

# REM-Vergleich morphologischer Veränderungen im Zahnhartgewebe

## Er:YAG-Laser, Carisolv und rotierende Instrumente

Das Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war, mittels REM die ultrastrukturellen Veränderungen in harten Zahngeweben zu beurteilen, die mit mehreren alternativen Systemen zur Kariesentfernung und Präparation behandelt wurden: Er:YAG-Laser (LiteTouch), chemo-mechanische Präparation mit Carisolv-Gel, konventionelle Präparation mit Diamantschleifern/Luftturbine und Stahlfräsern/Mikromotor.

Snejana Ts. Tsanova, Georgi T. Tomov

■ In den letzten Jahren haben Prävention und Kariesfrüherkennung sowie ein verändertes Verständnis der chemischen und biologischen Grundlagen des Demineralisationsprozesses in Zahnhartsubstanzen und die Möglichkeiten einer Remineralisation kariöser Läsionen den von G. V. Black postulierten klassischen operativen Ansatz der Kariesbehandlung abgelöst und die minimalinvasive Präparation (MIP) gefördert. Zu den Hauptkategorien der MIP-Techniken gehören rotierende Instrumente plus Hand- oder Winkelstücke, chemo-mechanische Reinigung mit Carisolv-Gel, Luftabrasion und Dentallaser.<sup>1,2</sup> Diese Trends zum Ersatz der konventionellen Präparationsmethode führten dazu, dass sich die Aufmerksamkeit der Forscher auf den Einfluss alternativer Techniken für MIP auf harte Zahngewebe und die darunterliegende Zahnpulpa konzentrierte.

MIP-Techniken erheben den Anspruch, eine kontrollierte Entfernung von infiziertem und erweichtem Dentin bei gleichzeitiger Gesunderhaltung der Zahnhartsubstanzen zu erreichen, und das mit minimalen Unannehmlichkeiten für den Patienten. Die derzeit verfügbaren Daten liefern jedoch widersprüchliche Nachweise für den Einfluss von alternativen Techniken der MIP auf harte Zahngewebe im Vergleich zur konventionellen Präparation. Mögliche Gründe hierfür sind die Vielfalt der experimentellen Studien und die Schwierigkeiten, die Resultate klinischer Forschungsarbeiten zu standardisieren. Bemerkenswert ist, dass die Forscher mit der positivsten Beurteilung der alternativen Präparationsmethoden (Carisolv, Laser) vor allem klinische Kriterien für die Bewertung verwenden (Wahrnehmung und Toleranz des Patienten, Geräuschentwicklung, atraumatisches Arbeiten, Farbe und Textur des Dentins bei Sondierung etc.), die alle eher subjektiv sind. Es wurden neue verbesserte Versionen von alternativen Systemen für die Präparation auf den Markt gebracht,

die den Anspruch einer hohen klinischen Effizienz erheben, doch es gibt immer noch wenig Informationen über sie (modifiziertes farbloses Carisolv-Gel, Multifrequenz-Hochenergie-Laser, Luftabrasion). Dadurch ist es notwendig, die Forschung in diesem sich schnell entwickelnden, vielversprechenden Gebiet der Zahnheilkunde regelmäßig zu aktualisieren.



Abb. 1a–c: Extrahierte Zähne mit kariösen Läsionen.

### Materialien und Methoden

Die Studie verwendete 20 menschliche Zähne, die aufgrund fortgeschrittener parodontaler Erkrankung frisch extrahiert waren. Die Präparationen erfolgten an natürlichen kariösen Läsionen an der Zahnoberfläche (Abb. 1a–c). Entsprechend der Präparationstechnik wurden die Zähne in vier Gruppen mit je fünf Zähnen eingeteilt (n = 5):

– Gruppe 1: Laserpräparation mit Er:YAG-Laser (LiteTouch, Syneron, Israel; Abb. 2a–c)

