allen sieben Dentinschnitt-Dicken festgestellt (Mann-Whitney-U-Test:  $P < 0,0008$ ).

Wie in Tabelle 2 gezeigt, nimmt die Verringerung der CPU's mit der Zunahme der Dentindicke ab. Aber diese Reduktion des Bestrahlungseffekts wird erst nach einer Transmission durch 1000  $\mu\text{m}$  aufwärts signifikant ( $P = 0,0018$ ). Von 46 % der Laser-behandelten Proben konnten keine Kolonien gewonnen werden.

## Diskussion

Vorrangegangene Studien wurden mit bakteriellen Suspensionen, welche in den Wurzelkanal eingebracht und dann Laser bestrahlt wurden, durchgeführt. Der Laserstrahl traf den geimpften Inhalt vertikal im Kanal. Aber die Eliminierung in der Kanalwand ist klinisch ausschlaggebend. Der Laserstrahl trifft die Wand hauptsächlich sehr spitzwinklig, in Abhängigkeit von der Mobilität der Glasfaser im Kanal, der Wurzelkanalkrümmung und dem Austrittsfenster der Laserstrahlung aus dem Ende der Glasfaser. Der Winkel zwischen der Glasfaser und der Dentinoberfläche war als  $5^\circ$  in dieser Studie festgelegt. Die allgemein geringere Eliminierung von Bakterien im Vergleich zu anderen Studien könnte aus diesem Aspekt resultieren.

*Streptococcus mutans* wurde aufgrund seiner Zugehörigkeit zur gemischten Flora des Wurzelkanals ausgewählt. Die Ansammlung in der bakteriellen Suspension war aufgrund der Charakteristika der Bakterien schwierig, so dass die applizierte Menge von 4  $\mu\text{l}$  nur  $10^2$ – $10^3$  CFU enthielt. Das 46 % der Laser behandelten Proben keine Kolonien aufwies, ist kein endgültiger Beleg für die Desinfektion oder sogar Sterilisation der Schnitte. In einer nachfolgenden Studie, bediente man sich einer anderen Bakterienspezies, welche höhere Anfangsraten von CPU's aufwies und deren Ergebnisse einfacher zu interpretieren sind.

Zum einen resultieren die unterschiedlichen Ergebnisse aus den experimentellen Bedingungen und der generellen Ungenauigkeit einer quantitativen, mikrobiellen Analyse, zum anderen aus der biologischen Variabilität des Dentins. Dunkle Stellen auf der Oberfläche verursachen eine Karbonisierung und bedingen eine höhere Absorption der Laserenergie. Die Folge ist eine lokale Tempera-

turerhöhung mit einem bakteriziden Effekt, aber keine Transmission der Laserenergie in tiefere Dentinbereiche, so dass keine Tiefenwirkung gegeben ist. Einige Proben zeigen eine hohe Rate von CPU nach der Bestrahlung. Im Durchschnitt scheint dort nur ein kleiner Verlust des bakteriziden Potentials für die ersten 300  $\mu\text{m}$  des Kanaldentins gegeben zu sein. Die mechanische Entfernung von 300  $\mu\text{m}$  Dentin im Wurzelkanal würde die Erweiterung von ISO 30 auf ISO 90 bedeuten. Sen *et al.* und Gutierrez erforschten Penetrationstiefen für Mikroorganismen in Zähnen bei natürlichen Infektionen bis zu jeweils 150 und 250  $\mu\text{m}$ . Die Tiefenwirkung der Laserstrahlung legt es nahe, dass pathologische Mikroorganismen suffizient eliminiert werden. Diese Ergebnisse zu beweisen, ist die Fragestellung für nachfolgende klinische Studien.

### Autoren

Thomas Klink, D.D.S.<sup>1</sup>, Wolfgang Klimm, D.D.S., Ph.D.<sup>1</sup>, und Norbert Gutknecht, D.D.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Operative Dentistry and Periodontics of the Center of Dentistry, University Clinical Center Carl Gustav Carus, Dresden

<sup>2</sup> Laser Research Institute, Clinic of Conservative Dentistry, University of Aachen

### Bactericidal effects of Nd:YAG laser irradiation in root canal dentin

**Key words:** Endodontics, Nd:YAG laser, Bactericidal effects

#### Summary

One of the main reasons for failure of an endodontical treatment is the recolonization of the area after an insufficient chemical or mechanical disinfection. In this study the bactericidal effect of an Nd:YAG laser in the depth of the root canal dentin was investigated. Dentin slices of different thicknesses between 100 and 1.000  $\mu\text{m}$  were inoculated with a *Streptococcus mutans* suspension. After 4 times irradiation with a Nd:YAG laser set at 1.5 W with 15 Hz and a 200  $\mu\text{m}$  fiber applied in a  $5^\circ$  angle to the dentin surface, the remaining germs were cultivated and the forming colonies were counted. Comparing with an unirradiated control group we found a statistical significant bacterial reduction in all different thicknesses of dentin slices.