



In-situ-Untersuchung der Mikrohärteveränderung von Zahnschmelz nach der Anwendung von „Vital Bleaching“ mit Verdickungsmitteln



Paula Soldani, DDS, MS*

Cristiane M. Amaral, DDS, MS, ScD**

José A. Rodrigues, DDS, MS, ScD**

Bleachingsysteme und Verdickungsmittel bewirken aufgrund einer unspezifischen Oxidation des Bleachinggels im Schmelz Veränderungen in der Zahnschmelzmatrix. Diese Reaktion kann zu einem Verlust des Mineralgehalts und einer Abnahme der Mikrohärte führen. Ziel dieser In-situ-Studie war es, die Auswirkungen verschiedener Bleachingsysteme und ihrer Verdickungsmittel auf die Mikrohärte von humanem Schmelz zu untersuchen. Bei einer Gruppe von 45 Freiwilligen wurden an der Buccalseite ihrer oberen ersten Molare zwei Zahnplättchen (3 x 3 x 2 mm) befestigt, die von dritten Molaren gewonnen worden waren. Die Studienteilnehmer wurden je nach Behandlung in folgende Gruppen unterteilt: Gruppe 1: 10 % Carbamidperoxidgel mit Carbopol als Verdickungsmittel, Gruppe 2: 2 % Carbopolgel, Gruppe 3: 10 % Carbamidperoxidpaste mit Poloxamer als Verdickungsmittel, Gruppe 4: Poloxamer und Gruppe 5: 6,5 % Wasserstoffperoxidstreifen für 21 Tage (experimenteller Behandlungsfaktor). Die Auswirkungen der experimentellen Behandlung wurden mit Mikrohärtemessungen untersucht, die vor und nach der Behandlung durchgeführt wurden (Zeitfaktor). Die Daten wurden mit der Split-Plot-Varianzanalyse und Tukey-Tests analysiert. Nur der Zeitfaktor zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied ($P < 0,0001$). Während aller Behandlungen wurde die Schmelz-Mikrohärte reduziert. Nach einem Zahnbleaching ist klinisch eine Reduzierung der Mikrohärte zu erwarten. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2010;30:199–205.)

* Graduate Student, Dental Research and Graduate Studies Division, Department of Restorative Dentistry, Guarulhos University, Guarulhos, SP, Brasilien.

** Professor, Dental Research and Graduate Studies Division, Department of Restorative Dentistry, Guarulhos University, Guarulhos, SP, Brasilien.

Korrespondenz an: Dr. José Augusto Rodrigues, Pca Tereza Cristina, 229, Centro-Guarulhos, Brasilien CEP 07023-070-SP; Fax: ++ 55 11 64641758;
E-Mail: jrodrigues@prof.ung.br

Home-Bleaching ist eine konservative, einfache und kostengünstige Alternative zu adhäsiv befestigten Veneers. Bei der herkömmlichen Home-Bleaching-Technik, die 1989 von Haywood und Heymann¹ beschrieben wurde, werden Bleichmittel in geringer Konzentration in individuellen Schienen verwendet. Die Sicherheit dieser Anwendung ist hervorragend. Aktuell werden eher Bleachingsysteme mit einem kürzeren Behandlungszeitraum bevorzugt, und es sind neue Bleachingsysteme auf dem Markt erhältlich. Bei diesen Systemen werden keine Schienen mehr verwendet, und sie enthalten Bleichmittel mit höheren Konzentrationen von Carbamidperoxid in einem Bereich von 16 % bis 22 % oder Wasserstoffperoxid in einem Bereich von 6,5 % bis 14 %²⁻⁴.

Es wurde vorgeschlagen, Verdickungsmittel zu verwenden, um die Aktivität und Wirksamkeit von Carbamidperoxid zu verbessern. Das meistverwendete Verdickungsmittel ist Carbopol, ein synthetisches Polymer der Acrylsäure. Es wandelt das Bleichmittel in ein Gel um, das in eine individuelle Schiene gegeben oder in Kunststoffstreifen integriert werden kann. Eine hohe Konzentration von Carbopol macht das Bleichmittel dicker und verbessert die Anhaftung an der Zahnoberfläche. So kann das

Carbamidperoxid bereits nach einer Stunde konstant und stärker freigesetzt werden. Bei einem Untersuchungszeitraum über 10 Stunden betrug die Freisetzungsrates 10 % pro Stunde^{5, 6}. Andererseits könnte das Fehlen von Carbopol die Bleichwirkung beeinträchtigen, weil dann das Peroxid rasch in die Mundhöhle abgegeben und sich zersetzen würde⁵.

