

Auswirkungen der Farbe von Wurzelstiften auf die Farbe der bukkalen Gingiva: Eine klinische spektrofotometrische Untersuchung



Goran I. Benic, Dr. med. dent.¹
Karin Wolleb, Dr. med. dent.¹
Christoph H. F. Hämmerle, Prof. Dr. med. dent.²
Irena Sailer, PD Dr. med. dent.³

In dieser Studie sollte geklärt werden, ob verschiedenfarbige Wurzelstifte zu unterschiedlichen Farbveränderungen der bukkalen Gingiva führen. Die Untersuchung erfolgte an 23 Patienten, bei denen die Indikation für einen Stiftaufbau an einem endodontisch behandelten Schneidezahn, Eckzahn oder Prämolare bestand. In jeden Testzahn wurden nacheinander Stifte aus Titan (Ti), Zirkonoxid (Zi) und Glasfaser (Gf) eingesetzt. Die Farbe der bukkalen Gingiva wurde spektrofotometrisch vor der Präparation des Wurzelkanals und nach dem Einsetzen der Stifte aus Ti, Zi und Gf bestimmt. Zur Kontrolle wurde zudem die Gingivafarbe am kontralateralen vitalen Zahn gemessen. Dokumentiert wurden die Unterschiede der Farbkoordinaten ΔL , Δa und Δb sowie der Gesamt-Farbunterschied (ΔE) zwischen den experimentellen Bedingungen. Ein ΔE von 3,7 galt als Schwellenwert für den mit dem menschlichen Auge erkennbaren intraoralen Farbunterschied. Auch die Gingivadicke am Testzahn wurde gemessen. Es ergaben sich keine Unterschiede bei der Gingivaverfärbung durch die verschiedenen Stiftmaterialien. In den meisten Fällen veränderten die Stifte die Farbe der bukkalen Gingiva nicht sichtbar. Im Vergleich zu der Gingiva an den vitalen Zähnen war die Gingiva an endodontisch behandelten Zähnen sichtbar verfärbt. Das Ausmaß dieser Verfärbung korrelierte mit der Gingivadicke und war umso ausgeprägter, je dünner die Weichgewebe waren. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:679–687.)

¹ Oberarzt, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.

² Professor und Direktor, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.

³ Privatdozentin, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.

Korrespondenz an: Dr. Goran I. Benic, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Plattenstraße 11, CH-8032 Zürich. E-Mail: goran.benic@zzm.uzh.ch

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

An endodontisch behandelten Zähnen entsteht oft eine leichte Grauverfärbung der bukkalen Gingiva, die das ästhetische Ergebnis einer rekonstruktiven Behandlung beeinträchtigt¹. Es bestand die Vermutung, dass die Wurzelstifte aus Metall zur Verfärbung der darüberliegenden Gingiva beitragen². Außerdem war bekannt, dass graue Stifte nicht in Kombination mit hellen, hochtransluzenten Vollkeramikronen verwendet werden sollten, da sie dunkler sind und durch die Keramik durchscheinen³. Um das ästhetische Ergebnis zu verbessern, wurden zahnfarbene Stifte aus Zirkonoxid (Zi) oder Glasfaser (Gf) entwickelt^{4–6}. Vor Kurzem wurden in einer In-vitro-Studie die Auswirkungen von grauen (Titan [Ti] und Karbonfaser) und weißen (Zi und Gf) Stiften auf die Farbe von Zahnwurzeln untersucht⁷. Interessanterweise führten die Stiftmaterialien nicht zu unterschiedlichen Wurzelverfärbungen. Die Untersucher schlussfolgerten, dass die Gingivaverfärbung endodontisch behandelter Zähne durch die verfärbte Wurzel selbst entsteht und nicht durch die Stiftfarbe.

Bekannterweise hängt die Farbe der oralen Mukosa von ihrer Pigmentierung, Epithelisierung und Vaskularisierung sowie von der Farbe der darunterliegenden Restaurationen ab^{8–11}. In mehreren Studien über dentale Implantate wurde gezeigt, dass die Farbe der periimplantären

Mukosa von der Farbe der Implantatabutments beeinflusst wird, wobei zahnfarbene Keramikabutments zu einer geringeren Verfärbung der Mukosa führen als graue Metallabutments^{12,13}. Außerdem wurde festgestellt, dass sich die Dicke der perimplantären Mukosa signifikant auf das Ausmaß der Mukosaverfärbung auswirkt^{9,13,14}.

