

# Einfluss eines Er:YAG-Lasers auf die Oberflächenstruktur von Titanimplantaten

## Klinische Fallberichte

Frank Schwarz, Dr. med. dent.  
Daniel Rothamel, ZA

Jürgen Becker, Univ.-Prof., Dr. med. dent.

Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Aufnahme  
Universitätsklinikum Düsseldorf

Schlüsselwörter: Er:YAG-Laser, Titanimplantate,  
Periimplantitis, Rasterelektronenmikroskopie

Korrespondenzadresse:  
Dr. Frank Schwarz

Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Aufnahme  
Westdeutsche Kieferklinik  
Heinrich Heine Universität  
Universitätsklinikum Düsseldorf  
Moorenstr. 5  
40225 Düsseldorf  
E-Mail: info@frank-schwarz.de

(Texte français voir page 668)

Neben konventionellen Therapiemethoden (mechanisch und chemisch) wird zunehmend der Einsatz von Lasersystemen zur Reinigung und Sterilisation von Implantatoberflächen empfohlen. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war (1) den Einfluss eines Er:YAG-Lasers auf die Oberflächenstruktur von Titanimplantaten in vivo zu untersuchen und (2) eine Aussage über die Effektivität dieser Therapieform bei der Entfernung subgingivaler Konkremete zu treffen. Diese Untersuchung wurde an insgesamt acht Implantaten von zwei Patienten, welche auf Grund einer weit fortgeschrittenen chronischen periimplantären Infektion zur Explantation vorgesehen waren, durchgeführt. Hiervon wurden sechs Implantate unmittelbar vor der Explantation mit einem Er:YAG-Laser (100 mJ/Puls bei 10 Hz) subgingival instrumentiert. Zwei Implantate dienten als Kontrolle. Die Auswertung erfolgte anhand rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen durch einen kalibrierten und geblindeten Untersucher. Die nichtchirurgische Er:YAG-Lasertherapie führte im Vergleich zur Kontrollgruppe bei allen untersuchten Implantaten zu einer deutlichen Reinigung der Titanoberfläche, ohne thermische Nebenwirkungen zu verursachen. Auf allen Implantaten der Testgruppe waren jedoch residuale Konkrementablagerungen zu erkennen, was beim klinischen Einsatz berücksichtigt werden muss.

Oben: Einführung der Faserspitze in den periimplantären Bereich parallel zur Implantatachse.

En haut: Introduction de la pointe de l'embout en fibres de verre dans la zone péri-implantaire, en suivant un axe parallèle à celui de l'implant.

Unten: Die Führung der Faser erfolgte zirkulär um den Implantatkörper von koronal nach apikal.

En bas: L'embout en fibres de verre a été dirigé autour du corps de l'implant selon un trajet circulaire, en commençant dans la partie coronaire, puis passant en direction apicale.

## Einleitung

Auf Grund der steigenden Anzahl zahnärztlicher Implantate gewinnt die Therapie periimplantärer Infektionen zukünftig an Bedeutung. In einer Vielzahl von Untersuchungen konnten die negativen Auswirkungen einer periimplantären Plaqueakkumulation nachgewiesen werden (BERGLUNDH et al. 1992; ERICSSON et al. 1992; LANG et al. 1993; PONTORIERO et al. 1994). Das Keimspektrum, überwiegend bestehend aus gramnegativen, anaero-

ben Bakterien, ähnelt hierbei demjenigen marginaler Parodontopathien (MOMBELLI et al. 1987). Die initiale Therapie der periimplantären Entzündung hat somit, analog zur Parodontaltherapie, das Ziel die pathogene Mikroflora zu reduzieren, um eine Progression der Erkrankung zu verhindern (O'LEARY 1986). Bakterielle Plaque sowohl auf der Zahnoberfläche als auch auf der Oberfläche osseointegrierter Implantate stellt einen Biofilm dar, der mit chemischen Substanzen nur unzureichend zu beeinflussen ist (GRISTINA 1987). Eine Plaqueakkumulation auf der Implantatoberfläche wird durch die verschiedenen Oberflächenbeschaffenheiten zusätzlich begünstigt (QUIRYNEN et al. 1996). Im Rahmen der Initialtherapie der Periimplantitis sind die Behandlungsmöglichkeiten zurzeit begrenzt. Zur mechanischen Belagentfernung stehen Plastikküretten, Ultraschallgeräte mit Plastikansätzen sowie Pulverstrahlgeräte zur Verfügung (AUGTHUN et al. 1998; FOX et al. 1990; PARHAM et al. 1989). Als Nachteile dieser Therapieformen sind jedoch die nur unzureichende Reinigungsmöglichkeit der texturierten Implantatoberfläche sowie die Gefahr einer Emphysembildung beim Einsatz von Pulverstrahlgeräten zu nennen (AUGTHUN et al. 1998; FOX et al. 1990; VAN DE VELDE et al. 1991). Der adjuvante Einsatz lokaler Antiseptika und Antibiotika führte in vielen Fällen zu einer Verbesserung der klinischen Situation (MOMBELLI & LANG 1992; SCHENK et al. 1997). Bei refraktären periimplantären Infektionen mit progredientem Knochenabbau zeigten auch chirurgische Massnahmen (GBR) sowie systemische Antibiotikagabe gute klinische Resultate (ERICSSON et al. 1996; PERSSON et al. 1996). Neuerdings wird auch der Einsatz des Lasers zur Reinigung und Dekontamination der Implantatoberfläche empfohlen (DEPPE et al. 2000; KREISLER et al. 2002a, b; OYSTER et al. 1995; ROMANOS et al. 2000; SCHWARZ et al. 2003b). In diesem Zusammenhang steht insbesondere das bakterizide Potenzial des Lasers auf pathogene Mikroorganismen im Vordergrund (ANDO et al. 1996; FOLWACZNY et al. 2002; KREISLER et al. 2002c; ZAKARIASEN et al. 1986). Von grosser therapeutischer Bedeutung in der Zahnheilkunde sind der CO<sub>2</sub>-Laser mit einer Wellenlänge von 10,600 nm, der Nd:YAG (Neodymium-doped:Yttrium, Aluminium and Garnet) Laser mit einer Wellenlänge von 1,064 nm, der Diodenlaser mit einer Wellenlänge von 810 nm sowie der Er:YAG (Erbium-doped: Yttrium, Aluminium and Garnet)-Laser mit einer Wellenlänge von 2,940 nm. Um eine Überwärmung der Implantatoberfläche zu vermeiden, sollten jedoch nur Wellenlängen zum Einsatz kommen, die eine minimale Absorption in Titan aufweisen (RECHMANN et al. 2000). Nach Bestrahlung mit einem CO<sub>2</sub>-, Dioden- oder Er:YAG-Laser konnte, unter Einhaltung bestimmter Energieeinstellungen, eine schonende Instrumentierung der Implantatoberfläche durchgeführt werden (KREISLER et al. 2002b; RECHMANN et al. 2000). Die Biokompatibilität verschieden beschichteter Titanimplantate wurde nach Bestrahlung mit einem Er:YAG nicht beeinträchtigt (SCHWARZ et al. 2003b). Dagegen führte die Anwendung eines Nd:YAG-Lasers zu deutlichen Verschmelzungen und Kraterbildungen (PICK & COLVARD 1993; ROMANOS et al. 2000). Um eine Entfernung des bakteriellen Biofilmes zu erreichen, muss die Wellenlänge des Lasers darüber hinaus eine hohe Absorption in Wasser aufweisen. Weiterhin muss eine Schädigung des angrenzenden Implantatlagers durch thermische Nebenwirkungen verhindert werden. Diese Anforderungen, welche insbesondere bei der nichtchirurgischen Periimplantitistherapie von grosser Bedeutung sind, werden zurzeit nur vom Er:YAG Laser erfüllt. Die Wirkung der Er:YAG Laserstrahlung auf biologisches Gewebe beruht auf einer sog. thermo-mechanischen Gewebewirkung. Der Abtrag (Ablation) entsteht dadurch, dass der Anteil des im Gewebe

