

Demineralisationen des Zahnschmelzes in der Kieferorthopädie

Der sinnvolle Einsatz von Fluorid bei Prävention und Behandlung

Schlüsselwörter: Demineralisation, Kreideflecken («white spot lesions»), orthodontische Behandlung, Prävention

A. BAHOU¹

L. BAHJE²

F. ZAOU³

¹ Facharzt für dentofaziale Orthopädie an der Zahnmedizinischen Fakultät Rabat;

CES A Technologie der zahnmedizinischen Biomaterialien;
CES B Dentofaziale Orthopädie

² Assistenzprofessorin an der Abteilung für dentofaziale Orthopädie der Zahnmedizinischen Fakultät Rabat

³ Hochschulprofessorin und Leiterin der Abteilung für dentofaziale Orthopädie der Zahnmedizinischen Fakultät Rabat

Korrespondenzadresse

A. Bahoum
Iskane 7, Apartment 6,
Guich des Oudayas, Temara,
Marokko
E-Mail: a_bahoum@yahoo.fr

Bild oben: Grosse Plaqueansammlung bei einem Patienten mit mangelnder Kooperation führt zur Bildung von White-Spot-Läsionen auf einem Grossteil der vestibulären Fläche.



Zusammenfassung Die Bildung weisser opaker Flecken um fest sitzende kieferorthopädische Brackets herum ist eine unangenehme Komplikation während und nach der fest sitzenden kieferorthopädischen Behandlung. Die Literatur belegt, dass dieses Problem weitverbreitet ist. Eine gute Mundhygiene

während der fest sitzenden kieferorthopädischen Behandlung ist ebenso wichtig wie die topische Fluoridapplikation, um die Bildung dieser Läsionen zu verhindern. Angesichts der weissen Läsionen bieten sich verschiedene palliativ-konservative Behandlungsweisen an.

Einleitung

Opake weisse Flecken oder *White Spots*, die sich im Bracketumfeld bilden, sind eine häufig auftretende und unschöne Komplikation einer fest sitzenden kieferorthopädischen Behandlung, deren Zweck ästhetischer Natur ist.

Kieferorthopädische Brackets und Klebstoffe begünstigen die Bildung von Plaque auf Glatflächen, die im Allgemeinen nicht von Karies betroffen sind (ØGAARD 2008). Die Mundhygiene wird dadurch zusätzlich erschwert, und weil es schwierig ist,

den bakteriellen Zahnbelag restlos zu entfernen, kann ein Ungleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation entstehen. Dies führt zur Entstehung von Stellen, an denen der Zahnschmelz sich auflöst, zu sogenannten *White Spots* (CHANG ET AL. 1997).

In mehreren Studien (CHATTERJEE & KLEINBERG 1979; SCHEIE ET AL. 1984) wurde nachgewiesen, dass eine kieferorthopädische Behandlung eine Veränderung der Mundökologie begünstigt, was die Retentionsflächen für Mutansstreptokokken vergrößert und zu einer Verringerung des pH-Wertes führt. Alles in allem



Abb. 1 Grosse Plaquesammlung (A) bei einem Patienten mit mangelnder Kooperation führt zur Bildung von White-Spot-Läsionen auf einem Grossteil der vestibulären Fläche (B).

würde das die erhöhte Kariesinzidenz bei Trägern von kieferorthopädischen Apparaturen im Vergleich zu Menschen ohne Zahnsparren erklären (ZACHRISSON & ZACHRISSON 1971).

Angesichts der Risiken einer sekundären Entkalkung bei kieferorthopädischen Behandlungen ist eine Präventionsstrategie erforderlich, die sowohl die Biofunktionalität als auch die Biosicherheit der in der Kieferorthopädie verwendeten Legierungen berücksichtigt.

White-Spot-Läsionen bei kieferorthopädischen Patienten

Angesichts der Häufigkeit der Demineralisationen wurden mehrere Studien durchgeführt, um die verschiedenen, sie beeinflussenden Faktoren zu untersuchen.

Ohne Fluoridapplikation kann ab der vierten Woche nach Beginn der kieferorthopädischen Behandlung die Bildung weisser Flecken im Bracketumfeld klinisch festgestellt werden, was dem Zeitraum zwischen zwei Behandlungsterminen entspricht (ØGAARD ET AL. 1988). Der Prozess verläuft also sehr schnell und muss ernst genommen werden.

