

In-vitro-Prüfung interner Zahnbleichmittel an Farblösungen ersetzt Tests an Zähnen nicht

Zusammenfassung

Es wurde ein einfaches, reproduzierbares und kostengünstiges Modell mit Farblösungen der Versuchsanordnung mit extrahierten, menschlichen, zentralen Oberkiefer-Schneidezähnen gegenübergestellt. Für das Flüssigkeitsmodell sowie für die interne Verfärbung der Zähne wurde Gallustinte verwendet. Folgende Bleichmittel wurden untersucht: 1) Natriumperborat-Tetrahydrat und 30%-iges H_2O_2 , 2) Natriumperborat-Tetrahydrat und 3%-iges H_2O_2 , 3) Thermokatalytisches Verfahren mit 30%-igem H_2O_2 und 4) Opalescence Endo. Beim Flüssigkeitsmodell wurde das Bleichpotenzial durch Messung der Absorption in Lösung nach einer Einwirkzeit von 1 und 24 h gemessen. Im Zahnmodell wurden die Testsubstanzen in eine simulierte Zugangskavität eingebracht und bei den Gruppen 1), 2) und 4) drei Tage im Cavum belassen, während die Proben der Gruppe 3) jeweils dreimal während 30 Sekunden behandelt wurden. Der Bleichvorgang wurde dreimal wiederholt.

Bei allen untersuchten Bleichsubstanzen konnte im Flüssigkeitsmodell eine Wirksamkeit nachgewiesen werden. Die Behandlung im Zahnmodell war auch bei allen vier Bleichmethoden wirksam. Die Helligkeit nahm während des ersten Bleichvorgangs am deutlichsten zu.

Die Resultate zeigen allerdings, dass die vereinfachte Versuchsanordnung mit Farblösungen Tests mit menschlichen Zähnen nicht 1:1 ersetzen kann.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 116: 1000–1005 (2006)

Schlüsselwörter: Gallustinte, Spektrophotometer, Internal Bleaching, Opalescence Endo

Zur Veröffentlichung angenommen: 3. August 2006

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. T. Imfeld

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Zürich, Klinik für Präventivzahnmedizin,
Parodontologie und Kariologie
Plattenstrasse 11, CH-8032 Zürich
Tel. 044 634 32 75, Fax 044 634 43 08
E-Mail: thomas.imfeld@zzmk.unizh.ch

MARC A. BÄUMLER¹, JENS SCHUG²,
PATRICK R. SCHMIDLIN³ und THOMAS IMFELD³

¹ Privatpraxis, Wohlen

² Privatpraxis, Zürich

³ Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie
und Kariologie, Universität Zürich

Einleitung

Unter Bleichen (engl. «bleaching») versteht man das Aufhellen bzw. Entfärben von Zähnen. Man unterscheidet zwischen dem Bleichen vitaler und devitaler Zähne. Vitale Zähne können nur von aussen («external bleaching») gebleicht werden, d. h., Verfärbungen im Schmelz oder in oberflächlichen Anteilen des Dentins werden verringert (FASANARO 1992, HAYWOOD 1992a, 1992b, ATTIN & KIELBASSA 1995, ATTIN 1998). Bei devitalen, wurzelbehandelten Zähnen besteht die Möglichkeit, von innen («internal bleaching») zu bleichen, d. h. im pulpanahen Dentin liegende

Verfärbungen anzugehen (WEISMAN 1963, VERNIEKS & GEURTSSEN 1986, ARENS 1989, WEIGER 1992, BOSE & OTT 1994, BEER 1995, ERNST et al. 1995, GLOCKNER et al. 1997).

Verschiedene Bleichreagenzien werden verwendet (BAUR & SCHÄRER 1997). Hauptbestandteil sind Peroxyde (z.B. Wasserstoffperoxyd, Carbamidperoxyd) oder andere Peroxyd-freisetzende Substanzen (BOWLES & THOMPSON 1986, ARENS et al. 1972, HAYWOOD & HEYMANN 1989). Es wird angenommen, dass diese auf Grund des niedrigen Molekulargewichtes in der Lage sind, durch Schmelz und Dentin zu penetrieren (ARWILL et al. 1969, BOWLES & UGWUNERI 1987) und freie Radikale freizusetzen, welche Chromophore (Verfärbungen) durch Oxidation und Reduktion in farblose Moleküle umwandeln (MC EVOY 1989).