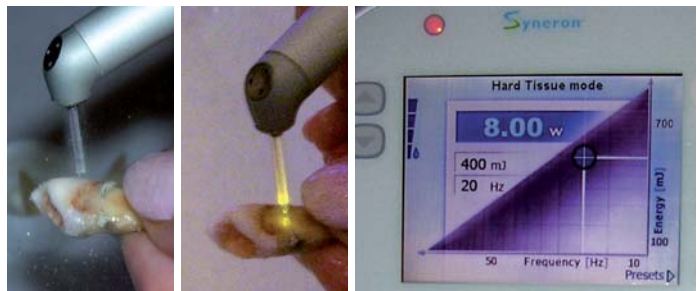
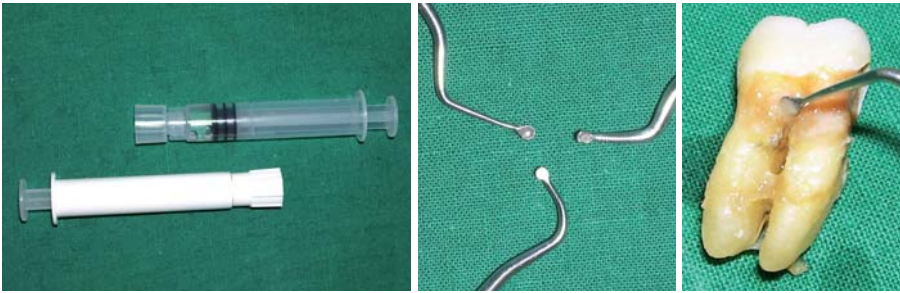


Abb. 2a–c: Laserpräparation mit Er:YAG-Laser LiteTouch (Syneron, Israel), „Hartgewebe-Modus“ (400 mJ/20 Hz; 8,00 W).



**Abb. 3a-c:** Chemomechanische Präparation mit farblosem Carisolv-Gel und Handexkavatoren.

- Gruppe 2: Chemomechanische Präparation mit farblosem Carisolv-Gel (MediTeam AB, Savedalen, Schweden; Abb. 3a–c)
- Gruppe 3: Mechanische Präparation mit rotierenden Diamantschleifern und Luftturbine.
- Gruppe 4: Mechanische Präparation mit rotierenden Stahlfräsern und Mikromotor.

Die Präparationen wurden strikt nach den jeweiligen Herstelleranweisungen durchgeführt.

Die Entfernung der Karies wurde durch klinische Methoden, Inspektion und Sondieren, nachgewiesen. Nach der Präparation wurden die Zähne eine Stunde in gepufferte Fixierlösung mit 4 % Glutaraldehyd eingelegt (0,075 M, pH 7,3). Dann wurden sie in destilliertem Wasser gespült und zur Fixierung der organischen Bestandteile für 90 Minuten in kalte Pufferlösung aus Natrium-Cacodylat (0,02 M, pH 7,2, 660 mOsm) gelegt. Die anschließende Dehydrierung erfolgte in einer Reihe von Ethanolbädern mit zunehmenden Konzentrationen von 30, 50, 70, 80, 95 und 100 % für jeweils eine Stunde, die Trocknung der Zähne basierend auf dem CPD-Verfahren (Critical Point Drier, Kritische-Punkt-Trocknung) in einem Trocknungsgerät. Die getrockneten Proben wurden dann auf einen Metallständer gebracht und durch Kathodenzerstäubung unter Vakuum goldbeschichtet (200–250 nm).

Die Rasterelektronenmikroskopie wurde mit dem REM-Gerät Modell 515 von Philips (Holland) mit einer Beschleunigungsspannung von 25 kV im sekundären Emissionsmodus durchgeführt. Von jeder Probe machten wir fünf Fotos mit der gleichen Vergrößerung (2.000-fach) von zufällig ausgewählten Regionen sowie

eine unterschiedliche Anzahl von Fotos bei verschiedenen Vergrößerungen.

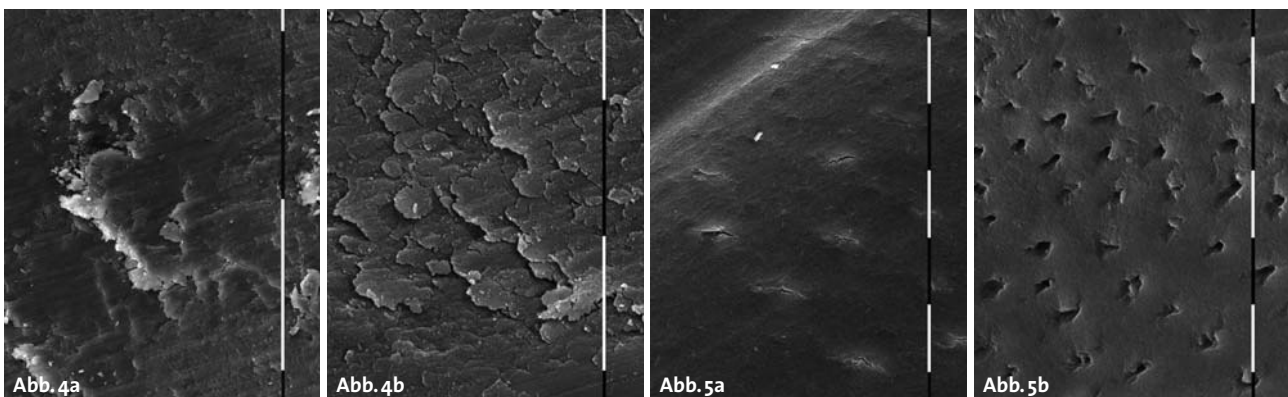
Auf den REM-Aufnahmen beurteilten, beschrieben und verglichen wir die morphologischen Befunde und Unterschiede in den Schmelz- und Dentingewebe nach Behandlung der Zähne mit alternativen Methoden für Kariesentfernung und Kavitätenpräparation.