enthaltenen Wassers bei Absorption von kurzen Laserpulsen einen sprungartigen Übergang vom flüssigen in den dampfförmigen Aggregatzustand erfährt. Begleitet durch die schnelle Expansion des Wassers entsteht hierbei kurzzeitig ein genügend hoher Druck, um Gewebesubstanz in gewünschter Weise abzutragen. Die zur Ablation benötigte Energie wird demnach nicht von der Verdampfungswärme der höherschmelzenden Gewebesubstanz bestimmt, sondern durch die bei weitem viel niedriger liegende Verdampfungswärme des Wassers. Im Gegensatz hierzu entfachen CO<sub>2</sub>- und Nd:YAG-Laser ihre Wirkung durch ein Verdampfen von biologischem Gewebe auf rein thermischer Basis. Im Bereich der nichtchirurgischen Parodontaltherapie konnte gezeigt werden, dass mit dem Er:YAG Laser ein schonender Abtrag subgingivaler Konkreme von der Wurzeloberfläche möglich ist (AOKI et al. 1994). Dies führte in klinisch kontrollierten Studien zu einem signifikanten Attachmentgewinn, bei einem nur geringen Anstieg gingivaler Rezessionen (SCHWARZ et al. 2001b, 2003a, c). Bisher existieren jedoch noch keine Daten, die eine Aussage über die Auswirkungen der Er:YAG-Laserstrahlung auf Titanimplantate in vivo sowie dessen Effektivität bei der Entfernung subgingivaler Konkreme zulassen. In den vorliegenden klinischen Fallberichten werden diese Fragestellungen anhand rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen untersucht.

## Material und Methoden

### Studiendesign

Diese Untersuchung wurde an insgesamt acht TPS-beschichteten Implantaten von zwei Patienten (1 Frau, 1 Mann, Durchschnittsalter 55 Jahre), welche auf Grund einer weit fortgeschrittenen chronischen periimplantären Infektion zur Explantation vorgesehen waren, durchgeführt. In beiden Fällen erfolgte die Implantation alio loco vor ca. 8 Jahren.

Das Studiendesign entsprach den Richtlinien der Deklaration von Helsinki aus dem Jahre 1996. Beide Patienten gaben nach eingehender Aufklärung ihr schriftliches Einverständnis, an der Untersuchung teilzunehmen. Die Einschlusskriterien wurden folgendermassen definiert: 1) zirkuläre Sondierungstiefen von mindestens  $\frac{2}{3}$  der Implantatlänge (Abb. 1 und 2), 2) Beweglichkeit des Implantates in horizontaler Richtung, 3) Sekretionsverhalten, 4) röntgenologischer Knochenabbau von mindestens  $\frac{2}{3}$  der Implantatlänge, 5) keine bisherige Periimplantitistherapie



Abb. 1 Klinische Situation nach Entfernung der Implantate regio 11, 12 und 27.

Fig. 1 Situation clinique après avulsion des implants dans les régions de la 11, 12 et 27.