In der vorliegenden klinischen Studie wurde primär untersucht, ob Wurzelstifte verschiedener Farbe zu unterschiedlichen Farbveränderungen der bukkalen Gingiva führen. Außerdem sollte festgestellt werden, welchen Effekt die Gingivadicke auf das Ausmaß des Farbunterschieds zwischen der Gingiva an vitalen und endodontisch behandelten Zähnen hat.

Material und Methode

Auswahl der Patienten und Zähne

Diese klinische Studie wurde von der lokalen Ethikkommission genehmigt, und alle Patienten gaben schriftlich ihre Einwilligung nach Information. Insgesamt nahmen 23 Patienten an dieser Untersuchung teil, bei denen die Indikation für einen Stiftaufbau an einem endodontisch behandelten oberen oder unteren Schneidezahn, Eckzahn oder Prämolare bestand.

Die Testzähne mussten folgende Einschlusskriterien erfüllen: eine nach aktuellem Stand der Technik vorgenommene Wurzelkanalbehandlung, gesunde Parodontalgewebe, keine Verfärbung der umgebenden Gingiva durch Metall, Schleimhauttätowierungen oder Narbengewebe, < 50 % residuelle zirkumferenzielle Dentinwände nach der Zahnpräparation, eine Dentinhöhe $\geq 1,5$ mm für den Fassreifeneffekt (vertikales Dentinband am Hals der Kronenpräparation)¹⁵ und ≥ 1 mm dicke Dentinwände nach der

Zahnpräparation¹⁶. Wenn bei einem Patienten zwei oder mehr Zähne die Einschlusskriterien erfüllten, wurde nach dem Zufallsprinzip ein Zahn durch Würfeln ausgewählt.

Der kontralaterale vitale Zahn diente als Kontrolle. Sofern dieser Zahn endodontisch behandelt war, wurde als Kontrolle der angrenzende vitale Zahn gewählt.

Klinisches Vorgehen und Stiftsysteme

Vor der Präparation des Stiftkanals wurden die Rekonstruktion, die Füllungsmaterialien und der Zement vom Studienzahn entfernt. Folgende zylindrisch-konischen Wurzelstifte wurden getestet: Ti (Cylinco, Unor), Zi (Cosmopost, Ivoclar Vivadent) und Gf (FRC Postec Plus, Ivoclar Vivadent).

Für jeden Stifttyp wurde mit den systemspezifischen Präparationsbohrern ein ≥ 5 mm tiefer Wurzelstiftkanal präpariert. Nach der Spülung mit 0,9 % Natriumchloridlösung wurde ein transparentes Glyzeringel (Insulating-Gel, Heraeus Kulzer) in den Kanal gegeben, um die Lichttransmission bei der Farbbeurteilung zu optimieren. Bei jedem Testzahn wurden die Stifte folgendermaßen nacheinander in den Wurzelkanal inseriert: Ti, Zi, Gf (Abb. 1). Alle Stifte hatten zirkulären Kontakt mit den Dentinwänden des Stiftkanals.

Spektrofotometrische Untersuchung

Die Farbe der bukkalen Gingiva wurde mit einem Reflexionsspektrofotometer (SpectroshadeTM, Software 2.15, MHT) bestimmt. Das Spektrofotometer und der Messaufbau wurden bereits ausführlich an anderer Stelle beschrieben¹⁷. Vor jeder Unter-

suchung wurde die Kamera mit einer weißen und einer grünen Keramikplatte, die vom Hersteller zur Verfügung gestellt wurden, kalibriert.

Um die Effekte der Stiftfarbe auf die Farbe der bukkalen Gingiva zu beurteilen, wurden vor der Präparation des Stiftkanals und nach der Insertion der Ti-, Zi- und Gf-Stifte an den Testzähnen spektrofotometrische Messungen durchgeführt. Als Kontrolle wurde die Gingivafarbe am kontralateralen vitalen Zahn bestimmt.