## Ergebnisse

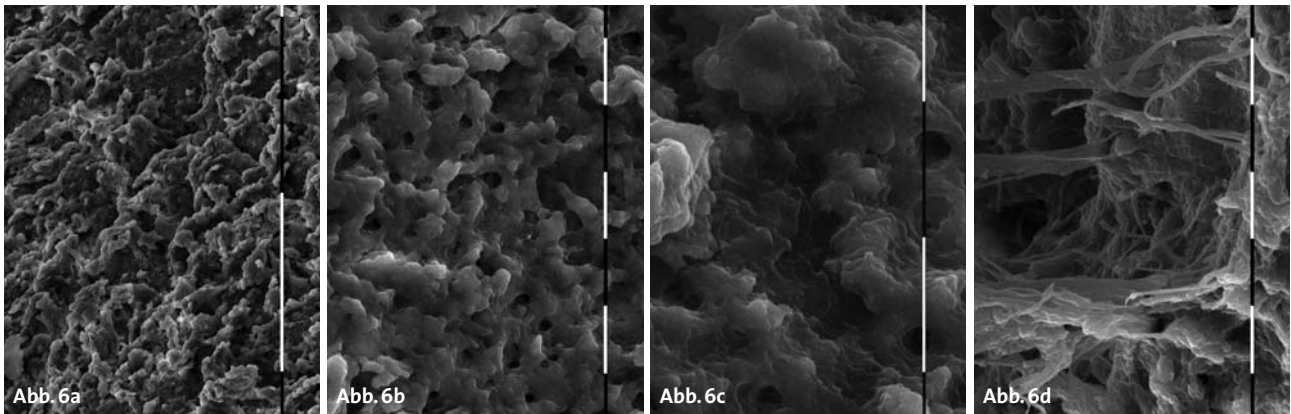
Bei der Analyse der REM-Mikrofotografien der untersuchten Proben zeigte sich, dass die konventionelle Methode der Kavitätenpräparation mit Stahlfräsern und Mikromotoren bei niedriger Drehzahl und ohne Wasserkühlung (Gruppe 4) zu einer kontaminierten Oberfläche führt, die mit einer Smearlayer aus Dentinspänen bedeckt ist und keine sichtbaren Öffnungen von Dentintubuli aufweist (Abb. 4a und b). Eine dicke Smearlayer bedeckt alle behandelten Oberflächen. Die Wände der Kavitäten sind glatt und abgerundet, und die Grenze zwischen Schmelz und Dentin ist kaum zu erkennen.

In Gruppe 3 (Präparation mit Diamantschleifern, Luftturbine und Wasserkühlung) wurde eine dünne, glatte und an einigen Stellen fehlende Smearlayer beobachtet (Abb. 5a). Im Bereich von Wasserturbulenzen fanden sich offene Lumina von Dentintubuli, jedoch ohne klare Abgrenzung zwischen offenen Lumina und peri- sowie intertubulärem Dentin (Abb. 5b). Die Grenze zwischen Schmelz und Dentin ist unklar, und die Kavitätenformen haben glatte Konturen.

Die Oberflächentopografie der Zähne nach chemomechanischer Präparation mit Carisolv-Gel (Gruppe 2) war deutlich rauer als die der Gruppen 1 und 2, die Lumina der Dentintubuli sind sichtbar, und es findet sich fast keine Smearlayer (Abb. 6a). Die Präparation der organischen Matrix auf chemomechanische Weise mit Carisolv und der gleichzeitige Schutz mineralisierter Zahngewebe



**Abb. 4a und b:** REM-Mikrofotografien von mit Stahlfräsern präparierten Zahnoberflächen. Die Oberfläche ist mit einer Schicht aus Geweberesten bedeckt, Lumina von Dentintubuli sind nicht sichtbar (500-fach, 2.000-fach). – **Abb. 5a und b:** Eine glatte, dünne Smearlayer bedeckt die mit Diamantschleifern und Luftturbine präparierten Zahnoberflächen. Im Bereich von Wasserturbulenzen wurden teilweise entfernte Verunreinigungen sowie einzelne Lumina von Dentintubuli beobachtet (500-fach, 2.000-fach).<sup>50</sup>