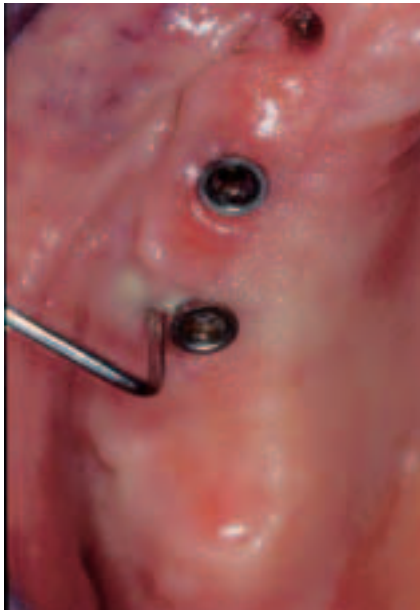


Abb. 2 Zirkuläre Sondierungstiefen von über 2/3 der Implantatlänge waren bei allen zu explantierenden Implantaten feststellbar.

Fig. 2 Des profondeurs au sondage correspondant à au moins 2/3 de la longueur de l'implant sur toute la circonférence avaient été constatées sur tous les implants à avulser.

an den betreffenden Implantaten und 6) keine systemischen Erkrankungen. Von acht Implantaten wurden sechs Implantate der Testgruppe (Er:YAG Laser) und zwei Implantate der Kontrollgruppe zugeordnet (Tab. I).

#### Lasersystem

Zum Einsatz kam ein Er:YAG-Laser (KEY III®, KaVo, Biberach, Deutschland) mit einer Wellenlänge von 2,940 nm und einer Pulsdauer von 250 µs. Die Behandlung wurde mit dem Handstück P 2061 (KEY III®, KaVo, Biberach, Deutschland) und einer kegelförmigen Faserspitze bei einer Geräteeinstellung von 100 mJ/Puls (12,7 Jcm<sup>-2</sup>) und einer Frequenz von 10 Hz durchgeführt (Abb. 3). Die Führung der Faser erfolgte unter Wasserkühlung in zirkulärer Richtung von koronal nach apikal um die Implantate (Abb. 4 und 5). Das Vorhandensein subgingivaler Konkremente konnte mit Hilfe einer Parodontalsonde (PCP12, Hu-Friedy, Deutschland) ertastet werden. Die Behandlungsdauer betrug im Durchschnitt 4 Minuten pro Implantat. Im Anschluss erfolgte die Explantation unter lokaler Anästhesie. Auf Grund des ausgeprägten Lockerungsgrades konnten alle Implantate mühelos mit einer Klemme entfernt werden. Die Lagerung erfolgte in steriler Kochsalzlösung (0,9%).

#### Rasterelektronenmikroskopische Auswertung

Alle Titanimplantate wurden für 30 Minuten in Glutaraldehyd (4%), gelöst in 0,15 M Phosphatpuffer (pH 7,4; 550 mOsmol)

Tab. I Typisierung der Implantate und Gruppenzuordnung zu Beginn der Untersuchung.

| Gruppe       | Implantattyp          | Oberfläche | Anzahl |
|--------------|-----------------------|------------|--------|
| Er:YAG Laser | Schraubenimplantat    | TPS        | 1      |
|              | Hohlzylinderimplantat | TPS        | 5      |
| Kontrolle    | Schraubenimplantat    | TPS        | 1      |
|              | Hohlzylinderimplantat | TPS        | 1      |

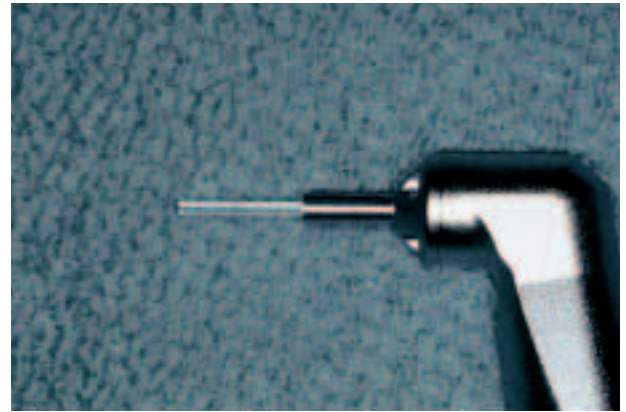


Abb. 3 Kegelförmige Faserspitze mit axialer und radialer Abstrahlung.

Fig. 3 Pointe de l'embout en fibres de verre de forme cylindro-conique, permettant la diffusion simultanée du faisceau laser en direction axiale et radiale.



Abb. 4 Einführung der Faserspitze in den periimplantären Bereich parallel zur Implantatachse.

Fig. 4 Introduction de la pointe de l'embout en fibres de verre dans la zone péri-implantaire, en suivant un axe parallèle à celui de l'implant.



Abb. 5 Die Führung der Faser erfolgte zirkulär um den Implantatkörper von koronal nach apikal.

Fig. 5 L'embout en fibres de verre a été dirigé autour du corps de l'implant selon un trajet circulaire, en commençant dans la partie coronaire, puis passant en direction apicale.

(PBS), bei Zimmertemperatur fixiert. Nachfolgend erfolgte ein Waschen in PBS für 15 Minuten mit anschließender Entwässerung in einer aufsteigenden Acetonreihe (von 40 bis 100% in 10% Schritten). Nach einer Trocknung in Hexamethyldisilazan wurden alle Implantate mit Gold gesputtert und rasterelektronenmikroskopisch untersucht (DSM 950, Zeiss, Deutschland). Die Auswertung erfolgte durch einen kalibrierten Untersucher, der nicht über die Verteilung der Gruppen informiert war.