Die Wirkung von neuen Bleichmitteln muss *in vitro* untersucht werden. Aufgrund der grossen Anzahl auf dem Markt erscheinender Produkte sollten solche Untersuchungen einfach und schnell sein. Ziel dieser Arbeit war es deshalb, ein einfaches *In-vitro*-Modell mit eisenhaltigen Gallustinte-Farblösungen (Simulation von Blutabbauprodukten) dem etablierten, aber aufwändigeren Modell mit extrahierten Zähnen gegenüberzustellen. In beiden Modellen wurde exemplarisch die Wirkung von vier verschiedenen Bleichsubstanzkombinationen bzw. -konzentrationen spektrofotometrisch erfasst.

Material und Methoden

Versuchsanordnung mit Gallustinte-Farblösungen

Die Gallustinte wurde aus 5%-iger Tanninlösung (5,0 g Tannin in 95 g dest. Wasser) und 5%-iger Eisen(III)chlorid-Lösung (5,0 g $\text{Fe(III)Cl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ in 95 g dest. Wasser) gemäss Tabelle I hergestellt. Für jedes Bleichverfahren wurden sechs Reagenzgläser mit je 10,0 ml Gallustinte vorbereitet. Darauf folgte die Zugabe der zu testenden Bleichmittel gemäss Tabelle II.

Die Lösungen wurden pipetiert und die Mischungen für alle sechs Wiederholungen gleichzeitig gemischt. Nach anschliessendem Schütteln wurden die Probenflaschen während einer Stunde bzw. 24 Stunden bei 37 °C inkubiert. Die Messung der Helligkeit erfolgte mit einem Spektrophotometer (Minolta CM 3500 d, Dietikon, Schweiz) bei 600 nm gegen Wasser in Plastikküvetten 10 × 10 mm.

Herstellen und Verfärben der Zahnproben

Fünzig extrahierte, menschliche, obere, mittlere Schneidezähne wurden bis Versuchsbeginn in 0,1%-igem Thymol bei 5 °C auf-

bewahrt. Vor Versuchsbeginn wurden die Wurzeln mit einem Skalpell von Weichgewebe befreit, 3 mm unter der Schmelz-zementgrenze abgetrennt und die Kronen mit den palatinalen Flächen auf angerauten REM-Trägern (Balzers Union AG, Balzers, Liechtenstein) mit Kaltpolymerisat (Paladur, Kulzer GmbH, Friedrichsdorf, Deutschland) fixiert. Anschliessend wurden die Kronen während 30 Sekunden mit einer Schallzahnbürste (Braun BOB D17, Melisana, Zürich, Schweiz) und Zahnpaste (Colgate Total, Colgate-Palmolive, Thalwil, Schweiz) gereinigt und bei 36 °C in destilliertem Wasser aufbewahrt. Mit einer Tischfräse (VHM-Schafffräser DIXI 7203 Typ N, DIN 6535HA, Brüttsch-Rüegger, Zürich, Schweiz) wurden unter Wasserkühlung genormte Kavitäten mit einem Durchmesser von 2,5 mm vom Cingulum in Richtung Wurzelkanalschnittfläche, unter Einhaltung des Wurzelkanalverlaufs, gefräst. Von der Seite der apikalen Schnittstelle wurden die Wurzelkanäle mit Cavit (3M ESPE, Rüslikon, Schweiz) bis 1 mm unter die Schmelz-zementgrenze aufgefüllt und während einer Woche ausgehärtet (SMITH et al. 1992). Um ein besseres Eindringen der Farblösungen und der Bleichmittel zu ermöglichen, wurde das Dentin während 3 × 120 Sekunden mit 17%-iger EDTA-Lösung gespült (WEIGER et al. 1994). Nach sorgfältiger Trocknung mit Luft wurden je 4 µl Gallustinte (Mischung aus 5%-iger Tannin- und 5%-iger Fe(III)Cl_3 -Lösung, 50:50) in die Kavitäten pipetiert und die Kavitäteneingänge mit Parafilm (American National CANTM, VWR, Dietikon, Schweiz) dicht verschlossen. Die Proben wurden mit destilliertem Wasser überdeckt und während 30 Minuten mit 1700 g zentrifugiert. Nach einer externen Reinigung mit Schallzahnbürste und Zahnpaste (siehe oben) und einer mindestens 30 Minuten dauernden Wässerungsphase, wurde mit dem Spektrophotometer (Minolta CM 3500 d, Dietikon, Schweiz) die Farbe der Zähne bestimmt. Die Messwerte wurden mittels Normfaktor für Lichtquelle und Betrachtungswinkel multipliziert und integriert. Es resultierten die Anteile rot (+a), grün (-a), gelb (+b) und blau (-b) sowie die Helligkeit (L) als additive Farbwerte. Durch mathematische Transformation wurden die Werte in das CIE-L*a*b*-System überführt (BERGER-SCHUNN 1991). Gemessen wurde bukkal jeweils in der Mitte zwischen der Schmelz-zementgrenze und der Kronenmitte.