**Abb. 6:** **a und b)** Dentinoberflächen nach Behandlung mit farblosem Carisolv-Gel – sauber und stark retentiv, mit zum Großteil freigelegten Lumina der Dentintubuli (500-fach, 2.000-fach); **c und d)** Dentinoberflächen nach Behandlung mit farblosem Carisolv-Gel – es findet sich eine raue, granuliert Oberfläche, die stark retentiv ist. In einigen Abschnitten sind einzelne Kollagenfasern sichtbar (3.000-fach).

führen zu einem rauen Aussehen der behandelten Oberflächen und zur Entwicklung einer beträchtlichen Mikroretention (Abb. 6b und c).

Denaturierte Kollagenfasern und Oberflächenkontaminationen treten an einigen Stellen auf und blockieren die Lumina der Dentintubuli (Abb. 6d). Die Kavitätenformen in der Carisolv-Gruppe folgen den initialen Kariesläsionen, ohne deren Grenzen zu überschreiten.

Die mit dem Er:YAG-Laser präparierten Kavitätenformen (Gruppe 1) sind charakterisiert durch das Fehlen einer definierten und präzisen geometrischen Konfiguration und klar umrissener Kavitätenelemente (Abb. 7a). Es findet sich eine raue und unregelmäßige Oberfläche ohne Smearlayer (Abb. 7b). Dentintubuli sind klar freigelegt. Intertubuläres Dentin wird stärker abgetragen als peritubuläres Dentin, und dadurch treten die Dentintubuli deutlicher hervor (Abb. 7c). Im Schmelz lässt sich die typische

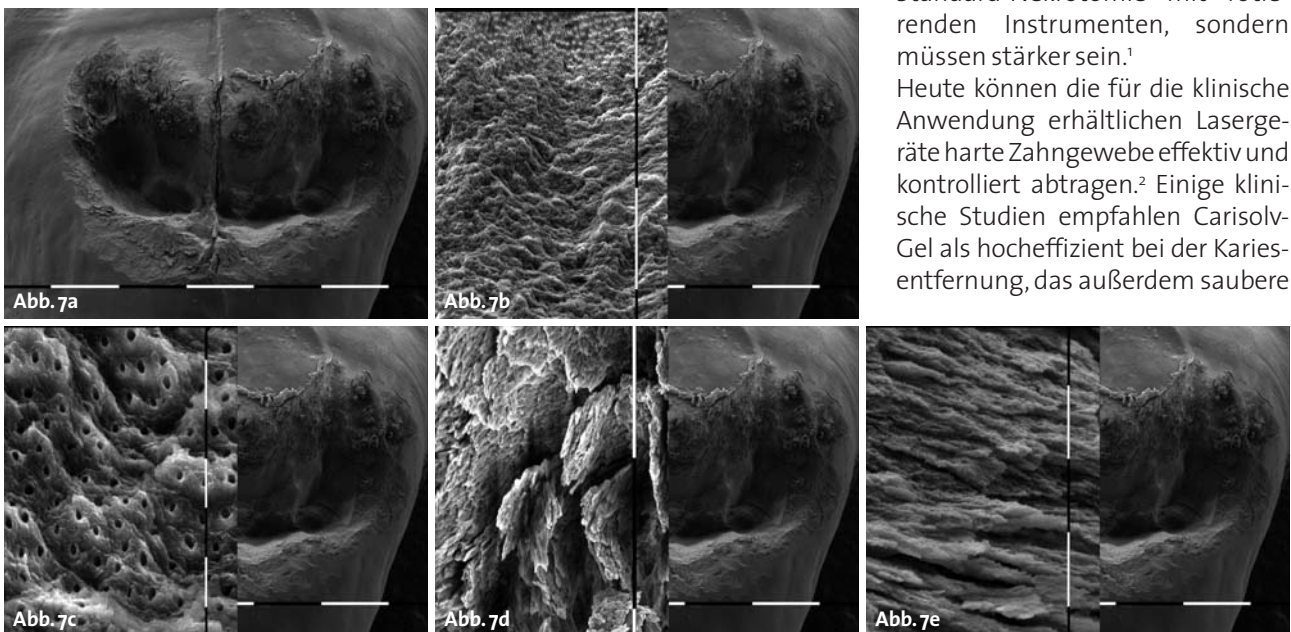
Architektur der in Bündeln gruppierten Schmelzprismen beobachten. Die Laserablation eines Teils des Schmelzes macht die Oberflächen stark retentiv (Abb. 7d und e).