Da das Carbopol nur dazu dient, die Konsistenz der Bleichmittel zu verbessern, darf es keine Nebenwirkungen für den Zahn haben. Carbopol ist jedoch eine saure Substanz. Der niedrige pH-Wert ist zwar von Vorteil für die Haltbarkeit, da Peroxide in sauren Lösungen stabiler sind⁷, aber andererseits kann es während der Einwirkzeit zur Demineralisierung des Zahnschmelzes beitragen.

Aus manchen Studien geht hervor, dass die Veränderungen im Mineralgehalt des Schmelzes nach einer Bleachingbehandlung auf die Peroxide zurückzuführen sind. Rodrigues et al.⁸ zeigten eine Mikrohärtereduzierung des humanen Zahnschmelzes nach der Behandlung mit Bleichmitteln oder dem Verdickungsmittel Carbopol *in vitro*. Basting et al.⁸ stellten nach der Behandlung mit einem Bleichmittel mit 10 % Carbamidperoxid und einem Placebo, das Carbopol und Glycerin enthielt, signifikante Unterschiede in der Mikrohärtigkeit des Schmelzes fest. Dieselben Autoren zeigten, dass die isolierte und kombinierte Behandlung mit 10 % Carbamidperoxid, Carbopol und Glycerin *in vitro* die Mikrohärtigkeit des Schmelzes reduzierte⁹. Rodrigues et al.⁸ beobachteten außerdem signifikante Unterschiede in der Mikrohärtigkeit des Schmelzes, nachdem er mit einem 10 % Carbamidperoxid-Bleachingssystem oder Carbopol behandelt worden war⁸.

Carbopol trägt damit möglicherweise zu den Veränderungen bei, die beim Bleaching im Zahnschmelz

beobachtet werden. Es ist zwar das am häufigsten verwendete Verdickungsmittel in Bleachingssystemen, aber es gibt auch Systeme, in denen andere Verdickungsmittel verwendet werden, wie z. B. Poloxamer. Es gibt allerdings keine Informationen zur Verwendung dieser Systeme ohne Carbopol. Es ist also wichtig, dass die Auswirkungen dieser Verdickungsmittel auf den Zahnschmelz untersucht werden. Ziel dieser In-situ-Studie war es, die Auswirkungen der Behandlung mit unterschiedlichen Bleachingssystemen und ihren Verdickungsmitteln auf die Mikrohärtigkeit von humanem Zahnschmelz zu untersuchen.

Material und Methode

Ethische Aspekte

Da diese Studie mit humanen Zähnen durchgeführt wurde, die adhäsiv an den oberen ersten Molaren von Freiwilligen befestigt wurden, wurde das Protokoll dem Komitee für Ethik in der Forschung an der Guarulhos University, Guarulhos, Brasilien vorgelegt. Es wurde gemäß Resolution CNS Nr. 196/96 des Staatlichen Gesundheitskomitees/Gesundheitsamts (Brasilien) genehmigt. Die freiwilligen Studienteilnehmer unterzeichneten eine Einwilligung nach Information, in der sie sich mit der Forschungsmethodik und dem Protokoll einverstanden erklärten.

Versuchsordnung

Die Versuchseinheiten bestanden aus 90 Zahnschmelzplättchen, die nach dem Zufallsprinzip unter den 45 Probanden aufgeteilt wurden. Diese waren in fünf Gruppen eingeteilt worden, und jeder Proband erhielt zwei Plättchen (n = 18 Plättchen pro Grup-

pe). Die untersuchten Variablen waren die experimentelle Behandlung und die Zeit.

Es wurden fünf experimentelle Gruppen festgelegt: Gruppe 1: Home-Bleaching mit 10 % Carbamidperoxidgel mit Carbopol, Gruppe 2: Home-Bleaching mit Carbopol, Gruppe 3: Home-Bleaching mit 10 % Carbamidperoxid ohne Carbopol, Gruppe 4: Home-Bleaching mit Poloxamer und Gruppe 5: Home-Bleaching mit 6,5 % Wasserstoffperoxid. Der Zeitfaktor wurde entweder als vor (Kontrolle) oder nach der experimentellen Behandlung (Test) gewertet (Tabelle 1).