## Ergebnisse

Auf beiden Implantaten der Kontrollgruppe waren flächenhafte Konkrementablagerungen bis auf Höhe der ehemaligen Restosseointegration erkennbar. Eine Beurteilung der Titanoberfläche war nur vereinzelt möglich (Abb. 6 und 7). Hier konnte eine deutliche Verzahnung der subgingivalen Konkrementablagerungen mit der positiven Oberflächentexturierung (TPS) beobachtet werden (Abb. 8). Im Gegensatz hierzu waren fünf Implantate der Testgruppe weitestgehend frei von Konkrementen (Abb. 9 und 10). Vereinzelt kleine Areale residueller Ablagerungen konnten insbesondere im Bereich der Gewindegänge der Schraubenimplantate beobachtet werden (Abb. 11 und 12). Auf einem Hohlzylinderimplantat waren jedoch ebenfalls flächenhaft residuale Konkrementablagerungen, ähnlich der

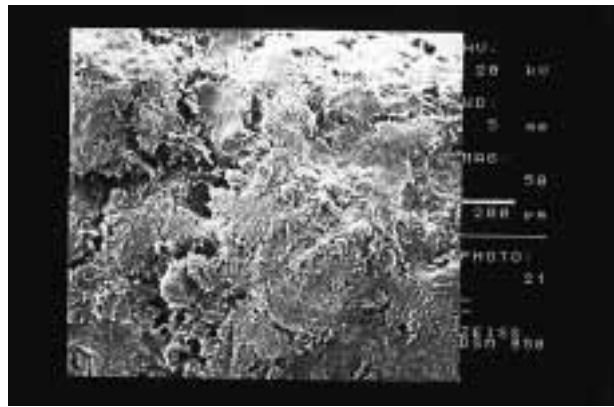


Abb. 8 Implantat der Kontrollgruppe (Originalgrösse×50). Verzahnung der subgingivalen Konkrementablagerungen mit der TPS-Oberfläche.

Fig. 8 Implant du groupe de contrôle (agrandissement de 50× par rapport à la taille réelle): à noter l'«enchevêtrement» considérable entre les concrétions sous-gingivales et la surface TPS.

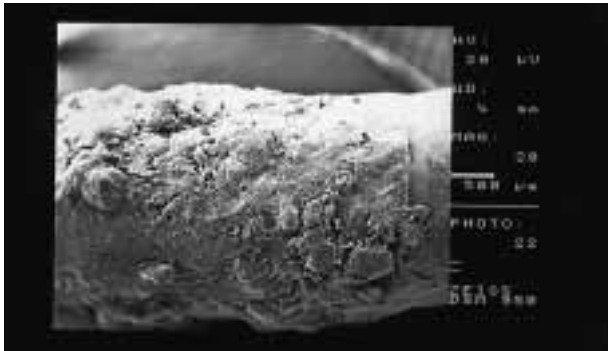


Abb. 6 Implantat der Kontrollgruppe (Originalgrösse×20) mit flächenhaften Konkrementablagerungen.

Fig. 6 Implant du groupe de contrôle (agrandissement de 20× par rapport à la taille réelle) présentant des dépôts calcifiés en nappes.

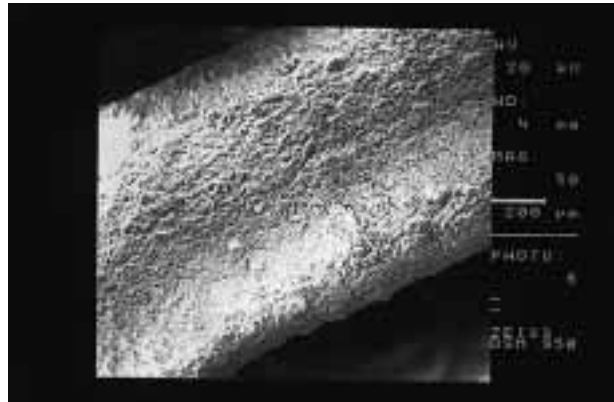


Abb. 9 Konkrementabtrag nach Er:YAG Lasertherapie (Originalgrösse×50).

Fig. 9 Elimination des dépôts calcifiés après le traitement par le laser Er:YAG (agrandissement de 50× par rapport à la taille réelle).

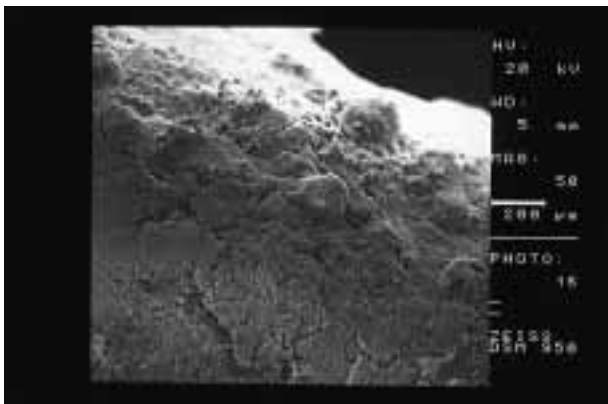


Abb. 7 Implantat der Kontrollgruppe (Originalgrösse×50). Eine Beurteilung der Titanoberfläche war nur vereinzelt möglich.

Fig. 7 Implant du groupe de contrôle (agrandissement de 50× par rapport à la taille réelle): l'évaluation de la surface en titane n'a été possible que dans des cas isolés.

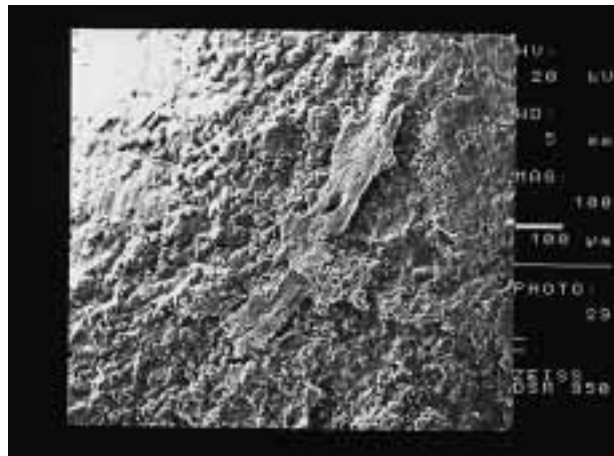


Abb. 10 Implantat der Testgruppe (Originalgrösse×100) mit vereinzelt kleinen Arealen residueller Konkremeinte.