Die Prävalenz der White-Spot-Läsionen (WSL) ist je nach Autor sehr unterschiedlich und geht von 4,9% (GORELICK ET AL. 1982) bis 84% (MIZRAHI 1982). Bei TUFEKCI ET AL. 2011 wird sechs Monate nach Beginn der kieferorthopädischen Behandlung eine Prävalenz von 38% und zwölf Monate später eine solche von 46% festgestellt, im Gegensatz zu 11% bei Patienten, denen gerade erst eine Apparatur eingesetzt wurde. Dieser Durchschnittswert kommt nahe an den von BOERSMA ET AL. 2005 heran, die bei durchschnittlich 30% der untersuchten Patienten stellenweise Demineralisationen sowie eine erhöhte Häufigkeit bei Männern festgestellt haben. Die Prädilektionsstellen der WSL sind im Allgemeinen die ersten Molaren, die lateralen Schneidezähne und die unteren Eckzähne (Øgaard 2008).

In einer Studie von KUKLEVA ET AL. (2002) wurde mithilfe von zwei Gruppen Jugendlicher und junger Erwachsener der Einfluss des Alters auf die Prävalenz der Demineralisationen untersucht. Es wurde nachgewiesen, dass bei präadoleszenten Kindern (8–11 Jahre) ein erhöhtes Risiko für die Bildung von WSL im Bracketumfeld besteht, was sicherlich auf die geringere Kariesresistenz des Zahnhartgewebes sowie auf die in dieser Altersgruppe am häufigsten festgestellte fehlende Kooperationsbereitschaft zurückzuführen ist.

Im Allgemeinen sind die Läsionen klein und auf feine Ränder um die Bracketbasis herum oder auf den Bereich zwischen dem Bracket und dem gingivalen Rand begrenzt. Dennoch sind die Läsionen in manchen Fällen so erheblich, dass eine sofortige Entfernung der Bänder notwendig wird, um eine

korrekte Hygiene und die Restauration des Zahns zu ermöglichen.

Entstehungsmechanismus der WSL

Das Auftreten von White-Spot-Läsionen im Verlauf einer fest sitzenden kieferorthopädischen Behandlung wird durch die Schaffung einer kariogenen Umgebung bedingt, was weitgehend auf das Anbringen der fest sitzenden Brackets zurückzuführen ist.

Veränderung der Mundökologie

GWINNETT & CEEN 1979 haben nachgewiesen, dass fest sitzende Brackets eine schnelle Zunahme der bakteriellen Plaque zur Folge haben (Abb. 1). CHATTERJEE & KLEINBERG (1979) haben festgestellt, dass der pH-Wert dieser Plaque im Vergleich zu dem von Patienten ohne kieferorthopädische Apparatur niedriger ist.

ARNEBERG ET AL. haben die Abweichung des pH-Werts der bakteriellen Plaque im Zusammenhang mit der Zahnposition untersucht und dabei festgestellt, dass der niedrigste pH-Wert (bis 4) bei den oberen Schneidezähnen zu finden ist; eine mögliche Erklärung hierfür ist der schwache Speichelfluss in diesem Bereich, was zu einer längeren Verweildauer von Säuren in der Plaque führt (Abb. 2).

Zudem sind eine Veränderung der Mundökologie und infolgedessen grössere Retentionsflächen für *Streptococcus mutans* feststellbar. SHEIE ET AL. (1984) haben bei den Trägern einer kieferorthopädischen Apparatur einen erhöhten Anteil an *Streptococcus mutans* in der Plaque und im Speichel festgestellt, wodurch sich das Kariesrisiko erhöht. Diese Bakterien produzieren organische Säuren aus fermentierbaren Kohlenhydraten und sind für die Entstehung kariöser Läsionen verantwortlich. Zucker spielt also eine wichtige Rolle bei der Umwandlung von Plaque in kariogene Plaque (ØGAARD 2008).



Abb. 2 Bei der Mundatmung reduziert sich der Speichelfluss, wodurch das Auftreten von White-Spot-Läsionen im Verlauf einer kieferorthopädischen Behandlung begünstigt wird.