Präparation der Zahnplättchen

Nach der Extraktion wurden 27 nicht eruptierte humane dritte Molare für höchstens 30 Tage in einer 0,1 % Timollösung (pH = 7,0) gelagert. Das Weichgewebe wurde mit Parodontalküretten (Hu-Friedy) entfernt. Die Reinigung erfolgte in Bimssteinschlamm in einem Poliernapf mit einem langsam laufenden Handstück (KaVo). Die Wurzeln wurden entfernt und die Kronen der Länge nach und quer mit doppelseitigen Diamantscheiben (Nr. 7020, KG Sorensen) durchgeschnitten. So entstanden 90 Zahnplättchen in der Größe 3 x 3 x 2 mm.

Sie wurden mit einem wassergekühlten mechanischen Schleifgerät (Teclago PL 02, RB LAB Com e Técnica) seriell beschliffen. Dazu wurde Aluminiumoxid-Schleifpapier der Körnung 400, 600 und 1200 verwendet (Carborundum/3M), um plane Schmelzoberflächen zu erhalten. Anschließend wurden sie mit Diamant-Polierpaste von 6, 3 und 1 µm und Poliertüchern mit Mineralöl als Schmiermittel (Gold and Ram, Arotec) poliert, damit sie im Mikrohärtigprüfgerät besser betrachtet werden konnten.

Tabelle 1 Experimentelle Gruppen nach experimenteller Behandlung, Komponenten und Hersteller

Gruppe	n	Experimentelle Behandlung	Weitere Komponenten	Handelsname
1	18	10 % Carbamidperoxid	Neutralisiertes Carbopol, Kaliumnitrat, Natriumfluorid, Glykol, entionisiertes Wasser	Whiteness Perfect, FGM
2	18	Verdickungsmittel	2 % Carbopol	Poly Comercial
3	18	10 % Carbamidperoxid	Calciumpyrophosphat, Wasser, Poloxamer 407, PEG 12, Glycerin, Dicalciumphosphat-Dihydrat, Polyethylenoxid, saures Natriumpyrophosphat, Geschmacksverbesserer, Natriumlaurylsulfat, Natriumsaccharin, Dinatrium-Dihydrat EDTA	Colgate Platinum Overnight, Colgate
4	18	Verdickungsmittel	0,2 % Phenonip, 0,2 % Nipagim, 40 % Poloxamer, destilliertes Wasser qsp	F & A
5	18	6,5 % Wasserstoffperoxid	Wasser, Glycerin, Wasserstoffperoxid, Carbomer 956, Natriumhydroxid, Natriumsaccharin	Crest Whitestrips, Procter & Gamble

EDTA = Ethylendiamintetraessigsäure.

Zum Schluss wurden die Plättchen in Behälter mit destilliertem und entionisiertem Wasser gegeben und bei 121 °C 20 Minuten dampfsterilisiert⁸.

Auswahl der Probanden und Herstellung der Schienen für das Home-Bleaching

Vor der Teilnahme an der Studie wurden die Probanden über die Ziele, den Nutzen und die möglichen Risiken der Studie aufgeklärt. Sie wurden nur aufgenommen, wenn sie die Einwilligung nach Information unterzeichneten. Sie wurden klinisch untersucht. Alle Zähne im Oberkiefer mussten kariesfrei sein. Zu den Ausschlusskriterien gehörten: das Tragen einer festsitzenden oder herausnehmbaren Restauration bzw. kieferorthopädischer Apparaturen, Schwangerschaft oder Stillzeit, Rauchen und Dentinempfindlichkeit. Es handelte sich bei den Probanden um 45 Erwachsene (30 Frauen, 15 Männer) im

Alter zwischen 18 und 44 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 27 Jahre.

Jeder Teilnehmer erhielt Anweisungen zur Bass-Zahnputztechnik mit einer Zahnbürste (Colgate Professional, Colgate Palmolive). Während des Studienzeitraums benutzte jeder Teilnehmer eine nicht fluoridierte Zahnpasta (Angel Form, F & A Laboratório). Alle Teilnehmer erhielt eine Woche vor Beginn der Bleachingbehandlung eine komplette Prophylaxe („Auswaschphase“).

Außer für die Gruppe 5 wurde für jeden Teilnehmer aus einer 0,8 mm dicken flexiblen Ethylen-Vinyl-Acetat-Polymerfolie im Tiefziehverfahren (Nitewhite, Vacuum Former Pro Form) eine individuelle Bleachingschiene angefertigt.