Bleichen der Zähne

Die Zähne wurden gemäss Tabelle III in Analogie zur Versuchs-anordnung mit Gallustinte behandelt. Vor und nach jedem Bleichvorgang wurden die Zähne mit destilliertem Wasser von Bleichsubstanz befreit, während mindestens 30 Minuten gewässert, und ihre Helligkeit anschliessend wieder fotospektrometrisch gemessen. Die Farbe wurde mit dem Spektrophotometer (Minolta CM 3500d, Dietikon, Schweiz) bestimmt. Das Gerät misst im Spektrum des sichtbaren Lichtes (400–700 nm) das Reflektionsverhalten der Probe in Abständen von 20 nm. Alle Messungen wurden ohne Glanzeinschluss bzw. mit Glanzfalle (Einstellung SCE) gemacht, da die Proben vor jeder Messung mit

Tab. I Herstellung der Gallustinte am Versuchstag

Volumen	Reagenzien
0,8 ml	5% Tanninlösung in dest. Wasser
0,8 ml	5% Eisen(III)chlorid
80,0 ml	Äthanol absolut
400,0 ml	Destilliertes Wasser

Tab. II Bleichmittel bei Gallustintenanordnung

Gruppen	Bleichmittel	Volumen
Gruppe 1	30% H_2O_2 + 2 × $[\text{NaBO}_2(\text{OH})_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	51 mg Mischung aus 30% H_2O_2 + 2 × $[\text{NaBO}_2(\text{OH})_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ = 1:2
Gruppe 2	3% H_2O_2 + 2 × $[\text{NaBO}_2(\text{OH})_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	51 mg Mischung aus 3% H_2O_2 + 2 × $[\text{NaBO}_2(\text{OH})_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ = 1:2
Gruppe 3	30% H_2O_2 + Polymerisationslampe Astralis 10*	17 µl
Gruppe 4	Opalescence Endo Lot.-Nr. 4GYW	17 mg
Gruppe 5	Kontrolle ohne Zugabe	

* Bei den Stundenwerten 1 × 60 Sekunden dem Licht aussetzen, bei den 24-Stunden-Werten 3 × 60 Sekunden dem Licht aussetzen

Tab. III Behandlungsmodalitäten und benutzte Wirkstoffe im Zahnmodell

Gruppe	Wirkstoff(en)	Volumen	Dauer	Wiederholungen
Gruppe 1	30% H ₂ O ₂ ^a + 2 × [NaBO ₂ (OH)] ₂ · 6H ₂ O ^c	17 µl	3 Tage	3 ×
Gruppe 2	3% H ₂ O ₂ ^b + 2 × [NaBO ₂ (OH)] ₂ · 6H ₂ O ^c	17 µl	3 Tage	3 ×
Gruppe 3	Wattepellet mit 30% H ₂ O ₂ – Astralis 10 ^d	17 µl	30 Sekunden	3 ×
Gruppe 4	Opalescence Endo ^e	17 µl	3 Tage	3 ×
Gruppe 5	Kontrolle mit Wattepellet		3Tage	3 ×

^a Wasserstoffperoxid 30%, Kantonsapotheke, Analysen-Nr. 2000-305, Gehalt 33,9%, Zürich, Schweiz

^b Wasserstoffperoxid 3%, Kantonsapotheke, Chargen-Nr. 61001, Gehalt 3,3%, Zürich, Schweiz