Fig. 10 Implant du groupe-test (agrandissement de 100× par rapport à la taille réelle) mettant en évidence des zones isolées peu étendues de résidus de dépôts calcifiés.

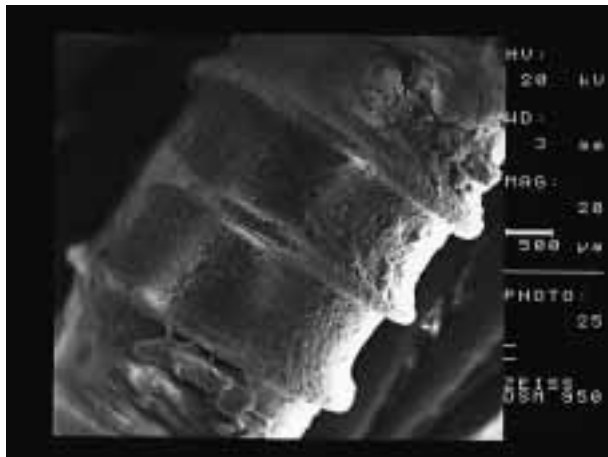


Abb. 11 Implantat der Testgruppe (Originalgrösse  $\times 20$ ). Insbesondere im Bereich der Gewindegänge der Schraubenimplantate waren residuale Konkrementablagerungen erkennbar.

Fig. 11 Implant du groupe-test (agrandissement de  $20\times$  par rapport à la taille réelle): à noter la présence de dépôts calcifiés résiduels, en particulier dans la région du filetage des implants de type vis.

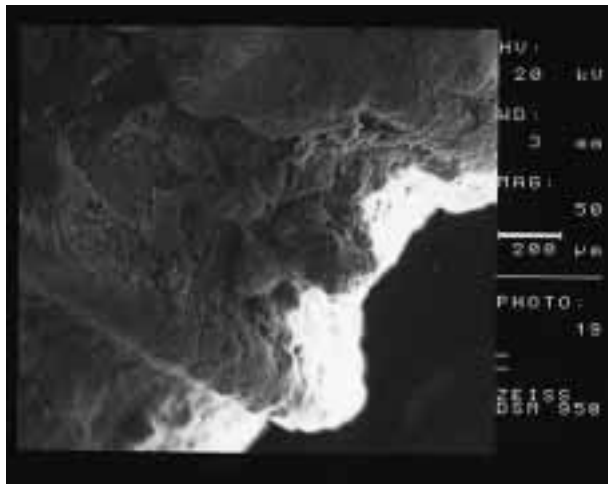


Abb. 12 Implantat der Testgruppe (Originalgrösse  $\times 50$ ) (Beschreibung s. Abb. 11).

Fig. 12 Implant du groupe-test (agrandissement de  $20\times$  par rapport à la taille réelle): mêmes observations que évoquées pour la Fig. 11.

Kontrollgruppe, nachweisbar (Abb. 13). Eine vollständige Entfernung aller Auflagerungen konnte demnach in keinem Präparat beobachtet werden. Die Beschaffenheit der Implantatoberfläche war in der Testgruppe gut beurteilbar (Abb. 9 und 10). Es konnten keine thermischen Veränderungen der Oberflächenstruktur (TPS) wie Aufschmelzungen oder Kraterbildungen nach Bestrahlung mit dem Er:YAG-Laser nachgewiesen werden (Abb. 14).

## Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Fallberichte haben gezeigt, dass mit einem Er:YAG-Laser eine Instrumentierung von Titanimplantaten unter In-vivo-Bedingungen möglich ist, ohne thermische Nebenwirkungen, wie Aufschmelzungen im Bereich des Titan-Plasma-Gefüges, zu verursachen. Diese Beobachtung ist

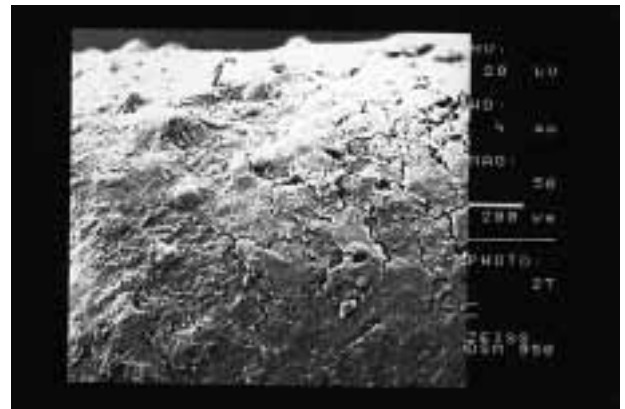


Abb. 13 Implantat der Testgruppe (Originalgrösse  $\times 50$ ) mit flächenhaften Konkrementablagerungen ähnlich der Kontrollgruppe.

Fig. 13 Implant du groupe-test (agrandissement de  $50\times$  par rapport à la taille réelle) présentant des dépôts calcifiés en nappes similaires à ceux observés dans le groupe de contrôle.