### Diskussion

Die Philosophie der minimalinvasiven Kavitätenpräparation basiert auf mehreren Prinzipien – es sollen nur irreversibel geschädigte Zahngewebe entfernt und die Präparation von Makroretentionen in gesunden Geweben vermieden werden.<sup>1</sup> Außerdem sollten diese Techniken die darunterliegende Pulpa schützen und die behandelte Oberfläche so hinterlassen, dass sie für Adhäsivbonding geeignet ist.<sup>1</sup>

Die antibakteriellen Effekte der alternativen Präparationstechniken dürfen nicht schwächer sein als die der Standard-Nekrotomie mit rotierenden Instrumenten, sondern müssen stärker sein.<sup>1</sup>

Heute können die für die klinische Anwendung erhältlichen Lasergegeräte harte Zahngewebe effektiv und kontrolliert abtragen.<sup>2</sup> Einige klinische Studien empfahlen Carisolv-Gel als hocheffizient bei der Kariesentfernung, das außerdem saubere



**Abb. 7:** **a)** Eine mit Er:YAG-Laser präparierte Kavität – unklare Kavitätenumrisse und ineinandergreifende Krater werden beobachtet. Es gibt keine präzise umrissenen Kavitätenelemente (20-fach); **bund c)** Laserbehandeltes Dentin. Die Oberfläche ist sauber und frei von Geweberesten, alle Dentintubuli sind offen. Die Oberfläche ist unregelmäßig und rau, was für hohe Retention sorgt. Bei stärkerer Vergrößerung ist die effektivere Entfernung von intertubulärem Dentin zu sehen, und dadurch erscheinen die Lumina der Dentintubuli konvex (500-fach, 2.000-fach)<sup>5</sup>; **d und e)** Schmelzoberflächen nach Behandlung mit Er:YAG-Laser zeigten charakteristische Architektur mit gebündelten Schmelzprismen mit unterschiedlicher Orientierung. Die Oberfläche ist stark retentiv und frei von Verunreinigungen und Smearlayer (2.000-fach, 500-fach).

# Bestellen Sie das Jahrbuch Laserzahnmedizin 2013



Kostenlose Leseprobe



- Klinische Fallberichte •
- Gesamtübersicht deutscher Dentallasermarkt •
- Vorstellung Dentallaser/Photodynamische Systeme •
- Marktübersicht CO<sub>2</sub>-Laser und Nd:YAG-Laser •
- Marktübersichten Diodenlaser kompakt und Diodenlaser Soft •
- Marktübersicht Er:YAG-Laser/Kombilaser Er:YAG •
- Präsentation eingeführter Produkte sowie Neuentwicklungen •

JETZT AUCH IM **PRAXIS-ONLINE SHOP**  
DER OEMUS MEDIA AG BESTELLEN!



**Anwenderberichte   Fallbeispiele   Marktübersichten   Produktübersichten**

\*Preis versteht sich zzgl. MwSt. und Versandkosten.

Faxsendung an

**0341 48474-290**

# Jetzt bestellen!

Bitte senden Sie mir das aktuelle Jahrbuch  
Laserzahnmedizin '13 zum Preis von 49 €\* zu.

Jahrbuch Laserzahnmedizin: \_\_\_\_ Exemplar(e)

Name:	Vorname:
-------	----------

Straße:	PLZ/Ort:
---------	----------

Telefon/Fax:	E-Mail:
--------------	---------

Unterschrift:
---------------

Praxisstempel



**OEMUS MEDIA AG**  
Holbeinstraße 29  
04229 Leipzig  
Tel.: 0341 48474-0  
Fax: 0341 48474-290

und retentive Dentinoberflächen hinterlässt.<sup>2</sup> Es stimmen jedoch nicht alle Forscher diesen Schlussfolgerungen zu. Aufgrund der fortlaufenden Einführung neuer Technologien sollten solche Studien regelmäßig aktualisiert werden.

Die experimentellen Ergebnisse der vorliegenden Studie ergaben signifikante Unterschiede bei der Oberflächenmorphologie der untersuchten Proben, die die Möglichkeit eines effektiven adhäsiven Bondings beeinflussen. Diese morphologischen Unterschiede hängen sehr stark vom Wirkungsmechanismus des jeweiligen Präparationssystems ab.