Auf den Modellen, die für die Anfertigung der Schienen verwendet wurden, wurden mit zwei Schichten Nagellack (Colorama/CEIL) an der faziellen Oberfläche der zu bleichenden Zähne Platzhalter für die Reservoirs angebracht. Eine Ausnah-

me bildeten die oberen ersten Molare. Dort wurden mit Komposit (Z 100, 3M ESPE) Platzhalter von 3 x 3 x 2 mm angebracht, entsprechend den Zahnplättchen, die adhäsiv an den Zähnen der Freiwilligen befestigt werden sollten.

Experimentelle Phase

Die oberen ersten Molare wurden mit Kofferdam isoliert, um einer Kontamination mit Speichel während der adhäsiven Befestigung der Plättchen vorzubeugen. Bei allen Studienteilnehmern wurden die bukkalen Oberflächen der oberen ersten Molare 15 Sekunden mit Phosphorsäure (35 %) geätzt. Anschließend wurden sie 10 Sekunden gespült und vorsichtig getrocknet. Entsprechend den Herstelleranweisungen wurde Single Bond (3M ESPE) aufgetragen und 10 Sekunden lichtgehärtet (Optlight Plus, Gnatus Equipamentos Médico-Odontológicos). Rely X (ARC cement,

3M ESPE) wurde angemischt und auf die Rückseite der polierten Schmelzoberfläche des Plättchens aufgetragen. Dann wurde das Plättchen auf die bukkale Oberfläche des oberen rechten ersten Molars aufgebracht und der Zement 40 Sekunden lichtgehärtet. Ein weiteres Plättchen wurde auf die gleiche Weise an der bukkalen Oberfläche des oberen linken ersten Molars adhäsiv befestigt⁸.

Jeder Proband erhielt für das Home-Bleaching eine individuell angefertigte Bleachingschiene für den Oberkiefer. Nur die Gruppe 5 erhielt 84 6,5%-Wasserstoffperoxidstreifen (Crest Whitestrips), die zweimal täglich 30 Minuten anzuwenden waren (morgens und nachmittags). Damit das Bleaching des Plättchens gewährleistet war, verwendeten die Probanden zwei Streifen pro Behandlung, einen für jede Seite des Oberkiefers. Die Gruppen 1 bis 4 führten die Behandlung über Nacht durch. Dies sollte für die Patienten angenehmer sein. Außerdem war so aufgrund des geringeren Speichelflusses und geringerer Manipulation durch den Patienten eine bessere Materialretention gesichert.

Den Probanden in den Gruppen 1 bis 4 wurde erklärt, dass sie die Zähne regelmäßig mit der Bürste und mit Zahnpasta reinigen sollten. Anschließend sollten sie pro Zahn einen Tropfen Gel in die Bleachingschiene geben und sie über Nacht mindestens acht Stunden tragen⁸.

Im Anschluss an die Bleachingphase wurden die Plättchen vorsichtig mit kieferorthopädischen Zangen abgenommen. Der restliche Zement wurde mit Aluminiumoxidscheiben (Sof-Lex, 3M ESPE) entfernt. Die Probanden konnten die Bleachingbehandlung im Ober- und Unterkiefer fortsetzen und gegebenenfalls ästhetische Restaurationen austauschen lassen⁸.

Mikrohärtemessungen

Die Mikrohärtemessungen wurden vor der Bleachingbehandlung als Kontrolle und kurz nach der Entfernung der Plättchen von einem einzelnen Untersucher vorgenommen, wie von Rodrigues et al.⁸ beschrieben. Wie von Siew¹⁰ empfohlen, wurden zu beiden Zeitpunkten fünf Vertiefungen untersucht. Die initialen Messungen erfolgten nach der Sterilisierung der Plättchen. In der Mitte jedes Prüfkörpers wurden im Abstand von 30 µm zwischen den Messungen Vertiefungen angebracht⁶. Von der oberen rechten Ecke der Plättchen wurde ein Abstand von 1500 µm auf der horizontalen Achse und 1500 µm auf der vertikalen Achse gemessen, um die Mitte des Plättchens zu ermitteln. Als nächstes wurde eine Vertiefung angebracht. Oberhalb und unterhalb wurden je zwei weitere Vertiefungen angebracht, die alle etwa 30 µm voneinander entfernt waren. Dazu wurde die Längsachse des Diamantinstrumentes parallel zu der äußeren planen Schmelzoberfläche gehalten. Es wurden ein Mikrohärteprüfgerät (PanTec, Panambra) und ein Knoop-Indentator verwendet. Nach fünf Sekunden unter einer Belastung von 25 g wurde der Wert der höheren Diagonale gemessen. Die abschließenden Messungen erfolgten nach dem gleichen Protokoll wie in der Ausgangssituation, mit Ausnahme der horizontalen Position. Für die Ermittlung der Position der fünf letzten Vertiefungen wurden weitere 100 µm hinzugefügt, sodass es insgesamt 1600 µm waren⁸.