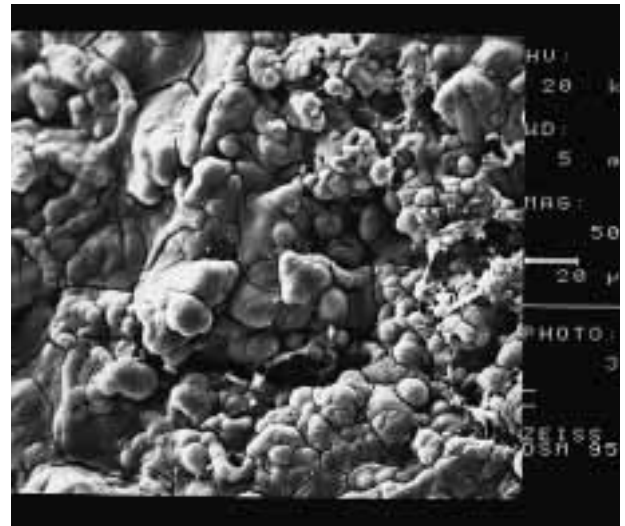


Abb. 14 Implantat der Testgruppe (Originalgrösse  $\times 500$ ). Es konnten keine thermischen Veränderungen der Oberflächenstruktur (TPS) nachgewiesen werden.

Fig. 14 Implant du groupe-test (agrandissement de  $500\times$  par rapport à la taille réelle): aucune modification thermique de la structure de la surface TPS n'a pu être mise en évidence.

in Übereinstimmung mit bisherigen In-vitro-Untersuchungen, die zeigen konnten, dass thermische Schäden bei TPS-Oberflächen nach Bestrahlung mit einem Er:YAG-Laser erst bei Energiedichten ab  $8,9 \text{ Jcm}^{-2}$  auftreten (KREISLER et al. 2002b). Die Führung des Lasers erfolgte dabei im kontaktlosen Modus ohne Wasserkühlung bei einem Anstellwinkel von 90 Grad zur Implantatoberfläche. Dagegen zeigten sandgestrahlte und säuregeätzte Oberflächen (SLA) erste thermische Veränderungen bei Energiedichten von  $11,2 \text{ Jcm}^{-2}$ , Hydroxylapatit-beschichtete Implantate (HA) bei Energiedichten von  $17,8 \text{ Jcm}^{-2}$  und strukturierte Implantatoberflächen (MP) bei Energiedichten von  $28 \text{ Jcm}^{-2}$  (KREISLER et al. 2002b). In einer vergleichbaren Studie wurden jedoch erste mikromorphologische Veränderungen bei SLA- und TPS-Oberflächen bereits ab einer Energiedichte von  $7 \text{ Jcm}^{-2}$  beobachtet. Die bei den vorliegenden Fallberichten verwendete Energiedichte für die spezielle kegelförmige Fa-

ser von  $12,7 \text{ Jcm}^{-2}$  bei einer Geräteeinstellung von 100 mJ liegt demnach über den o.g. Schwellenwerten. Dennoch konnten keine thermischen Veränderungen der Implantatoberfläche beobachtet werden. In einer vorausgehenden In-vitro-Untersuchung wurden mit derselben Faser bei Energiedichten von  $12,7 \text{ Jcm}^{-2}$  ebenfalls keine strukturellen Veränderungen im Bereich von TPS-, SLA-, HA- und MP-Implantaten beobachtet. Die Biokompatibilität der bestrahlten Implantatkörper war in Kulturen humaner SaOs2-Osteoblasten im Vergleich zur unbehandelten Kontrollgruppe nicht reduziert (SCHWARZ et al. 2003b). Diese Diskrepanz könnte zum einen durch die Tatsache erklärt werden, dass in o.g. Studien eine Instrumentierung ohne Wasserkühlung erfolgte und zum anderen dass die Bestrahlung in unterschiedlichen Winkeln durchgeführt wurde. Bei der Bearbeitung von Wurzeloberflächen konnte gezeigt werden, dass geringere Anstellwinkel zur Zahnlängsachse einen signifikant niedrigeren Abtrag von Zahnhartsubstanz verursachen (FOLWACZNY et al. 2001). Die Ergebnisse der vorliegenden Fallberichte haben weiterhin gezeigt, dass mit dem Er:YAG-Laser eine Entfernung subgingivaler Konkremete von TPS beschichteten Implantatoberflächen möglich ist. In einer Vielzahl von In-vitro-Untersuchungen konnte mit dem Er:YAG-Laser ein effektiver Konkrementabtrag von parodontal erkrankten Wurzeloberflächen durchgeführt werden, ohne thermische Schäden im Bereich des Wurzelzements zu verursachen (AOKI et al. 1994, 2000; ISRAEL et al. 1997; SCHWARZ et al. 2001a). Die Ergebnisse klinisch kontrollierter Studien konnten weiterhin zeigen, dass der Er:YAG-Laser im Bereich der nichtchirurgischen Parodontaltherapie zu einem signifikanten Attachmentgewinn führte (SCHWARZ et al. 2001b, 2003a, c). Die erzielten klinischen Ergebnisse waren über einen Beobachtungszeitraum von 24 Monaten stabil (SCHWARZ et al. 2003c). Weiterhin ungeklärt bleibt die mögliche Sterilisationswirkung des Er:YAG-Lasers auf verschiedenen beschichtete Implantatoberflächen unter klinischen Bedingungen. Die Ergebnisse einer In-vitro-Untersuchung zeigten jedoch, dass bei Geräteeinstellungen von 120 mJ eine Reduktion von *Streptococcus sanguinis* auf TPS-, SLA- und HA-Oberflächen um bis zu 99,94% möglich war (KREISLER et al. 2002c). Wie bereits weiter oben erwähnt, werden neben dem Er:YAG-Laser auch Dioden- und insbesondere CO<sub>2</sub>-Laser erfolgreich bei der Therapie periimplantärer Infektionen eingesetzt (BACH et al. 2000; DEPPE et al. 2000). Der Einsatz beider Systeme erfolgte jedoch als adjuvante Therapie zur Sterilisation der Implantatoberfläche nach chirurgischer Darstellung, da ein Konkrementabtrag mit beiden Wellenlängen nicht möglich ist (BACH et al. 2000; DEPPE et al. 2000). Weiterhin fehlen für den CO<sub>2</sub>-Laser bisher geeignete optische Systeme, um den Laserstrahl in den periimplantären Bereich, ohne Bildung eines Mukoperiostlappens, zu führen. Anhand der vorliegenden Fallberichte war jedoch bei der geschlossenen, nichtchirurgischen Periimplantitistherapie ein vollständiger Konkrementabtrag mit Hilfe des Er:YAG-Laser ebenfalls nicht zu erreichen. Eine ähnliche Problematik stellt sich bei der geschlossenen Parodontaltherapie. In einer Vielzahl von Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass ein vollständiger Konkrementabtrag nicht möglich ist (ADELL et al. 1990; ANDERSON et al. 1996; CAFFESSE et al. 1986; KEPIC et al. 1990; SHERMAN et al. 1990b). Das Vorhandensein residueller Konkremete nahm jedoch keinen negativen Einfluss auf die parodontale Heilung (SHERMAN et al. 1990a). Welchen therapeutischen Stellwert die geschlossene Instrumentierung periimplantärer Infektionen mit dem Er:YAG Laser besitzt, muss in klinisch kontrollierten Studien untersucht werden. In diesem Zusammenhang ist zu klären, ob diese Therapieform