^c Natriumperborat Tetrahydrat pa, Fluka 71840, Gehalt min 97%, Zürich, Schweiz

^d Astralis 10, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein

^e Opalescence Endo, Ultradent, MS dental, Busswil, Schweiz

Druckluft (Air 3 Image Trade, Safenwil, Schweiz) sanft trocken geblasen wurden. Für die Kalibrierung diente ein genormter Weissstandard mit Nummer 16671003 (Minolta, Dietikon, Schweiz). Wie oben erwähnt wurden die L*,a*,b*-Werte des heute gebräuchlichsten CIE-Lab-Systems (Commission Internationale de l'Éclairage 1971ab) berechnet. Die Farbe lässt sich durch ein dreidimensionales Koordinatensystem, in welchem die drei senkrecht zueinander stehenden Achsen mit L (Helligkeitsachse) sowie a und b (Buntheitsachsen) bezeichnet sind, beschreiben. Sie lässt sich anhand der Gleichung $\Delta E = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ berechnen. Für die vorliegende Studie wurden die ΔL - und ΔE -Werte analysiert. Die ΔE -Werte beschreiben vektoriell die Farbdifferenzen zwischen Anfangs- und Endzustand.

Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit Stat View[®] 4.5, Abacus Concepts Inc. Berkeley, USA.

Für die Analyse der ΔL - und ΔE -Werte wurden die Differenzen zwischen zwei aufeinander folgenden Bleichzyklen errechnet und mit entsprechenden 95%-Konfidenzintervallen resp. Standardabweichungen dargestellt. Die Bleichwirkung bezüglich ΔL wurde mit dem Einstichproben-t-Test überprüft in der Annahme, dass sich ein wahrer Unterschied signifikant von Null unterscheidet. Unterschiede in ΔE -Werten wurden mit ANOVA und einer Scheffé-post-hoc-Analyse untersucht. Die Daten der ΔL -Werte des Farblösungsmodells wurden mit ANOVA und Scheffé-F-Test analysiert. Das Signifikanzniveau wurde auf 95% gesetzt.

Zudem wurden die ΔL -Werte der Farblösungsuntersuchung nach einer Stunde mit der Bleichwirkung nach einem Zyklus im Zahnmodell in einer linearen Regressionsanalyse verglichen, um eine mögliche Korrelation der Verfahren nachzuweisen.

Resultate

Versuchsordnung mit Farblösungen

Bei der Messung der Absorptionsspektren von reiner Gallustinte und den Testansätzen zwischen 290 und 800 nm gibt es bei 600 nm ein Maximum im sichtbaren Bereich. Das Bleichpotenzial (ΔL) der untersuchten Bleichmittel nach einer und 24 Stunden ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Bleichpotenzial war umso höher, je heller die Farbe und je kleiner die Absorption bei 600 nm war.

Alle geprüften Bleichmittel waren wirksam.

Bleichen in Zähnen

Die Helligkeitsdifferenzen der vier Bleichungsgruppen und der Wasserkontrolle sind in Tabelle IV ersichtlich. Der erste Bleichzyklus erzielte jeweils die grösste Helligkeitszunahme.

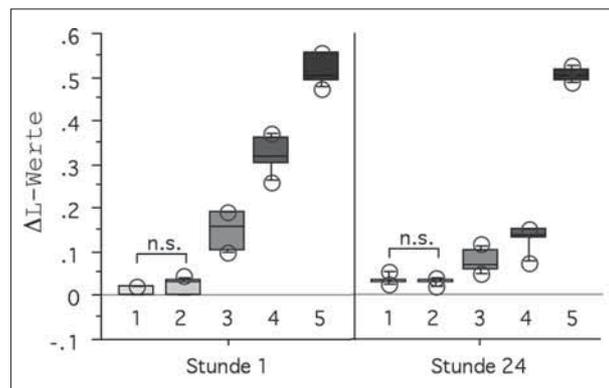


Abb. 1 ΔL -Werte der verschiedenen Gruppen nach 1 bzw. 24 Stunden im Modell mit Farblösungen. Gruppe 1 = 30% H₂O₂ + NaPer, 2 = 3% H₂O₂ + NaPer, 3 = 30% H₂O₂ + Licht, 4 = Opalescence, 5 = Kontrolle. Die Gruppen 1 und 2 sind zueinander nicht signifikant (n.s.). Alle restlichen Behandlungsgruppen unterscheiden sich statistisch signifikant voneinander.