Statistische Analyse

Die Durchschnittswerte der fünf Knoop-Härtemessungen für jeden Prüfkörper, die initial und nach der Behandlung erhoben wurden, wurden statis-

tisch analysiert. Die Daten wurden zu $\log_{10}(x)$ transformiert und mit einer Split-Plot-Varianzanalyse analysiert, die die statistisch signifikanten Unterschiede zeigte. Anschließend erfolgte der Tukey-Test ($\alpha = 0,05$).

Ergebnisse

Tabelle 2 zeigt die Durchschnittswerte der Schmelz-Mikrohärte vor und nach der experimentellen Behandlung, ebenso die entsprechenden Standardabweichungen und die Variationskoeffizienten. Die Varianzanalyse und die Tukey-Tests zeigten statistisch signifikante Unterschiede bei der Zeit – initial und abschließend ($F = 20,6; P > 0,0001$). Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den experimentellen Behandlungen festgestellt ($F = 0,9; P = 0,5826$). Das galt sowohl für die experimentelle Behandlung als auch für die Zeit ($F = 0,2; P = 0,9016$).

Diskussion

Die Mechanismen des Zahnbleaching sind noch nicht vollständig erklärt. Es ist bekannt, dass bei der Oxid-Reduktionsreaktion der Peroxide freie Radikale freigesetzt werden, die den Zerfall der Pigmentmoleküle fördern². Es wird angenommen, dass diese Reaktion bei konstantem Vorliegen von Peroxid zur Auflösung der organischen und anorganischen Zahnschmelzsubstanz führen könnte, bis nur noch Kohlendioxid und Wasser übrig sind. Es ist daher wichtig, den Sättigungspunkt des Bleaching zu bestimmen. Dabei handelt es sich um den Zeitpunkt, an dem die Behandlung unterbrochen werden sollte, weil die Zähne nicht weiter gebleicht werden und die Anwendung von weiterem Peroxid über diesen Zeitpunkt hinaus schädlich sein könnte¹¹. Allerdings ist

Tabelle 2 Durchschnittswerte und Standardabweichungen der initialen und abschließenden Knoop-Mikrohärtemessungen für jede Gruppe

Gruppe	Zeit*			
	Initial	SA	Abschluss	SA
1	416,1 ^A	54,5	378,6 ^B	74,5
2	395,8 ^A	76,7	359,3 ^B	87,3
3	388,8 ^A	66,1	362,7 ^B	78,0
4	392,6 ^A	39,2	346,0 ^B	52,9
5	390,2 ^A	57,8	341,2 ^B	76,8

SA = Standardabweichung.

*Verschiedene Buchstaben deuten auf Werte hin, die signifikant verschieden sind ($P < 0,05$, Istd = 17,3).

die Bleichreaktion unspezifisch, und ab dem ersten Kontakt des Bleichmittels mit dem Zahnschmelz könnten schädliche Auswirkungen eintreten, wie in mehreren In-vitro-Studien gezeigt wurde¹²⁻¹⁵.

In dieser Studie wurden die Auswirkungen von Bleichmitteln und ihren Verdickungsmitteln auf die Oberfläche von Zahnschmelz beim Menschen untersucht. Dazu wurde die Mikrohärtebestimmung der Oberfläche nach Knoop angewandt. Die Analyse der Schmelz-Mikrohärte liefert einen indirekten Nachweis des Mineralverlusts bzw. der Mineralzunahme in menschlichen Zähnen. Vorteilhaft ist dabei, dass der Test nicht destruktiv ist. Die Untersuchungen können also in situ vor und nach der Behandlung an demselben Prüfkörper erfolgen. In dieser Studie wurde nach der Behandlung mit allen der verwendeten Bleichingsysteme ein Ver-

lust der Mikrohärte festgestellt. Dies stimmt mit mehreren In-vitro-Studien überein, in denen nach dem Bleaching eine statistisch signifikante und progressive Reduktion der Mikrohärte beobachtet wurde. Ähnliche Ergebnisse werden selbst dann beobachtet, wenn dem Bleichingsystem Calcium oder Fluorid hinzugefügt werden¹⁵⁻¹⁷.