Die Kamera des Spektrofotometers wurde im rechten Winkel zur mittbukkalen Gingiva ausgerichtet und von jeder Situation und jedem Zahn wurden drei Bilder aufgenommen (Abb. 2). Für die Spektralanalyse wurde das Bild auf einem Monitor angezeigt und ein kreisförmiger Messbereich mit einem Durchmesser von 1 mm festgelegt. Die Mitte dieses Messbereichs lag 1 mm apikal des mittbukkalen Gingivasaums (Abb. 3a und 3b).

Die Spektralanalyse lieferte die CIELab-Farbkoordinaten: Helligkeit (L), Sättigung auf der Rot-Grün-Achse (a) und Sättigung auf der Gelb-Blau-Achse (b). Die CIELab-Farbkoordinaten wurden für jede Situation und jede Stelle dreimal bestimmt und die Mittelwerte berechnet.

Die Farbdifferenz zwischen zwei Situationen oder Stellen (ΔE) wurde mit der folgenden Formel berechnet: $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ ¹⁷. Der Unterschied der Farbkoordinaten ΔL , Δa und Δb sowie des daraus resultierenden ΔE wurde für jeden Testzahn vor der Präparation des Stiftkanals und nach der Insertion der Ti-, Zi- und Gf-Stifte (Ti vs kein Stift, Zi vs kein Stift und Gf vs kein Stift) sowie für jeden Kontroll- und Testzahn vor der Präparation des Stiftkanals (vital vs kein Stift) berechnet.

Bei der Evaluation der klinisch relevanten Farbdifferenz galt ein ΔE von 3,7 als Schwellenwert für intraorale

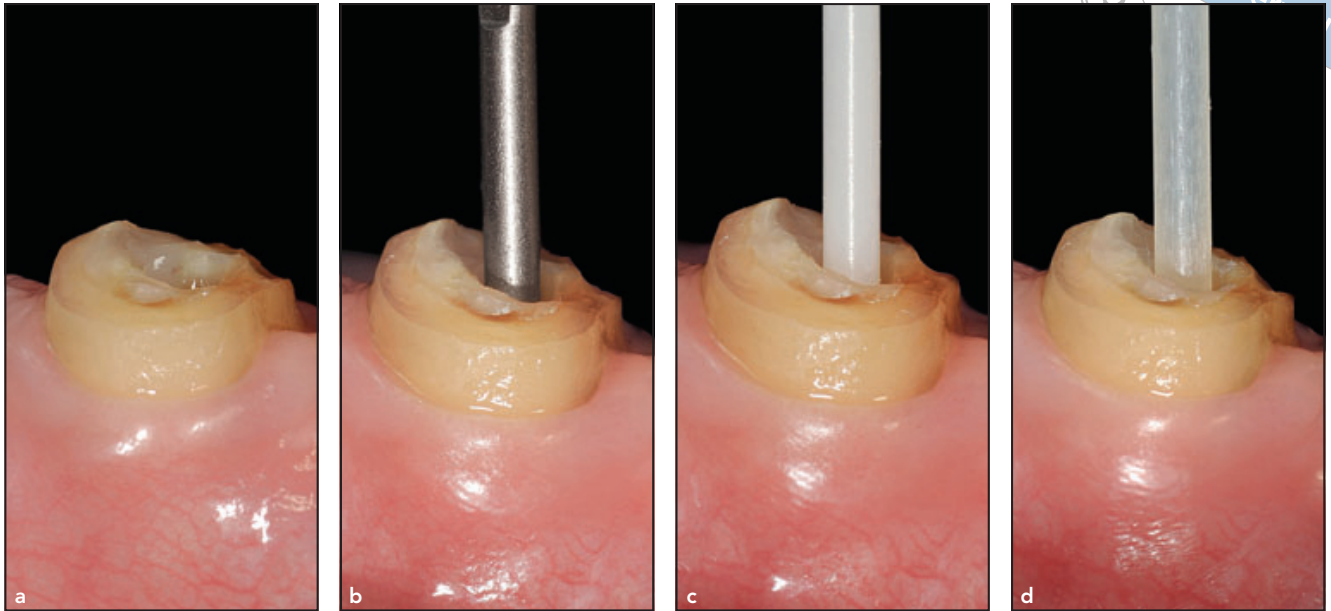


Abb. 1 Testzahn (a) vor der Präparation des Stiftkanals und nach dem Einsetzen der Wurzelstifte aus (b) Titan, (c) Zirkonoxid und (d) Glasfaser.