Im ersten Bleichzyklus waren alle getesteten Bleichmittel und sogar die Wasserkontrolle deutlich wirksam. Im zweiten und dritten Bleichvorgang war die Wirkung der Bleichmittel schwächer und bei der Wasserkontrolle erfolgte keine zusätzliche Bleichung mehr. Die Differenzen der errechneten ΔE -Werte sind in Tabelle V ersichtlich.

Die lineare Regressionsanalyse des Flüssigkeits- und des Zahnmodells ergab nur einen sehr geringen Korrelationskoeffizienten ($r = 0,118$).

Diskussion

Um interne Verfärbungen herbeizuführen, wurde Gallustinte verwendet, da die zentrale Rolle von Eisen im Zusammenhang mit Chromogenen nachgewiesen ist (GULDENER & LANGELAND 1993, WATTS & ADDY 2001). Um in dieser *In-vitro*-Untersuchung vergleichbare Ausgangslagen zu schaffen, wurden ausschliesslich menschliche, zentrale Oberkieferfrontzähne verwendet, welche auf der Bukkalseite füllungslos und nicht kariös waren. Diese Zähne wurden ausgewählt, da sie den höchsten Anteil an traumatisierten Zähnen im Alter von acht bis zwölf Jahren ausmachen (ANDREASEN & RAVN 1972, SKAARE & JACOBSEN 2003). Nach einem Zahntrauma und der nachfolgenden Therapie kann oft eine Farbänderung der Krone beobachtet werden. Während der Haemolyse werden von Blutfarbstoffabbauprodukten wie Haemosiderin, Haemin, Haematin und Haematoidin Eisenionen

Tab. IV Differenzen der im Zahnmodell ermittelten ΔL -Werte nach den verschiedenen Bleichvorgängen

	Bleichvorgang 1	Bleichvorgang 2	Bleichvorgang 3
NaPerb + H ₂ O ₂ 30%	2,87 (1,82; 3,91)***	0,93 (0,24; 1,61)*	0,62 (0,29; 0,96)**
NaPerb + H ₂ O ₂ 3%	1,45 (0,84; 2,06)***	1,14 (0,03; 2,25)*	0,51 (0,22; 0,80)**
H ₂ O ₂ 30%	3,50 (2,26; 4,75)***	0,31 (0,48; 0,57)**	1,33 (0,36; 2,31)*
Opalescence®	3,57 (2,65; 4,49)***	0,91 (0,49; 1,34)***	0,41 (0,16; 0,66)**
Wasserkontrolle	0,60 (0,40; 0,80)***	0,30 (-0,01; 0,59)	0,06 (-0,99; 0,22)

Errechnet wurde jeweils die Differenz aus Helligkeitswerten, z. B. nach Verfärbung initial und dem ersten Bleichvorgang (= Bleichvorgang 1). In der Tabelle angegeben sind die Mittelwerte sowie das entsprechende untere und obere 95%-Konfidenzintervall (= CI); (* = $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$, one sample t Test).

Tab. V Differenzen der im Zahnmodell ermittelten ΔE -Werte nach den verschiedenen Bleichvorgängen

	Bleichvorgang 1	Bleichvorgang 2	Bleichvorgang 3
NaPerb + 30% H ₂ O ₂	3,46 ± 1,20 ^A	1,60 ± 0,99	1,10 ± 0,80
NaPerb + 3% H ₂ O ₂	3,03 ± 2,25	2,89 ± 2,63 ^A	0,98 ± 0,45
H ₂ O ₂ 30%	3,93 ± 1,96 ^C	1,63 ± 1,37	2,07 ± 1,60 ^A
Opalescence®	3,83 ± 1,13 ^B	1,29 ± 0,44	1,04 ± 0,56
Wasserkontrolle	1,04 ± 0,61 ^{A, B, C}	0,90 ± 0,44 ^A	0,35 ± 0,18 ^A

Errechnet wurde jeweils die Differenz aus Farbwerten, z. B. nach Verfärbung initial und dem ersten Bleichvorgang (= Bleichvorgang 1). In der Tabelle angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen. Signifikante Farbunterschiede zwischen Materialien innerhalb eines Bleichvorganges sind mit identischen hochgestellten Grossbuchstaben gekennzeichnet ($p \leq 0,05$; ANOVA, Bonferroni-Korrektur).