Andererseits wurde in manchen Studien die Vickers-Mikrohärte von gebleichtem menschlichem Zahnschmelz untersucht und kein statistisch signifikanter Unterschied zum nicht gebleichten Schmelz festgestellt^{2, 3, 18-20}. Allerdings verwendeten Attin et al.²¹ zwei unterschiedliche Mikrohärtemessungen für dieselben Prüfkörper, die mit unterschiedlichen Bleichingsystemen behandelt worden waren. Sie maßen die Knoop-Mikrohärte und im Abstand von 500 μm die Vickers-Mikrohärte. Bei der

abschließenden Knoop-Mikrohärte wurde im Vergleich zur Ausgangssituation eine statistisch signifikante Reduktion gemessen. Mit der Vickers-Mikrohärtemessung wurde nur in der Gruppe, die mit Zitronensäure (pH = 3,7) behandelt worden war, im Vergleich zur Ausgangssituation eine signifikante Reduktion der Mikrohärte beobachtet. Offenbar ist die Mikrohärtebestimmung nach Knoop, die in der vorliegenden Studie verwendet wurde, sinnvoller, da sie Veränderungen im Mineralgehalt sensibler ermittelt.

Es gibt nur wenige ähnliche Studien, in denen die Auswirkungen des Bleaching auf den Zahnschmelz unter klinischen Bedingungen untersucht wurden^{8, 22, 23}. Allerdings beobachteten nur Shannon et al.²² bei einer Mikrohärteuntersuchung von Schmelz (in vitro mit 10 % Carbamidperoxid und in situ in Speichel)

nach dem Bleaching keine statistischen Unterschiede. Aber die Autoren beobachteten mit dem Rasterelektronenmikroskop morphologische Veränderungen.

Von Basting et al.²³ und Rodrigues et al.⁸ führten In-situ-Studien durch, bei denen Freiwilligen für drei Wochen Schmelzfragmente in der Mundhöhle fixiert wurden. Dabei wurde beobachtet, dass die Behandlung mit 10 % Carbamidperoxid für acht Stunden zu geringeren Mikrohärtewerten führte. Dies stimmt mit den vorliegenden Ergebnissen überein. Außerdem berichteten Türkun et al.²⁴, dass die Applikation von 10 % Carbamidperoxid in vivo nach zwei Stunden bereits zur Bildung von Porositäten führte. Dies deutet darauf hin, dass nach dem Bleaching ein Mineralverlust im Zahnschmelz eintrat.

In der vorliegenden In-situ-Untersuchung zeigten alle Gruppen nach 21 Tagen Behandlung einen Mikrohärteverlust. Dies war unabhängig vom verwendeten Bleachingssystem und Verdickungsmittel, obwohl der Test in der Mundhöhle durchgeführt wurde und der Speichel eine gewisse Pufferkapazität hat, die die Remineralisierung von gebleichtem Schmelz begünstigt. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die Zahnplättchen in der Mundhöhle noch weiteren Belastungen ausgesetzt waren, z. B. der Nahrung des Patienten, die die Demineralisierung eventuell begünstigte.

Während der Auswaschphase wurde die Compliance der Patienten gefördert. Die Probanden wurden gebeten, während der Studie Zahnpasta und Mundspülungen ohne Fluoride zu verwenden. So nahmen die Freiwilligen im Studienzeitraum Fluoride im Wesentlichen über das Trinkwasser auf. Fluoride in der Mundhöhle können der Schmelzdemineralisierung vorbeugen und sie rückgängig machen. In der vorliegenden

Studie wurde die Aufnahme von Fluoriden eingeschränkt, womit berücksichtigt wurde, dass sie ein Störfaktor für die Untersuchungsergebnisse sein können.

Der pH-Wert des Bleachingsystems kann den Mineralstoffgehalt des Zahnschmelzes beeinflussen^{25, 26}. Aber bereits nach wenigen Minuten Anwendung von Carbamidperoxid wird der pH-Wert in der Mundhöhle durch die Freisetzung von Urea stabilisiert²⁷. Das Risiko der Schmelzveränderungen hängt wahrscheinlich mit dem Bleichvorgang durch die Freisetzung der freien Radikale zusammen. Aus Studien geht hervor, dass der Mineralverlust vielleicht nicht nur mit dem pH-Wert des Bleaching-systems zusammenhängt, sondern auch mit der Konzentration und der Anwendungszeit des Peroxids und weiterer Bestandteile^{8, 14, 23}.

