

2 Literaturübersicht

2.1 Parodontitis

In der Ätiologie von Karies und Parodontitiden spielt die dentale Plaque eine zentrale Rolle. Plaque ist ein adhäsiver, bakterieller Biofilm, der sich auf allen Hart- und Weichgeweben ablagert.³ Listgarten beschreibt verständlich die Entstehung von Biofilm.⁴ Direkt nach der Reinigung überzieht ein Speichelfilm die Zahnoberfläche. Während der darauf folgenden Stunden wird die Anheftung bakterieller Zellen durch dieses organische Pellikel gefördert. Nach wenigen Tagen lagern sich in diesem Biofilm Bakterien zusammen und bilden anfänglich Kolonien in einer Matrix aus Speichelbestandteilen und Anteilen bakterieller Extrapolysaccharide. Durch die Experimente von Loe et al. und Theilade et al.^{5,6} ist bekannt, dass sich beim Unterlassen jeglicher Mundhygiene innerhalb von 2-3 Wochen eine Gingivitis manifestiert. Stoffwechselprodukte dieser am marginalen Zahnfleischsaum und im Sulkus siedelnden Bakterien können das parodontale Verbindungsepithel durchwandern und in den subepithelialen Geweben Entzündungsmediatoren aktivieren.⁷ Diese sind verantwortlich für das Entstehen lokaler Entzündungsprozesse, wie z.B. erhöhte Durchblutung und Diapedesis von Leukozyten in den kapillären Endgefäßen, erhöhte Sulkusfluid-Rate, Verlust von Verbindungsgewebe und Schwellung. Dadurch wird die Entstehung von subgingivalem Biofilm begünstigt. Biofilm mineralisiert und bildet damit die Grundlage für festen, hartnäckigen Zahnstein.⁸ Zahnstein setzt sich hauptsächlich aus mineralischen, anorganischen und organischen Bestandteilen zusammen. Subgingivaler Zahnstein enthält 58% mineralische Anteile.⁹ Bleibt die Gingivitis unbehandelt kommt es zu einem Abbau der parodontalen Gewebe, dem Kennzeichen der Parodontitis.¹⁰

2.2 Parodontalbehandlung

Das Hauptziel der parodontalen Behandlung besteht darin, eine vollständige Entfernung der weichen und harten Ablagerungen auf der supragingivalen Zahn- und subgingivalen Wurzeloberfläche zu erzielen.^{11,12} Entsprechend dem ursachenbezogenen Konzept der parodontalen Therapie soll eine biologisch akzeptable Zahn- und Wurzeloberfläche durch das Entfernen des bakteriellen Biofilms erzielt werden.¹³ Dieses Ergebnis wird durch Scaling und Wurzelglättung (Root Planing) unter Zuhilfenahme verschiedener Handinstrumente, ultraschall- und oszillierende Systeme erreicht.^{14,15,16,17,18,19} Unvollständiges Entfernen der Konkremeente führt zu weiterer Ansammlung von Zahnstein und damit verbundener Ausbreitung der parodontalen Entzündung.²⁰ Verschiedene Studien belegen die positiven Ergebnisse von Scaling und Wurzelglättung.^{15,17,18} Jedoch zeigen andere Untersuchungen, dass die Entfernung von Zahnstein und subgingivalen Konkrementen mit konventionellen Handinstrumenten unvollständig und zeitaufwendig ist.^{21,22} Herkömmlich wird zum Überprüfen der gereinigten Wurzeloberflächen eine feine Tastsonde (z.B. Hu Friedy EXD 11/12) verwendet.²³ Über diese Methode wird verbliebener Zahnstein als unregelmäßige, raue und harte Oberfläche erkannt. Eine glatte und ebene Fläche wird als gereinigte und zahnsteinfreie Oberfläche identifiziert.²⁴

Die Verlässlichkeit der beschriebenen Methode zum Erkennen von verbliebenen Zahnsteinablagerungen wird von einigen Studien angezweifelt. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen von Wurzeloberflächen, die zuvor so lange gereinigt worden sind, bis sie klinisch glatt und frei von Ablagerungen waren, zeigten deutliche Mengen von verbliebenen subgingivalen Konkrementen.^{24,25} Dies ist eventuell darauf zurückzuführen, dass z.B. noch eine dünne, glatte Schicht Zahnstein auf der Oberfläche lag oder vereinzelte Konkremeente an Stellen vorhanden waren, die mit der Sonde nicht abgetastet worden sind.²⁶ Zusätzlich begünstigt die unmögliche visuelle Kontrolle den Misserfolg des Scaling.



Bild 1: Anwendung einer parodontalen Tastsonde auf der Wurzeloberfläche.