freigesetzt (GULDENER & LANGELAND 1993). Das Eisen kann in schwarzes Eisensulfid umgewandelt werden, welches mit Hydrogensulfid, das von Bakterien produziert wird, zu einer Graufärbung der Krone führen kann (GROSSMAN 1978). Des Weiteren werden Proteinzerfallsprodukte, nekrotisches Pulpagewebe, Wurzelfüllungsmaterialien (VAN DER BURGT & PLAESSCHAERT 1985, VAN DER BURGT et al. 1986a, b, DAVIS et al. 2002) oder tetracyclinhaltige Einlagerungen (KIM et al. 2000) für interne Verfärbungen verantwortlich gemacht.

Um einen Farbeindruck messtechnisch zu belegen, eignen sich Spektralfarbmessgeräte (SCHWABACHER & GOODKIND 1990, PAUL et al. 2002). In der vorliegenden Untersuchung wurden die verwendeten Schneidezähne standardisiert verfärbt und entfärbt. Es wurde ein Multi-Funktions-Spektrofotometer verwendet, welches direkt die L*a*b*-Werte berechnet.

Durch ein speziell für diesen Versuch hergestelltes Halterungssystem konnte eine präzise und reproduzierbare Positionierung der Proben garantiert werden. Lagerungs-, Wasch- und Messzeiten waren standardisiert, da Farbänderungen von Zähnen unmittelbar vom Wassergehalt der Zahnhartsubstanzen abhängig sind.

Internes Bleichen mittels einer Mischung von Natriumperborat und Wasser oder H₂O₂ wurde als effektiv beschrieben. (NUTTING & POE 1967, SERENE & SNYDER 1973, BOKSMAN et al. 1983, ROTSTEIN et al. 1993, ATTIN & KIELBASSA 1995). Zwischen Mono-, Tri- oder Tetrahydrat konnte kein signifikanter Unterschied in der Bleichwirkung nachgewiesen werden (ARI & ÜNGÖR 2002). Die Anwendung von Natriumperborat-Tetrahydrat in Kombination mit verschiedenen Konzentrationen von H₂O₂ wurde beschrieben (ROTSTEIN et al. 1991a, 1991b, 1993, WEIGER et al. 1994). In der vorliegenden Untersuchung wurde zusätzlich das Produkt Opalescence Endo den etablierten Bleichverfahren gegenüber gestellt. Es konnte eine effiziente Bleichwirkung nachgewiesen werden. Alle vier Substanzen können zum Bleichen von devitalen Zähnen empfohlen werden. Der erste Bleichvorgang war unter den Voraussetzungen der vorliegenden Studie der wirksamste. Die Ergebnisse dieser *In-vitro*-Untersuchung ermögli-

chen aufgrund standardisierter Versuchsbedingungen zwar den Vergleich verschiedener Wirkstoffe, jedoch können sie nur bedingt auf die klinische Situation übertragen werden. Das vereinfachte Verfahren mit Farblösungen konnte zwar die Bleichwirkung der geprüften Substanzen auch nachweisen, doch war eine Korrelation mit dem Zahnmodell nicht möglich. Das Farblösungsmodell ist also unter den Bedingungen der vorliegenden Studie kein Ersatz für Versuche mit extrahierten Zähnen.

Verdankung

Der Firma Minolta Schweiz AG, Dietikon, möchten wir herzlich für die zur Verfügung gestellten Geräte danken.

Summary

BÄUMLER M A, SCHUG J, SCHMIDLIN P R, IMFELD T: **In vitro tests of whitening agents with coloured solutions can not replace the tooth model** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 116: 1000–1005 (2006)

Two *in vitro* tests for the assessment of whitening agents were evaluated. A simple, reproducible and cost-effective model using coloured solutions was compared to a tooth model. The following bleaching agents were investigated: 1) Sodium perborate tetrahydrate/30% H₂O₂, 2) sodium perborate tetrahydrate/3% H₂O₂, 3) thermocatalytic procedure with 30% H₂O₂ and 4) Opalescence Endo.