ausreichend effektiv ist, um einer Progression der Erkrankung entgegenzuwirken, oder ob sich der Einsatz nur auf vorbereitende Massnahmen im Sinne einer Initialtherapie vor chirurgisch regenerativen Verfahren beschränkt.

## Abstract

In addition to conventional treatment modalities (mechanical and chemical), the use of lasers has been proposed for cleaning and detoxification of implant surfaces. The aim of the present clinical investigation was (1) to evaluate the effects of an Er:YAG laser on the surface properties of titanium implants in vivo and (2) to determine the effectiveness of this treatment modality for subgingival calculus removal. This investigation was conducted on eight implants of two patients, considered for explantation due to severe peri-implantitis inflammation. Immediately before explantation, six implants were instrumented subgingivally with an Er:YAG laser (100 mJ/pulse and 10 Hz). Two implants served as a control. All titanium implants were examined using scanning electron microscopy by one calibrated and blinded examiner. In comparison to the untreated control group, non-surgical instrumentation of titanium implants with an Er:YAG laser resulted in an effective removal of subgingival calculus without leading to any thermal damages. However, all samples of the test group revealed amounts of residual debris which should be taken into account under clinical conditions.

## Literatur

- ADELL R, ERIKSSON B, LEKHOLM U, BRANEMARK P I, JEMT T: Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 5: 347–359 (1990)
- ANDERSON G B, PALMER J A, BYE F L, SMITH B A, CAFFESSE R G: Effectiveness of subgingival scaling and root planing: single versus multiple episodes of instrumentation. *J Periodontol* 67: 367–373 (1996)
- ANDO Y, AOKI A, WATANABE H, ISHIKAWA I: Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers Surg Med* 19: 190–200 (1996)
- AOKI A, ANDO Y, WATANABE H, ISHIKAWA I: In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser. *J Periodontol* 65: 1097–1106 (1994)
- AOKI A, MIURA M, AKIYAMA F, NAKAGAWA N, TANAKA J, ODA S, WATANABE H, ISHIKAWA I: In vitro evaluation of Er:YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. *J Periodontol Res* 35: 266–277 (2000)
- AUGTHUN M, TINSCHERT J, HUBER A: In vitro studies on the effect of cleaning methods on different implant surfaces. *J Periodontol* 69: 857–864 (1998)
- BACH G, NECKEL C, MALL C, KREKELER G: Conventional versus laser-assisted therapy of periimplantitis: a five-year comparative study. *Implant Dent* 9: 247–251 (2000)
- BERGLUNDH T, LINDHE J, MARINELLO C, ERIKSSON I, LILJENBERG B: Soft tissue reaction to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 3: 1–8 (1992)
- CAFFESSE R G, SWEENEY P L, SMITH B A: Scaling and root planing with and without periodontal flap surgery. *J Clin Periodontol* 13: 205–210 (1986)
- DEPPE H, HORCH H H, DONATH K, HIERMER T, HENKE J: Experimentelle Untersuchungen zur Laser-assistierten Periimplantitistherapie. *Z Zahnärztl Impl* 15: 97 (2000)