In dieser Studie wurden die Auswirkungen der Verdickungsmittel Carbopol und Poloxamer auf den Zahnschmelz untersucht. Wie in der Studie von Basting et al.¹⁵ verursachte das Verdickungsmittel Carbopol nach der In-vitro-Behandlung einen Mikrohärteverlust. Auch Rodrigues et al.⁸ beobachteten nach der täglichen In-situ-Behandlung mit Carbopol eine Mikrohärtereduktion des Schmelzes.

Der Mechanismus der Demineralisierung des Zahnschmelzes durch die Verdickungsmittel Carbopol und Poloxamer ist ebenfalls unbekannt. Vermutlich haben die Verdickungsmittel einen sauren pH-Wert, der zur Konservierung des Bleachingsystems dient, indem er dessen Zersetzung reduziert, der aber auch zur Demineralisierung des Zahnschmelzes beiträgt. Nach einer weiteren Hypothese tritt eine Diffusion von Calcium- und Phosphorionen aus dem Zahnschmelz in das Bleachinggel oder das Verdickungsmittel ein, die keine Mineralien enthalten, also als an Mineralien untersättigte Substanzen

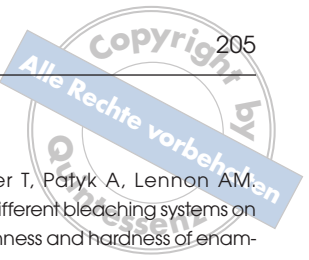
betrachtet werden können. Potocnik et al.¹⁸ fanden in Bleachinggel nach dessen Anwendung Calcium- und Phosphationen in Konzentrationen von 1,5 bis 13 µm/10 ml bzw. 4,0 bis 20 µm/10 ml.

Weiterhin könnten die Verdickungsmittel nach der anfänglichen Demineralisierung eine adsorbierende Barrierschicht gegen den Speichel bilden und so die Schmelzmineralisierung verhindern¹⁸. Van der Reijden et al.²⁸ bestätigten, dass Carbopol nach der Schmelzdemineralisierung die Bildung von Hydroxylapatitkristallen beeinträchtigen kann. So wird wahrscheinlich die Remineralisierung durch den Speichel beeinträchtigt.

Diese Studie zeigte, dass beim Home-Bleaching das 10 % Carbamidperoxid und das 6,5 % Wasserstoffperoxid in den Kunststoffstreifen einen Mineralverlust verursachen können. Ihre Anwendung muss also sorgfältig indiziert sein. Vorzugsweise sind sie unter professioneller Aufsicht zu gebrauchen, um einem exzessiven Mineralverlust und der Entwicklung einer Zahnempfindlichkeit oder klinisch sichtbaren Kavitäten vorzubeugen, die eine restaurative Behandlung erforderlich machen würden. Außerdem können die Verdickungsmittel auch eine Abnahme der Schmelz-Mikrohärte verursachen. So sind einerseits weitere Studien erforderlich, um die Auswirkungen der Verdickungsmittel nach einer längeren Einwirkzeit auf den Schmelz zu untersuchen, andererseits sollten die Hersteller weitere Optionen für Verdickungsmittel anbieten, die für den Schmelz weniger schädlich sind.

Schlussfolgerungen

Bleachingsysteme auf der Basis von 10 % Carbamidperoxid oder 6,5 % Wasserstoffperoxid verursachten im Zusammenhang mit den in der vor-



liegenden In-situ-Studie verwendeten Verdickungsmitteln eine Abnahme der Schmelz-Mikrohärte.

Danksagung

Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung durch die Foundation for Research Support of São Paulo State, Beihilfe-Nr. 2004/01175-0.