Lasergeräte nutzen eine Vielzahl physikalischer Medien als Quellen für die Erzeugung unterschiedlicher Wellenlängen, die von spezifischen Molekülen in menschlichen Geweben absorbiert werden und mit diesen in Wechselwirkung treten. Die Erklärung für die Ablation von Hartgewebe ist das darin enthaltene Wasser, das bei Einwirkung von Laserstrahlung verdampft und dabei einen hohen inneren Druck und anschließende Mikroexplosionen erzeugt. Bei dieser Interaktion zwischen Laserstrahlung und Gewebe kann es bei unzureichender Wasserkühlung zu unerwünschten thermischen Effekten kommen.<sup>3</sup> Abhängig von Parametern wie Impulsenergie und -frequenz können CO<sub>2</sub>-Laser, Nd:YAG- und Er:YAG-Laser zu Veränderungen in Schmelz und Dentin wie Rauigkeiten, Kratern, Rissen, Abschilferungen, Verkohlen, Schmelzen und Rekristallisation kommen, wie in vielen früheren Studien beschrieben.<sup>4-6</sup> Diese Veränderungen hängen ab vom Lasertyp, der Betriebsart, dem System zur Wasserkühlung sowie dem korrekten Betrieb.<sup>3</sup> Außerdem variieren die Fähigkeiten zur Abtragung von kariösem Dentin und Schmelz laut verschiedenen experimentellen Studien sehr stark.<sup>4-6</sup> Für Argon-Fluorid-Laser und den Excimer-Laser gibt es Daten über nicht ausreichende Effizienz bei der Entfernung von Zahnkaries.<sup>5</sup> Krypton-Fluorid-Excimer-Laser, die im Ultraviolettbereich emittieren, können Dentin entfernen, aber Schmelz widersteht dem Versuch einer Ablation.<sup>5</sup>

Der Hochleistungs- und Hochfrequenz-Er:YAG-Laser (LiteTouch, Israel), der in der vorliegenden Studie verwendet wurde, hat ein weiterentwickeltes hydrokinetisches System, das in der Lage sein soll, harte Zahn- gewebe effektiv und sicher abzutragen. Der LiteTouch-Laser besitzt eine integrierte, einzigartige Software, die sehr breit gefächerte Energie- und Frequenzeinstellungen ermöglicht. Das einzigartige LiteTouch-Handstück verhindert einen Energieverlust und ermöglicht in Verbindung mit der Präzisionssteuerung von Impulsdauer, Impulsenergie und optimierter Wiederholungsfrequenz eine breite Palette von Hartgewebeverfahren.

Dieser neuartige Mechanismus steuert die Energieabgabe und bietet so eine optimale Kontrolle der Behandlungsparameter, einfach einstellbare Wasserspraymenge, Frequenz- und Energiestufen auf einem Touchscreen mit spezieller Software. LiteTouch ist auch im Hinblick auf sein in das ergonomische Handstück integriertes Optiksyste- m innovativ, das mit Saphirspitzen arbeitet. Der vorgeschlagene Wirkungsmechanismus dieses Systems ist die Photonenstrahlung, die die Laserquelle in einem zielgerichteten Luft-Wasser-Strahl abgibt und die zu Mikro-

explosionen von Wassertropfen führt. Man nimmt an, dass dieser Prozess den Mechanismus des Abtragens von Partikeln von Zahngewebe ohne Überhitzung und ohne Bildung einer Smearlayer darstellt.<sup>7</sup> Weitere Merkmale dieses Lasers sind die Wellenlänge (2.940 nm), die überwiegend von Wasser absorbiert wird, und auch die Saphirspitzen, die zuverlässig fokussierte Energie aus Laserstrahlung liefern.<sup>8</sup> Diese Kombination erlaubt eine präzise mikroinvasive Kavitätenpräparation mit minimaler Erhitzung und optimaler Rate der Strahlungsabsorption durch das im Hydroxylapatit eingelagerte Wasser.<sup>7</sup> Das Programm „Hartgewebemodus“ entfernt Schmelz, Dentin und Zahnkaries effektiv und ohne sichtbares Verkohlen oder Störung der Probenmikrostruktur. Bei Beurteilung der mit dem Er:YAG-Laser behandelten Zahngewebe unter dem Elektronenmikroskop zeigte sich eine raue und unregelmäßige Oberfläche ohne vorhandene Smearlayer und mit offenen Dentintubuli. Intertubuläres Dentin wird stärker abgetragen als peritubuläres, was der Dentinoberfläche ein charakteristisches Aussehen mit leicht überstehenden Dentintubuli gibt. Schmelz zeigt eine erhaltene Prismastruktur, aber auch starke Retentionen aufgrund von Mikroexplosionen an seiner Oberfläche. Insgesamt ist die Kavitätenform unregelmäßig, ohne strenge Geometrie und gesprenkelt mit Mikroretentionen, jedoch ohne vorhandene Verunreinigungen oder Smearlayer.