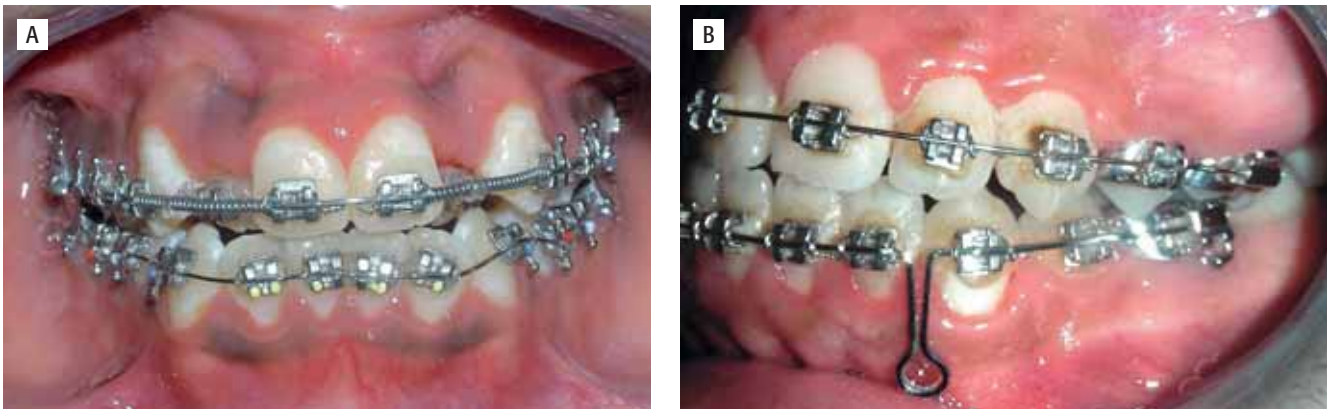


Abb. 3 Die Verwendung komplexer kieferorthopädischer Apparate fördert die Plaqueretention und infolgedessen das Auftreten von White-Spot-Läsionen. (A) Apparat mit Feder; (B) Apparat mit Drahtschleife.

Schwierigkeiten hinsichtlich der Mundhygiene

Die Kooperation der Patienten zur Aufrechterhaltung einer guten Mundhygiene sowie topische Fluoridapplikationen sind grundlegende Elemente bei der Prävention von White-Spot-Läsionen. Dennoch gibt es eine Reihe von Apparaturen, deren Form das Risiko einer Plaquesammlung begünstigen kann, obwohl der Patient um eine gute Hygiene bemüht ist. So schaffen einige komplexe Apparate, wie beispielsweise Bögen mit Drahtschlaufen und Federn (Abb. 3), manche Klasse-II-Apparaturen oder Palatinalbögen Flächen, die mit konventionellen Hygienemitteln nur schwer zu reinigen sind. Zudem führen elastomerische Ligaturen und überschüssige Adhäsive um die Brackets herum zur Bildung von Taschen, in denen sich Bakterien vermehren können. Somit wäre eine Verwendung von Ligaturen aus Metall oder selbstligierenden Brackets vorzuziehen (SUKONTAPATIPARK ET AL. 2001).

Entwicklung der WSL nach Bänderentfernung

Aufgrund der Demineralisation wird die Schmelzoberfläche porös und nimmt schneller Farbstoffe aus Lebensmitteln auf, wodurch unschöne Flecken entstehen (ØGAARD 2008). Die weitere Entwicklung der Flecken nach der Entnahme der kieferorthopädischen Apparatur hängt vom Ausmass der initialen Läsion ab.

WILLMOT (2004) hat die weitere Entwicklung der *White Spots* nach der kieferorthopädischen Behandlung vermessen. Er konnte nachweisen, dass die verbleibenden Demineralisationen innerhalb von sechs Monaten nach dem Debonding der Brackets um etwa die Hälfte kleiner werden. Die Verwendung von fluoridierten Zahnpasten oder Mundspülungen während dieser Zeit scheint die Ergebnisse nicht zu beeinflussen.