Literatur

1. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 1989; 20:173–176.
2. White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner HJ, Götz H. Effects of Crest Whitestrips bleaching on subsurface microhardness and ultrastructure of tooth enamel and coronal dentin. *Am J Dent* 2004;17:5–11 (erratum 2004;17:88).
3. White DJ, Kozak KM, Zoladz JR, Duschner HJ, Goetz H. Impact of Crest Night Effects bleaching gel on dental enamel, dentin and key restorative materials. *In vitro studies*. *Am J Dent* 2003;16:22B–27B.
4. Gerlach RW. Whitening paradigms revisited: Introduction of a thin and concentrated peroxide gel technology for professional tooth whitening. *Compend Contin Educ Dent* 2004;25(suppl 2):4–8.
5. Matis BA, Gaião U, Blackman D, Schultz FA, Eckert GJ. In vivo degradation of bleaching gel used in whitening teeth. *J Am Dent Assoc* 1999;130:227–235.
6. McCracken M, Haywood VB. Effects of 10% carbamide peroxide on subsurface hardness on enamel. *Quintessence Int* 1995; 26:21–24.
7. Marshall MV, Cancro LP, Fischman SL. Hydrogen peroxide: A review of its use in dentistry. *J Periodontol* 1995;66:786–796.
8. Rodrigues JA, Marchi GM, Ambrosano GMB, Heymann HO, Pimenta LA. Microhardness evaluation of in situ vital bleaching on human dental enamel using a novel study design. *Dent Mater* 2005; 21:1059–1067.
9. Basting RT, Rodrigues AL Jr, Serra MC. The effect of 10% carbamide peroxide, carbopol and/or glycerin on enamel and dentin microhardness. *Oper Dent* 2005; 30:608–616.
10. Siew C, American Dental Association. ADA guidelines for the acceptance of tooth-whitening products. *Compend Contin Educ Dent Suppl* 2000;(28):S44–47.
11. Goldstain RE, Garber DA. *Complete Dental Bleaching*. Chicago: Quintessence, 1996.
12. Ben-Amar A, Liberman R, Gorfil C, Bernstein Y. Effect of mouthguard bleaching on enamel surface. *Am J Dent* 1995;8:29–32.
13. Akal N, Over H, Olmez A, Bodur H. Effects of carbamide peroxide containing bleaching agents on the morphology and subsurface hardness of enamel. *J Clin Pediatr Dent* 2001;25:293–296.
14. Rodrigues JA, Basting RT, Serra MC, Rodrigues AL Jr. Effects of 10% carbamide peroxide bleaching materials on enamel microhardness *Am J Dent* 2001;14:67–71.
15. Basting RT, Rodrigues AL Jr, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time *J Am Dent Assoc* 2003; 134:1335–1342.
16. Attin T, Kielbassa AM, Schwanenberg M, Hellwig E. Effect of fluoride treatment on remineralization of bleached enamel. *J Oral Rehabil* 1997;24:282–286.
17. de Oliveira RO, Basting RT, Rodrigues JA, Rodrigues AL Jr, Serra MC. Effects of a carbamide peroxide agent and desensitizing dentifrices on enamel microhardness. *Am J Dent* 2003;16:42–46.
18. Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *J Endod* 2000;26: 203–206.
19. Lopes GC, Bonissoni L, Baratieri LN, Vieira LCC, Monteiro S Jr. Effect of bleaching agents on the hardness and morphology of enamel. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:24–30.
20. Unlü N, Cobankara FK, Altinöz C, Ozer F. Effect of home bleaching agents on the microhardness of human enamel and dentin. *J Oral Rehabil* 2004;31:57–61.
21. Attin T, Müller T, Pafyk A, Lennon AM. Influence of different bleaching systems on fracture toughness and hardness of enamel. *Oper Dent* 2004;29:188–195.
22. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence Int* 1993;24:39–44.
23. Basting RT, Rodrigues Júnior AL, Serra MC. The effect of 10% carbamide peroxide bleaching material on microhardness of sound and demineralized enamel and dentin in situ. *Oper Dent* 2001;26:531–539.
24. Türkun M, Sevçican F, Pehlivan Y, Aktener BO. Effects of 10% carbamide peroxide on the enamel surface morphology: A scanning electron microscopy study. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:238–244.
25. Frysh H, Bowles WH, Baker F, Rivera-Hidalgo F, Guillen G. Effect of pH on hydrogen peroxide bleaching agents. *J Esthet Dent* 1995;7:130–133.
26. Price RBT, Sedarous M, Hiltz GS. The pH of tooth-whitening products. *J Can Dent Assoc* 2000;66:421–426.
27. Leonard RH Jr, Autin SM, Haywood VB, Bentley CD. Change in pH of plaque and 10% carbamide peroxide solution during nightguard vital bleaching treatment. *Quintessence Int* 1994;25:819–823.
28. van der Reijden WA, Buijs MJ Damen JJ, Veerman EC, ten Cate JM, Nieuw Amerongen AV. Influence of polymers for use in saliva substitutes on de- and remineralization of enamel in vitro. *Caries Res* 1997;31:216–223.