Die beobachteten Veränderungen entsprechen den Veränderungen in harten Zahngeweben, die Autoren in früheren Studien über Er:YAG-Laser berichtet haben,<sup>9,10</sup> jedoch ohne thermisch veränderte Oberflächen, Bereiche mit ausgedehnter Rekristallisation, geschmolzene Oberflächen oder Sprünge im Dentin, wie in einigen In-vitro-Studien beschrieben.<sup>3-5</sup> Es wurde auch berichtet, dass es nach der Behandlung mit gepulsten Er:YAG-Lasern bessere Möglichkeiten für adhäsives Bonding,<sup>11</sup> eine schnellere Abtragung von Schmelz und Dentin als mit rotierenden Bohrern<sup>12</sup> sowie eine Zunahme der Dentin-Mikro- härte gibt.<sup>13</sup> Die letzte Aussage ist nicht durch andere Studien bestätigt. Die in der jüngsten Studie beobachteten ausgeprägten Oberflächenunregelmäßigkeiten und die fehlende Smearlayer, beides auch in anderen Studien festgestellt,<sup>14,15</sup> liefern einen fundierten Nachweis für den physikalischen Mechanismus des Bondings mit Kompositmaterialien nach Laserbehandlung.<sup>11</sup> Diese Tatsache ist noch nicht vollständig als mögliche Gelegenheit erforscht, die Säureätzung harter Zahngewebe und die damit verbundenen schädlichen Auswirkungen auf das darunterliegende Dentin und die Pulpa zu eliminieren.

Carisolv ist eine chemomechanische, minimalinvasive Methode zur selektiven Erweichung von Karies in Dentin und deren anschließende Entfernung mit Handexkavatoren.<sup>16</sup> Das System besteht aus einem Gel, das drei Aminosäuren (Glutamin, Lysin und Leucin) enthält, sowie einer durchsichtigen Flüssigkeit (0,5 % NaOCl). Beides wird unmittelbar vor der Anwendung vermischt. Die entstandenen chlorierten Aminosäuren zerlegen selektiv die geschädigten Kollagenfasern in kariösem Dentin, ohne das darunterliegende demineralisierte, jedoch nicht denaturierte Kollagen zu schädigen. Das aufgeweichte infizierte

Dentin wird manuell mithilfe von Exkavatoren entfernt. Das in dieser Studie verwendete Carisolv-Gel ist farblos und die Konzentration der Aminosäuren darin nur halb so hoch, wogegen die Natriumhypochlorit-Konzentration doppelt so hoch ist. Der vorgeschlagene Wirkungsmechanismus von Carisolv-Gel basiert primär auf dem proteolytischen Effekt von NaOCl, das das denaturierte Kollagen in der Kariesläsion auflöst.<sup>16</sup> Es wird angenommen, dass die drei Aminosäuren die Wirkung von NaOCl auf das Kollagen verstärken und auch die Beteiligung gesunden Zahngewebes reduzieren. Die chemischen Wirkungen von Carisolv auf die darunterliegende Pulpa wurden als sicher beurteilt. Der alkalische pH-Wert (~11) des Gels neutralisiert Säuren und hat eine bakterizide Wirkung auf die kariogene Flora.<sup>16</sup> Das Vorhandensein von NaOCl in Carisolv ist jedoch problematisch wegen der Gefahr, dass NaOCl die Polymerisation der Bondingmittel hemmt. Ein weiteres klinisches Problem ist die fehlende Wirksamkeit von Carisolv im Schmelz, und das erfordert bei der Kariesexkavierung eine Kombination mit rotierenden Instrumenten.<sup>16</sup> Außerdem variieren die von Studien über Carisolv berichteten Ergebnisse seiner Fähigkeit, die Smearlayer zu entfernen. Laut einigen Autoren entfernt Carisolv die Smearlayer fast vollständig, sodass sichtbare offene Dentintubuli zurückbleiben.<sup>15-17</sup> Anderen Autoren zufolge ist Carisolv nicht in der Lage, Smearlayers zu beseitigen, und es gibt keine offenen Dentintubuli.<sup>18</sup> Die letztgenannte Studie wurde an nichtkariösen Dentinoberflächen durchgeführt, wobei die Forscher eine unregelmäßige Smearlayer über Schmelz und Dentin beobachteten und feststellten, dass alle Öffnungen der Dentintubuli mit Geweberesten gefüllt waren. Eine dritte Gruppe von Forschern nimmt einen Standpunkt dazwischen ein – ihrer Ansicht nach eliminiert Carisolv die Smearlayers nicht vollständig, und es sind teilweise offene Dentintubuli sowie Reste der verunreinigenden Smearlayer vorhanden, die die Dentinoberfläche bedecken.<sup>2,54</sup>