ØGAARD (2001) hat den Zustand der weissen Flecken sechs Jahre nach dem Ende der kieferorthopädischen Behandlung untersucht. Er hat eine Persistenz von 25% bei den hartnäckigsten Flecken und eine Regression von 75% bei kleineren Flecken nachgewiesen. Diese Regression wird eher einer allgemeinen Oberflächenabrasion durch Reinigung mit einer Bürste zugerechnet als einer Remineralisation.

Behandlungen zur Reduktion der White-Spot-Läsionen

Obwohl die Demineralisation für Kieferorthopäden schon seit Langem ein Problem ist, bleibt sie für diesen Fachbereich, dessen Ziel die ästhetische Optimierung des Gesichts und der

Zähne ist, nicht mehr als ein sehr störender Nebeneffekt. Im Idealfall müsste deshalb bereits ihre Bildung verhindert werden. Demnach können bei bereits bestehenden Flecken die Applikation eines Fluor-Konzentrats im Bereich der Prämolaren und Molaren sowie die Mikroabrasion im Bereich der Schneide- und Eckzähne zufriedenstellende Ergebnisse erzielen, insbesondere wenn nur kleine Flächen betroffen sind.

Remineralisation der Oberfläche mithilfe von Fluorkonzentraten

Im Bereich der Prämolaren und Molaren wird die Applikation eines fluoridhaltigen Lacks zur Remineralisation von WSL empfohlen. Die Applikation eines erhöhten Fluoridgehalts stoppt zwar tatsächlich die Progression des kariösen Prozesses, die Läsion behält jedoch nicht nur ihre initiale Grösse bei, sondern nimmt zudem noch eine bräunliche Verfärbung (Abb. 4) an; ein im vorderen Bereich, in dem die Ästhetik im Vordergrund steht, sicher nicht wünschenswertes Ergebnis (WILLMOT 2008).

Auch Mundspüllösungen mit schwachem Fluoridgehalt (50 ppm) und fluoridhaltiger Kaugummi können zur Remineralisation von kleinflächigen Läsionen empfohlen werden (LEE LINTON 1996).

Mikroabrasion

Die Mikroabrasion ist eine chemische (mit 18%iger Salzsäure) und mechanische Behandlung, bei der ein Teil des Zahnschmelzes an der Oberfläche abgetragen wird. Sie dient der Entfernung von Verfärbungen der Schmelzoberfläche und wird mittlerweile



Abb. 4 Unschöne bräunliche Verfärbung nach der Remineralisation der White-Spot-Läsionen mithilfe eines Fluoridlacks.

auch gegen *White Spots* nach einer kieferorthopädischen Behandlung eingesetzt (WELBURY & CARTER 1993, CROLL & BULLOCK 1994).

MURPHY ET AL. 2007 haben die Oberflächenveränderungen als Folge einer Mikroabrasion bei acht Patienten mit multiplen Demineralisationen nach Entfernung der Bänder quantifiziert. Die Studie konnte eine signifikante Reduktion der Ausbreitung und des unästhetischen Aspekts der demineralisierten Oberflächen nach der Behandlung nachweisen (Abb. 5).

Die Mikroabrasion hat sich als effizienter Ansatz zur Verbesserung der Ästhetik der demineralisierten Läsionen nach der kieferorthopädischen Behandlung erwiesen.

CPP-ACP: Tooth Mousse/MI Plus Paste

Das Potenzial zur Unterstützung der Remineralisation und zur Hemmung der Demineralisation der Zahnhartsubstanz von CPP-ACP oder Caseinphosphopeptid – amorphes Calciumphosphat, ein Derivat des Milchproteins – wurde in zahlreichen Studien *in vitro* und *in vivo* festgestellt (YAMAGUCHI ET AL. 2007).

Dieses Potenzial erklärt sich durch die Eigenschaft des Caseinphosphopeptids (CPP), Calcium- und Phosphationen zu stabilisieren und sich mit dem amorphen Calciumphosphat (ACP) zu verbinden, wodurch CPP-ACP-Komplexe entstehen. Diese bilden einen Calcium- und Phosphatspeicher in der Plaquezone und auf der Zahnoberfläche. In saurem Milieu geben die Komplexe Calcium- und Phosphationen frei, wodurch die Demineralisation reduziert, die Remineralisation des Zahnschmelzes begünstigt und somit eine ausreichende Sättigung an Mineralien gewährleistet wird (IJIJIMA ET AL. 2004).