Abb. 2 Die Kamera des Spektrofotometers wurde im rechten Winkel zur bukkalen Gingiva ausgerichtet.



Abb. 3a und b Digitale Bilder der spektrofotometrischen Farbmessung der bukkalen Gingiva.

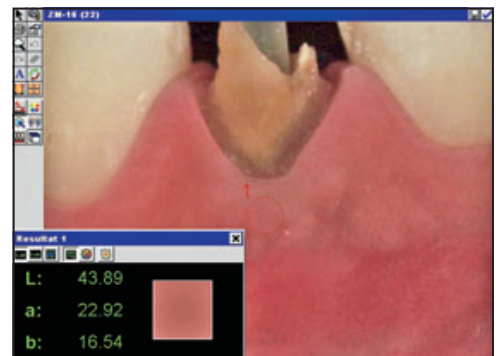
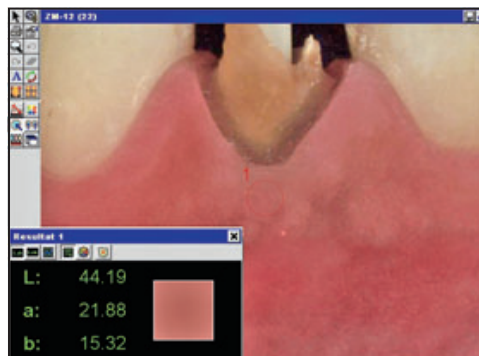


Tabelle 1 Mittelwerte, SA, 95%-CI und Bereiche der Farbunterschiede ΔE , ΔL , Δa und Δb sowie die Ergebnisse des Einstichproben-t-Tests

	Ti vs kein Stift			Zi vs kein Stift			Gf vs kein Stift			Vital vs kein Stift		
	Mittelwert \pm SA	95% -CI	Bereich	Mittelwert \pm SA	95% -CI	Bereich	Mittelwert \pm SA	95% -CI	Bereich	Mittelwert \pm SA	95% -CI	Bereich
ΔE	2,8 \pm 1,4* [†]	2,2–3,4	0,9–5,8	3,3 \pm 1,4*	2,7–3,9	0,7–5,9	3,2 \pm 1,6*	2,5–3,9	1,2–5,5	7,7 \pm 3,5* [†]	6,1–9,2	2,2–12,5
ΔL	-0,6 \pm 1,9	-1,4–0,3	-5,2–2,3	-0,7 \pm 1,9	-1,5–0,2	-4,2–2,3	-0,7 \pm 2,1	-1,6–0,3	-5,3–2,9	3,8 \pm 4,8*	1,7–6,0	-4,3–11,2
Δa	0,3 \pm 1,9	-0,5–1,2	-2,5–3,0	0,2 \pm 2,4	-8,2–1,3	-4,8–5,4	-0,2 \pm 2,2	-1,2–0,8	-6,7–2,4	-0,5 \pm 4,3	-2,4–1,4	-7,9–7,8
Δb	0,1 \pm 1,1	-0,4–0,6	-2,0–2,0	0,1 \pm 1,4	-0,5–0,7	-2,5–2,5	-0,1 \pm 1,3	-0,7–0,5	-3,2–1,8	1,7 \pm 3,5*	0,2–3,3	-5,4–7,1

CI = Konfidenzintervall, SA = Standardabweichung, Ti = Titan, Zi = Zirkonoxid, Gf = Glasfaser, ΔE = Gesamt-Farbdifferenz, ΔL = Differenz der Helligkeit, Δa = Differenz der Sättigung auf der Rot-Grün-Achse, Δb = Differenz der Sättigung auf der Gelb-Blau-Achse.

*Einstichproben-t-Test von 0; Ergebnis $P \leq 0,05$.

[†] Einstichproben-t-Test des Testwerts 3,7; Ergebnis $P \leq 0,05$.

Farbdifferenzen, die das menschliche Auge wahrnehmen kann¹⁸.