In the model using coloured solutions, the light absorption of the solutions was assessed one and 24 hours after application of the whitening agents. In discoloured teeth, whitening agents were placed in a simulated access cavity. In groups 1, 2, and 4, the agents were left in the cavity for three days, whereas in group 3 the substance was applied three times for 30 seconds. Bleaching processes were repeated three times.

All bleaching agents proved effective in the model with coloured solutions, as well as in the tooth model. The effect was most pronounced after the first bleaching step. The results showed,

however, that the simplified experiment with coloured solutions cannot replace the tooth model.

Résumé

Un modèle simple, reproductible et économique utilisant des solutions de couleur et un procédé de test avec des incisives centrales supérieures humaines extraites ont fait l'objet d'une comparaison. Une encre de Gallus a été utilisée, aussi bien pour le modèle liquide que pour le changement de couleur interne des dents. Les produits de blanchissage suivants ont été examinés:

1) Tetrahydrate de perborate de sodium et 30% H₂O₂, 2) tetrahydrate de perborate de sodium et 3% H₂O₂, 3) méthode thermocatalytique avec 30% H₂O₂, 4) Opalescence Endo.

Pour le modèle liquide, le potentiel de blanchissage a été mesuré par adsorption en solution d'une à 24 heures. Avec le modèle dentaire, les substances de test ont été introduites dans une cavité d'accès simulée. Pour les groupes 1), 2) et 4), le temps de pose en cavité s'est élevé à trois jours alors que les substances de test du groupe 3 ont été traitées trois fois pendant un laps de temps de 30 secondes. Le procédé de blanchissage a été répété trois fois. Avec le modèle liquide, une efficacité a pu être constatée pour toutes les substances de blanchissage analysées. Le traitement dans le cadre du modèle dentaire s'est aussi avéré efficace pour les quatre méthodes de blanchissage. L'éclat a augmenté de manière la plus significative lors de la première étape de blanchissage.

Les résultats montrent cependant que le procédé de test simplifié basé sur des solutions de couleur n'est pas à même de se substituer 1 à 1 aux tests effectués avec des dents humaines.