Obwohl nachgewiesen wurde, dass der durch die CPP-ACP-Komplexe remineralisierte Zahnschmelz deutlich säureresistenter ist als unbehandelter Zahnschmelz, konnte die Studie von DING ET AL. 2009 belegen, dass diese Behandlung die Haftkraft der adhäsiven Befestigung der Brackets nicht negativ beeinflusst.

Die CPP-ACP-Komplexe stehen in verschiedenen Darreichungsformen zur Verfügung, wobei die beim Menschen am häufigsten verwendeten und untersuchten die folgenden sind: zuckerfreier Kaugummi (Trident mit Recaldent extraCARE), Zahnschutzcreme (GC Tooth Mousse, MI Paste und MI Paste Plus) und Milchprodukte (Milch von Meiji Recaldent).

Nach einer systematischen Review durch die Metaanalyse von YENGOPAL UND MICKENAUTSCH (2009) wurde festgestellt, dass «die Ergebnisse der klinischen *In-situ*-Versuche einen kurzfristigen Remineralisationseffekt durch CPP-ACP erkennen lassen. Zu-

dem lassen die viel versprechenden Ergebnisse der randomisierten klinischen *In-vivo*-Versuche nach einer langfristigen Anwendung von CPP-ACP einen präventiven Effekt gegen Zahnkaries vermuten.»

Prävention von WSL

Die beste Präventionsstrategie, um die Entstehung weisser Flecken zu verhindern, scheint die Auswertung der Risikofaktoren vor Beginn einer kieferorthopädischen Behandlung, in Kombination mit der Verschreibung von fluoridhaltigen Mundspülungen zur Beseitigung aller Faktoren, welche die Plaqueretention begünstigen, zu sein. Dazu kommen eine regelmässige Unterstützung der Mundhygiene sowie Ernährungshinweise während der gesamten Behandlungsdauer.

Beseitigung aller Faktoren, welche die Plaqueretention begünstigen

Die Prävention der Demineralisation im Bracketumfeld basiert insbesondere auf:

- der Motivation des Patienten, eine strikte Mund- und Zahnhygiene einzuhalten, sowie seiner dahin gehenden Aufklärung.
- der Beseitigung von überschüssigem Adhäsiv oder Zement vor dem Festwerden, damit keine iatrogenen Faktoren die Retention von bakterieller Plaque begünstigen.

Topische Applikation von Fluoriden

Es können mehrere Applikationsarten angewendet werden:

- Fluoridhaltige Zahnpaste ist die Basis einer jeden Kariesprävention. Die Fluoridkonzentration darf bei Trägern einer kieferorthopädischen Apparatur nicht unter 0,1% liegen (ØGAARD 2008). Das kariostatische Potenzial von fluoridhaltiger Zahnpaste reicht jedoch bei einem Grossteil der kieferorthopädischen Patienten nicht aus, um die Entwicklung der weissen Flecken zu stoppen.
- Fluoridhaltige Mundspüllösungen: In mehreren Studien (GEIGER 1992; PETERSSON 2000) wurde nachgewiesen, dass ihre Verwendung unabhängig vom Anwendungsprotokoll die Anzahl von Demineralisationen verringert:
 - niedrig dosiert (0,05% Fluorid) bei täglicher Anwendung;
 - oder hoch dosiert (0,2% Fluorid) bei wöchentlicher Anwendung.

Die aktive Kooperation der Patienten bleibt dennoch unerlässlich. So haben GEIGER ET AL. (1992) nachgewiesen, dass nur 50% der Patienten die fluoridierte Mundspülung richtig anwendeten.



Abb. 5 (A) Auftreten kleinerer White-Spot-Läsionen bei 33 und 35; (B) Fleckenreduktion durch Mikroabrasion am Ende der Behandlung.