- ERICSSON I, BERGLUNDH T, MARINELLO C, LILJENBERG B, LINDHE J: Long-standing plaque and gingivitis at implants and teeth in the dog. *Clin Oral Implants Res* 3: 99-103 (1992)
- ERICSSON I, PERSSON L G, BERGLUNDH T, EDLUND T, LINDHE J: The effect of antimicrobial therapy on periimplantitis lesions. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 7: 320-328 (1996)
- FOLWACZNY M, MEHL A, AGGSTALLER H, HICKEL R: Antimicrobial effects of 2.94 microm Er:YAG laser radiation on root surfaces: an in vitro study. *J Clin Periodontol* 29: 73-78 (2002)
- FOLWACZNY M, THIELE L, MEHL A, HICKEL R: The effect of working tip angulation on root substance removal using Er:YAG laser radiation: an in vitro study. *J Clin Periodontol* 28: 220-226 (2001)
- FOX S C, MORIARTY J D, KUSY R P: The effects of scaling a titanium implant surface with metal and plastic instruments: an in vitro study. *J Periodontol* 61: 485-490 (1990)
- GRISTINA A G: Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration. *Science* 237: 1588-1595 (1987)
- ISRAEL M, COBB C M, ROSSMANN J A, SPENCER P: The effects of CO<sub>2</sub>, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surfaces. An in vitro study. *J Clin Periodontol* 24: 595-602 (1997)
- KEPIC T J, O'LEARY T J, KAFRAWY A H: Total calculus removal: an attainable objective? *J Periodontol* 61: 16-20 (1990)
- KREISLER M, AL HAJ H, GÖTZ H, DUSCHNER H, D'HOEDT B: Effect of simulated CO<sub>2</sub> and GaAlAs laser surface decontamination on temperature changes in Ti-plasma sprayed dental implants. *Lasers Surg Med* 30: 233-239 (2002a)
- KREISLER M, GÖTZ H, DUSCHNER H: Effect of Nd:YAG, Ho:YAG, Er:YAG, CO<sub>2</sub>, and GaAlAs laser irradiation on surface properties of endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 17: 202-211 (2002b)
- KREISLER M, KOHNEN W, MARINELLO C, GÖTZ H, DUSCHNER H, JANSEN B, D'HOEDT B: Bactericidal effect of the Er:YAG laser on dental implant surfaces: an in vitro study. *J Periodontol* 73: 1292-1298 (2002c)
- LANG N P, BRAGGER U, WALTHER D, BEAMER B, KORNMANN K S: Ligation-induced peri-implant infection in cynomolgus monkeys. I. Clinical and radiographic findings. *Clin Oral Implants Res* 4: 2-11 (1993)
- MOMBELLI A, LANG N P: Antimicrobial treatment of peri-implant infections. *Clin Oral Implants Res* 3: 162-168 (1992)
- MOMBELLI A, VAN OOSTEN M A, SCHURCH E, JR., LANG N P: The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol* 2: 145-151 (1987)
- O'LEARY T J: The impact of research on scaling and root planing. *J Periodontol* 57: 69-75 (1986)
- OYSTER D K, PARKER W B, GHER M E: CO<sub>2</sub> lasers and temperature changes of titanium implants. *J Periodontol* 66: 1017-1024 (1995)
- PARHAM P L, JR., COBB C M, FRENCH A A, LOVE J W, DRISKO C L, KILLOY W J: Effects of an air-powder abrasive system on plasma-sprayed titanium implant surfaces: an in vitro evaluation. *J Oral Implantol* 15: 78-86 (1989)
- PERSSON L G, ERICSSON I, BERGLUNDH T, LINDHE J: Guided bone regeneration in the treatment of periimplantitis. *Clin Oral Implants Res* 7: 366-372 (1996)
- PICK R M, COLVARD M D: Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *J Periodontol* 64: 589-602 (1993)
- PONTORIERO R, TONELLI M P, CARNEVALE G, MOMBELLI A, NYMAN S R, LANG N P: Experimentally induced peri-implant mucositis. A clinical study in humans. *Clin Oral Implants Res* 5: 254-259 (1994)
- QUIRYNEN M, BOLLEN C M, PAPAIOANNOU W, VAN ELDERE J, VAN STEENBERGHE D: The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 11: 169-178 (1996)
- RECHMANN P, SADEGH H M, GOLDIN D S, HENNIG T H: Zur Oberflächenmorphologie von Implantaten nach Laserbestrahlung. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 55: 371-376 (2000)
- ROMANOS G E, EVERTS H, NENTWIG G H: Effects of diode and Nd:YAG laser irradiation on titanium discs: a scanning electron microscope examination. *J Periodontol* 71: 810-815 (2000)
- SCHENK G, FLEMMIG T F, BETZ T, REUTHER J, KLAIBER B: Controlled local delivery of tetracycline HCl in the treatment of periimplant mucosal hyperplasia and mucositis. A controlled case series. *Clin Oral Implants Res* 8: 427-433 (1997)
- SCHWARZ F, PUTZ N, GEORG T, REICH E: Effect of an Er:YAG laser on periodontally involved root surfaces: an in vivo and in vitro SEM comparison. *Lasers Surg Med* 29: 328-335 (2001a)
- 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* 72: 361-367 (2001b)
- SCHWARZ F, SCULEAN A, BERAKDAR M, GEORG T, REICH E, BECKER J: Clinical evaluation of an Er:YAG laser combined with scaling and root planing for non-surgical periodontal treatment. A controlled, prospective clinical study. *J Clin Periodontol* 30: 28-35 (2003a)
- SCHWARZ F, ROTHAMEL D, SCULEAN A, GEORG T, SCHERBAUM W, BECKER J: Effects of an Er:YAG laser and the Vector® ultrasonic system on the biocompatibility of titanium implants in cultures of human osteoblast-like cells. *Clin Oral Implants Res*: (in press) (2003b)
- SCHWARZ F, SCULEAN A, BERAKDAR M, GEORG T, BECKER J: Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planing. A 2-year-follow up-split mouth study. *J Periodontol*: (in press) 74: (2003c) 74: 590-596
- SHERMAN P R, HUTCHENS L H, JR., JEWSON L G: The effectiveness of subgingival scaling and root planing. II. Clinical responses related to residual calculus. *J Periodontol* 61: 9-15 (1990a)
- SHERMAN P R, HUTCHENS L H, JR., JEWSON L G, MORIARTY J M, GRECO G W, MCFALL W T, JR.: The effectiveness of subgingival scaling and root planing. I. Clinical detection of residual calculus. *J Periodontol* 61: 3-8 (1990b)
- VAN DE VELDE E, THIELENS P, SCHAUTTEET H, VANCLOOSTER R: Subcutaneous emphysema of the oral floor during cleaning of a bridge fixed on an IMZ implant. Case report. *Revue Belge de Medicine Dentaire* 46: 64-71 (1991)
- ZAKARIASEN K L, DEDERICH D N, TULIP J, DE COSTE S, JENSEN S E, PICKARD M A: Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Can J Microbiol* 32: 942-946 (1986)