Um die Möglichkeiten der Reinigung von Wurzeloberflächen zu verbessern und zu steigern, wurden neue Methoden entwickelt, so z.B. schall- und ultraschall-aktive Scaler.^{16,19} In den letzten Jahren wurden zunehmend Versuche unternommen, Laser in die Parodontalbehandlung zu integrieren.^{27,28,29,30,31} Es hat sich in einer Vielzahl von Studien gezeigt, dass der Er:YAG Laser die besten Ergebnisse beim Abtragen von Konkrementen liefert, ohne dabei thermische Folgen an den Umgebungsgeweben zu bewirken.^{28,29,32,33,34}

Bezüglich der Reinigung der Wurzeloberflächen von Konkrementen und damit verbunden einer effizienten Behandlung der parodontalen Erkrankungen sind im Laufe der Zeit gute Entwicklungen entstanden. Hinsichtlich der Erkennung von verbliebenen subgingivalen Zahnsteinablagerungen jedoch haben sich bislang so gut wie keine Änderungen aufgetan, so dass der Behandler von seinem taktilen Geschick mit der Tastsonde abhängig ist.^{35,36}

2.3 Laser

Licht entsteht dadurch, dass ein Elektron von einem energiereicheren zu einem energieärmeren Zustand wechselt, wobei die Energiedifferenz in Form eines Lichtteilchens, dem Photon, abgegeben wird. Licht breitet sich als Welle aus, und

die Quanten (Photonen) führen ihre Quantensprünge zeitlich und räumlich völlig unabhängig voneinander aus. Das dabei entstehende Licht ist inkohärent, d.h. gestreut. Eine markante Ausnahme von dieser Regel stellt der Laser dar. Das Laserlicht ist ein kohärentes Licht, d.h. es besteht aus einer Vielzahl parallel verlaufender Wellen einer Wellenlänge, die zeitlich und räumlich phasengleich emittiert werden. Grundlage hierfür ist die stimulierte Emission von Lichtquanten. Daher leitet sich auch der Name ab: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER).

Durch stimulierte Emission werden Elektronen von einem tieferen auf ein höheres Energieniveau angehoben. Die angeregten Atome bevorzugen nun einen Abregungsschritt, der nicht in den Grundzustand, sondern in einen metastabilen Zustand von ungewöhnlich langer Lebensdauer zurückführt. Durch den Wechsel eines Atoms aus dem metastabilen Zustand zurück, wird ein Quant der Laserlinie einer bestimmten Wellenlänge ausgesendet. Durch dieses Quant werden die anderen Atome auch zum Wechsel in den Grundzustand angeregt. Dies induziert somit die Emission der übrigen Quanten. Die hohe Kohärenz ergibt sich dadurch, dass sich die abgerufenen Quanten in ihrer Phase dem auslösenden Quanten anschließen. Die Abrufwahrscheinlichkeit in einem Laser ist sehr gering. Das abrufende Quant muss gewissermaßen dicht am wartenden Atom vorbeilaufen. Deshalb besteht der Laser aus einem langen, dünnen Entladungsrohr, in dem der Lichtweg noch durch zwei Spiegel verlängert wird. Zwischen diesen springt das Licht dann hin und her. Durch einen der beiden Spiegel, der zu wenigen Prozent lichtdurchlässig ist, tritt der scharf gebündelte, kohärente Laserstrahl aus. Nur ein in Richtung der Austrittsstelle gerichtetes Quant hat die Chance, Laserlicht abzurufen. Das Querlaufen oder zu frühe Verlassen des Entladungsrohres emittiert inkohärentes Licht.³⁷

Lasersysteme lassen sich auf Grund ihres unterschiedlichen laseraktiven Materials unterscheiden. Man differenziert zwischen einem Festkörperlaser (z.B. Er:YAG), einem Flüssigkeitslaser, einem Gaslaser (z.B. CO₂) oder einem Halbleiterlaser (Diodenlaser).³⁸

2.4 Laser-Fluoreszenz

Eine neue Technologie, die Laser-Fluoreszenz, die ursprünglich für die Diagnose von Karies entwickelt worden ist, wird zunehmend auch für die Parodontologie empfohlen.³⁹ Obwohl die ersten Beschreibungen von Fluoreszenzen an Zähnen schon über 77 Jahre zurückliegen⁴⁰, gibt es bislang nur wenige Betrachtungen über die fluoreszierenden Eigenschaften von supra- und subgingivalem Zahnstein.⁴¹

Die Arbeitsweise beruht auf der Grundlage von fluoreszierendem Licht. Fluoreszenz ist ein optisches Phänomen, bei dem ein Atom ein Photon absorbiert und später ein Photon mit niedrigerer Energie, d. h. größerer Wellenlänge, emittiert.⁴² Bei der Fluoreszenz erfolgt die Emission unmittelbar auf die Absorption innerhalb von 10^{-8} Sekunden. Auf dem Gebiet der Kariesdiagnostik hat diese Technologie bereits Einzug in die klinische Praxis gefunden.^{43,44,45} Folwaczny et al. haben einen Diagnostik-Dioden-Laser mit einer Wellenlänge von 655nm als potentiell Hilfsmittel in der Erkennung von subgingivalen Konkrementen empfohlen.²⁶ In ihren Untersuchungen konnten die Autoren nachweisen, dass die Laser-Fluoreszenz von subgingivalem Zahnstein signifikant höher war als von Dentin oder Zement. Die Ursache für die Fluoreszenz der subgingivalen Konkremente liegt vermutlich in der Fluoreszenz von bakteriellen Porphyrinen bei einer Wellenlänge von 655nm. Dies ist jedoch noch nicht vollständig geklärt.⁴⁶

Seit August 2005 hat KaVo, Biberach, die Zulassung der FDA (US Food and Drug Administration) für die Entfernung von subgingivalen Konkrementen in der geschlossenen und offenen Parodontitistherapie für den KEY Laser 3. Somit ist der KaVo KEY Laser 3 der erste und einzige Laser, der für die komplette Parodontitistherapie von der FDA zugelassen ist.⁴⁷