Literaturverzeichnis

- ANDREASEN J O, RAVN J J: Epidemiology of traumatic dental injuries of primary and permanent teeth in a Danish population sample. *Int J Oral Surg* 1: 235–239 (1972)
- ARENS D E, RICH J J, HEALY H J: A practical method of bleaching tetracycline-stained teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 34: 812–817 (1972)
- ARENS D: The role of bleaching in esthetics. *Dent Clin North Am* 33: 319–336 (1989)
- ARI H, ÜNGÖR M: In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth. *Int Endod J* 35: 433–436 (2002)
- ARWILL T, MYREBERG N, SOREMARK R: Penetration of radioactive isotopes through enamel and dentin. *Odontol Revy* 20: 47–54 (1969)
- ATTIN T, KIELBASSA A M: Die Bleichbehandlung – ein fester Bestandteil ästhetischer Zahnheilkunde. *ZM* 85: 2674–2680 (1995)
- ATTIN T: Sicherheit und Anwendungen von Bleichtherapien mit Carbamidperoxid. *Dtsch Zahnärztl Z* 53: 968–972 (1998)
- BAUR P, SCHÄRER P: Mikroabrasion (MA) und Bleaching (BL) – zwei praktische Methoden, um Zahnverfärbungen zu beseitigen und Zähne aufzuhellen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 107: 754–761 (1997)
- BEER R F: Bleichen – ein zahnschonendes Verfahren zur Verbesserung der Ästhetik. *Quintessenz* 46: 873–886 (1995)
- BERGER-SCHUNN A: Praktische Farbmessung. *Muster-Schmidt, Göttingen*, pp 13–51 (1991)
- BOKSMAN L, JORDAN R E, SKINNER D H: Non-vital bleaching internal and external. *Aust Dent J* 28: 149–152 (1983)
- BOSE M, OTT K H R: Das Bleichen von Zähnen. *Dtsch Zahnärztl Z* 49: 209–213 (1994)
- BOWLES W H, THOMPSON L R: Vital bleaching: the effect of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes. *J Endod* 12: 108–112 (1986)
- BOWLES W H, UGWUNERI Z: Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *J Endod* 13: 375–377 (1987)
- CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE): Colorimetry, official recommendations of the International Commission on Illumination. Publication CIE No. 15 (E-1.3.1). Paris, France: Bureau Central de la CIE, 4 Av. du Recteur Poincaré, 72782 Paris Cedex 16 (1971a)
- CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE): The L*a*b* system. Wien, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage, 10–17 (1971b)
- DAVIS M C, WALTON R E, RIVERA E M: Sealer distribution in coronal dentin. *J Endod* 28: 464–466 (2002)
- ERNST C P, BRISENO B, HICKEL R: Bleichbehandlung von vitalen und avitalen Zähnen. *Phillip Journal* 12: 229–236 (1995)
- FASANARO T S: Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discoloration. *J Esthet Dent* 4: 71–78 (1992)
- GLOCKNER K, EBELECEDER K, STÄDTLER P: Das Bleichen von verfärbten Frontzähnen. *Dtsch Zahnärztl Z* 52: 311–317 (1997)
- GROSSMAN L I: *Endodontic practice*. 9th ed. Lea & Febiger, Philadelphia, pp 385–390 (1978)
- GULDENER P H A, LANGELAND K: *Endodontologie*. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart, (1993)
- HAYWOOD V B, HEYMANN H O: Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int* 20: 173–176 (1989)
- HAYWOOD V B: Bleaching of vital and nonvital teeth. *Curr Opin Dent* 2: 142–149 (1992a)
- HAYWOOD V B: History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int* 23: 471–488 (1992b)
- KIM S T, ABBOTT P V, MCGINLEY P: The effects of Ledermix paste on discoloration of mature teeth. *Int Endod J* 33: 227–232 (2000)
- MCEVOY S A: Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. I. Technique development. *Quintessence Int* 20: 323–328 (1989)
- NUTTING E B, POE G S: Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth. *Dent Clin North Am* 11: 655–662 (1967)
- PAUL S, PETER A, PIETROBON N, HÄMMERLE C H F: Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 81: 578–582 (2002)
- ROTSTEIN I, FRIEDMAN S, MOR C, KATZNELSON J, SOMMER M, BAB I: Histological characterization of bleaching-induced external root resorptions in dogs. *J Endod* 17: 436–441 (1991a)
- ROTSTEIN I, ZALKIND M, MOR C, TARABEAH A, FRIEDMAN S: In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronal bleaching of discolored non-vital teeth. *Endod Dental Traumatol* 7: 177–180 (1991b)
- ROTSTEIN I, MOR C, FRIEDMAN S: Prognosis of intracoronal bleaching with sodium perborate preparations in vitro: 1-year study. *J Endod* 19: 10–12 (1993)
- SCHWABACHER W B, GOODKIND R J: Three-dimensional coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent* 64: 425–431 (1990)
- SERENE T P, SNYDER D E: Bleaching technique (pulpless anterior teeth). *J South Calif Dent Assoc* 41: 30–32 (1973)

- SKAARE A B, JACOBSEN I: Dental injuries in Norwegians aged 7–18 years. *Dent Traumatol* 19: 67–71 (2003)
- SMITH J J, CUNNINGHAM C J, MONTGOMERY S: Cervical canal leakage after internal bleaching. *J Endod* 18: 476–481 (1992)
- VAN DER BURGT T P, PLASSCHAERT A J M: Tooth discoloration induced by dental materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 60: 666–669 (1985)
- VAN DER BURGT T P, ERONAT C, PLASSCHAERT A J M: Staining patterns in teeth discolored by endodontic sealers. *J Endod* 12: 187–191 (1986a)
- VAN DER BURGT T P, MULLANEY T P, PLASSCHAERT A J M: Tooth discoloration induced by endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 61: 84–89 (1986b)
- VERNIEKS A A, GEURTSSEN W: Das Bleichen verfärbter marktoter Zähne. *ZWR* 95: 130–134 (1986)
- WATTS A, ADDY M: Tooth discolouration and staining. A review of the literature. *Br Dent J* 190: 309–316 (2001)
- WEIGER R: Bleichen verfärbter wurzelkanalbehandelter Zähne. *Endodontie* 1: 109–116 (1992)
- WEIGER R, KUHN A, LÖST C: In vitro comparison of various types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth. *J Endod* 20: 338–341 (1994)
- WEISMAN M I: Efficient bleaching procedure for the pulpless tooth. *Dent Dig* 69: 347–352 (1963)