Angesichts der vorhergegangenen Ausführungen wurden weitere Alternativen zur Anwendung in der zahnärztlichen Praxis entwickelt:

- Fluorid freisetzende Klebesysteme: erweisen sich zur Reduktion der Demineralisation im Bracketumfeld als effizient (TODD ET AL. 1999). Ihre unzureichende adhäsive Haftung und die schwache Fluoridabgabe schränken jedoch die Anwendung ein. Hybrid-Glasionomerzemente wären effizienter, können jedoch nur eine begrenzte Fläche des frei liegenden Zahnschmelzes im Bracketumfeld schützen, und bei Patienten mit unzureichender Hygiene können sich Entkalkungen zwischen der Bracketbasis und dem gingivalen Rand bilden.
- Fluoridierte Lacke: Solche Lacke mit Fluoridgehalt könnten, insbesondere bei Patienten mit mangelnder Kooperationsbereitschaft und unzureichender Hygiene, welche die verschriebenen Mundspülungen nicht selbstständig regelmässig durchführen würden, als Präventionsmassnahme zur Hemmung der Demineralisation im Bracketumfeld verwendet werden. BRYANT ET AL. (1985) befürworten die Applikation des Lackes sieben Tage vor dem Bonding der Brackets: Der Zahnschmelz kann so das Fluorid ohne Auswirkungen auf die Adhäsion aufnehmen.

Fluorid und Nickel-Titan-Legierungen

In zahlreichen Studien wurde nachgewiesen, dass die topische Applikation von Fluorid eine potenzielle Remineralisation des Zahnschmelzes unterstützt, und die Verwendung von fluoridierten Mundspüllösungen bei kieferorthopädischen Behandlung wurde mehrfach empfohlen (BENSON ET AL. 2005).

Legierungen auf Titanbasis, die aufgrund ihrer Superelastizität und ihres Formgedächtnisses häufig während der ersten Phasen der kieferorthopädischen Behandlung verwendet werden, gelten als sehr korrosionsresistent. Aktuelle Studien zeigen jedoch, dass diese Legierungen beim Kontakt mit Fluorid korrodieren (YOKOYAMA ET AL. 2004; KRISHNAN ET AL. 2011) und dass ihre mechanischen (Biofunktionalität) und biologischen (Biosicherheit) Eigenschaften nachlassen.

Titan verliert seine Korrosionsresistenz in den zur Kariesprävention verwendeten fluoridhaltigen Lösungen, insbesondere ab 0,5%. Die Bakterien in der Zahnplaque produzieren Essigsäure, die mit dem Fluorid reagiert und dabei hochkorrosive Fluorwasserstoffsäure HF bildet. Diese hemmt Bakterien, greift jedoch das Titan an und zerstört seine Passivierungsschicht TiO_2 (AHN ET AL. 2006).

Schlussfolgerungen

Der Kieferorthopäde ist hauptsächlich darum bemüht, nach dem Debonding der Brackets eine intakte Schmelzoberfläche vorzufinden und es muss deshalb alle notwendigen Vorkehrungen dafür treffen. Obwohl durch die Verwendung von Fluorid insbesondere bei Patienten mit erhöhtem Kariesrisiko eine deutliche Reduktion des Vorkommens und des Ausmasses von White-Spot-Läsionen (Initialkaries) erreicht werden kann, muss sich der Kieferorthopäde darüber bewusst sein, dass fluoridhaltige Prophylaktika die mechanischen und biologischen Eigenschaften von Ni-Ti-Draht beeinflussen.

Aus diesem Grund wird dazu geraten, das klassische Protokoll zur Prävention von White-Spot-Läsionen bei Trägern kieferorthopädischer Apparaturen entsprechend anzupassen:

- eine ausführliche Aufklärung zur Mundhygiene für eine bessere mechanische Entfernung von bakterieller Plaque;
- die Verschreibung von Mundspüllösungen mit niedrigem Fluoridgehalt oder auf Chlorhexidinbasis während der ersten Behandlungsphasen (die 6 bis 8 Monate dauern können), in denen Ni-Ti-Draht verwendet wird;
- schliesslich eine Rückkehr zur klassischen Verschreibung einer angemessenen Dosis von Fluorid, insbesondere bei erhöhtem Kariesrisiko, während der letzten Behandlungsphasen, bei denen andere Legierungen, beispielsweise Edelstahl- oder TMS-Legierungen, verwendet werden.

Literatur siehe Text französisch, Seite 941.