Messungen der Gingivadicke

Nach der Gabe von Oberflächenanästhetika wurde mit einer endodontischen Feile mit einer Gummikappe (Hedstroem no. 20, Dentsply Maillefer) die Gingivadicke (GD) 1 mm apikal des mittbukkalen Gingivasaums des Testzahns gemessen. Die GD wurde mit einer endodontischen Messlehre auf den nächsten halben Millimeter genau gemessen (Dentsply Maillefer).

Statistische Auswertung

Die Poweranalyse ergab, dass für eine Power von 99 % zum Nachweis des klinisch relevanten ΔE -Werts von 3,7, einem t-Test mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ und einer Standardabweichung (SA) von 2,0 mindestens 23 Patienten erforderlich

sind. Die SA wurde aus der Auswertung der Daten der ersten fünf Patienten abgeleitet.

Die Daten wurden als Boxplots dargestellt und als Mittelwerte, SA und 95 % Konfidenzintervalle (CI) sowie Bereiche angegeben (PASW Statistics 18.0, SPSS, IBM).

Mit der Varianzanalyse (ANOVA) für wiederholte Messungen und der Greenhouse-Geisser-Korrektur wurden Unterschiede von ΔE , ΔL , Δa und Δb zwischen den Stiften aus Ti, Zi und Gf ermittelt. Die Werte für ΔE , ΔL , Δa und Δb wurden mit dem Einstichproben-t-Test gegen 0 getestet. Außerdem wurden die ΔE -Werte im Einstichproben-t-Test mit dem ΔE -Schwellenwert für intraorale Farbdifferenzen von 3,7 verglichen. Die relativen Häufigkeiten von $\Delta E < 3,7$ und die korrespondierenden 95 % CI wurden nach dem Verfahren von Wilson berechnet. Mit einer Spearman-Korrelationsanalyse wurde der Einfluss der Gingivadicke auf die Unterschiede von ΔE , ΔL , Δa und Δb überprüft. Für den GD-Wert von 1,5 mm wurde eine stratifizierte Analyse durchgeführt. Außerdem wurden mit einem

Mann-Whitney-Test die Unterschiede von ΔE , ΔL , Δa und Δb zwischen den Gruppen mit einer GD $\leq 1,5$ mm und einer GD $> 1,5$ mm ermittelt. Das statistische Signifikanzniveau wurde mit $P \leq 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse

Insgesamt nahmen an dieser Studie 23 Patienten mit einem mittleren Alter von 52,8 Jahren (Bereich: 24 bis 75 Jahre) teil. Unter den Testzähnen waren 17 Prämolaren, zwei Eckzähne und vier Schneidezähne; 16 Zähne befanden sich im Ober- und sieben im Unterkiefer.

Die Ergebnisse für ΔE , ΔL , Δa und Δb sowie die Ergebnisse des Einstichproben-t-Tests sind in Tabelle 1 und Abbildung 4 zusammengestellt.

ΔE betrug für den Vergleich Ti vs kein Stift 2,8 \pm 1,4, für Zi vs kein Stift 3,3 \pm 1,4 und für Gf vs kein Stift 3,2 \pm 1,6 (Tabelle 1, Abb. 4). Für ΔE , ΔL , Δa und Δb gab es beim Vergleich von Ti vs kein Stift, Zi vs kein Stift sowie Gf vs kein Stift keine statistisch signifikanten Unterschiede ($P > 0,05$).