Die in der vorliegenden Studie mit Carisolv behandelten und mit REM untersuchten Dentinoberflächen sind sauber, frei von Smearlayer und zeigen einige Reste von denaturierten Kollagenfasern. Konventionelle rotierende Bohrer bilden eine Smearlayer auf der Zahnoberfläche, wogegen Carisolv die Oberflächenrauigkeit erhöht und eine relativ saubere Fläche hinterlässt. Die Dentinotopografie nach Carisolv-Applikation ist granulär und rau im Vergleich zur Präparation mit rotierenden Instrumenten und besitzt eine ähnliche Rauigkeit, wie sie nach Laserpräparation beobachtet wird. Die in unserer Studie beobachteten ausgeprägten strukturellen Veränderungen des Zahngewebes und die Oberflächenrauigkeit können eine entscheidende Rolle bei der Haftung von Kompositmaterialien spielen, eventuell ohne Verwendung von Ätzmitteln. Die Daten in der Literatur über strukturelle Veränderungen nach Carisolv-Präparation variieren jedoch beträchtlich, und wir können den Schluss ziehen, dass dieses System zur chemomechanischen Entfernung von Zahnkaries wahrscheinlich empfindlich im Hinblick auf die Applikationstechnik, Mineralisation und andere Dentinmerkmale ist.<sup>2,19</sup>

Die Ergebnisse einiger aktueller Studien zeigten, dass trotz Unterschieden zwischen einzelnen Autoren allgemein die Menge der Smearlayer nach Behandlung mit Er:YAG-Laser und Carisolv in allen Fällen kleiner ist als nach Präparation mit konventionellen rotierenden Instrumenten und dass Oberflächenveränderungen durch eine ausgesprochen raue, zerklüftete Topografie charakterisiert sind.<sup>2,3,12,15</sup>

Die in unserer Studie beobachteten morphologischen Merkmale der Zahnhartsubstanzen führen uns zu der allgemeinen Schlussfolgerung, dass die Kavitätenpräparation mit Er:YAG-Laser und Carisolv mit den Prinzipien der minimalinvasiven Präparation übereinstimmt und saubere Oberflächen sowie starke Mikroretentionen hinterlässt, die für adhäsive Restaurationen geeignet sind. Diese Thesen über die Vorteile alternativer Techniken für die minimalinvasive Präparation von Zahngewebe für adhäsive Restaurationen sollte in künftigen klinischen Studien bestätigt werden.

### Schlussfolgerungen

Die REM-Analyse von mit Stahl- und Diamantschleifern behandelten Zahnhartsubstanzen zeigte Oberflächen, die mit einer dicken Schicht aus Geweberesten bedeckt waren, was die Haftung von Füllungsmaterialien beeinträchtigen könnte. Die Öffnungen der Dentintubuli sind mit Geweberesten verschlossen, mit Ausnahme der Regionen unter Wasserturbulenzen, in denen die Gewebereste teilweise entfernt sind. Carisolv-Gel wirkt nicht an Schmelz oder gesundem Dentin. Die Oberflächentopografie des Dentins, die nach vollständiger Kariesentfernung mit Carisolv zurückbleibt, ist rauer als nach konventioneller Präparation mit rotierenden Bohrern. Es wird keine typische Smearlayer beobachtet, sondern es sind dünne Flecken von Verunreinigungen sichtbar, die sehr viel weniger herausragen als nach dem Bohren.

Alle laserbehandelten Proben zeigten keine Anzeichen einer thermischen Schädigung oder von Verkohlungen und Schmelzen. Die REM-Untersuchung ergab charakteristische Mikro-Unregelmäßigkeiten der mit Laser präparierten Dentinoberfläche, ohne jegliche Smearlayers, sowie offene Dentintubuli. Intertubuläres Dentin wird stärker abgetragen als peritubuläres Dentin, und dadurch traten die Dentintubuli deutlicher hervor. Mit Er:YAG-Laser abgetragener Schmelz hinterlässt wirkungsvoll gut freigelegte Schmelzprismen ohne Gewebereste. Die Oberflächen sind stark retentiv. ■



### ■ KONTAKT

**Assoc. Prof. Georgi Tomov, DDS, MS, PhD**  
Associate Professor and Chair of the  
Department of Oral Pathology,  
Faculty of Dental Medicine  
dr.g.tomov@gmail.com