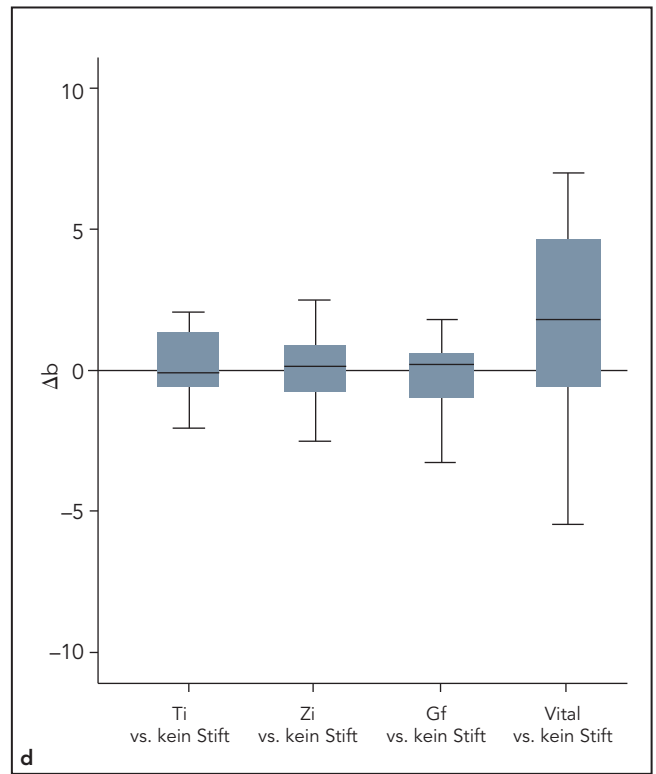
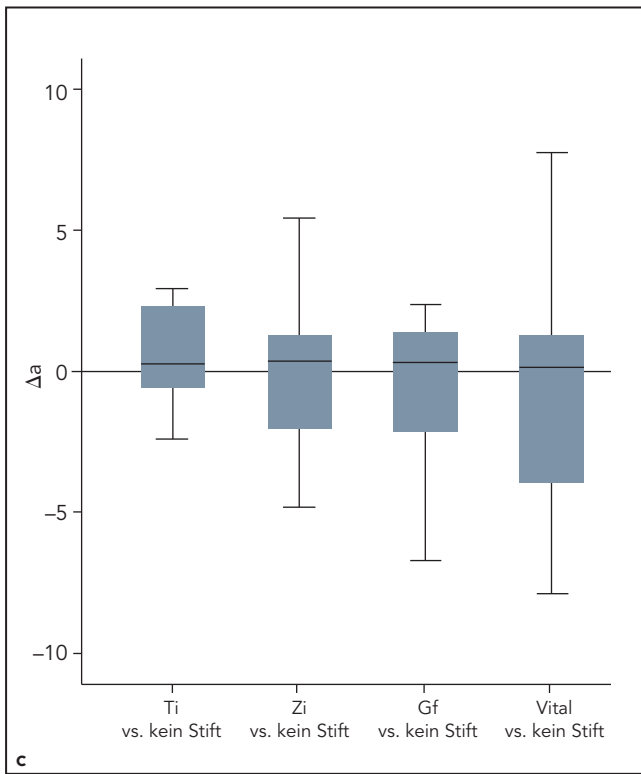
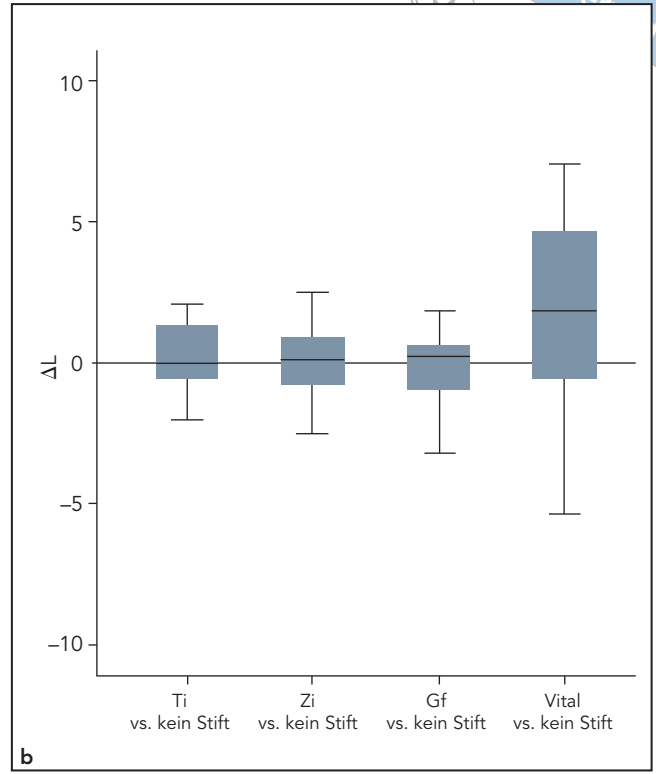
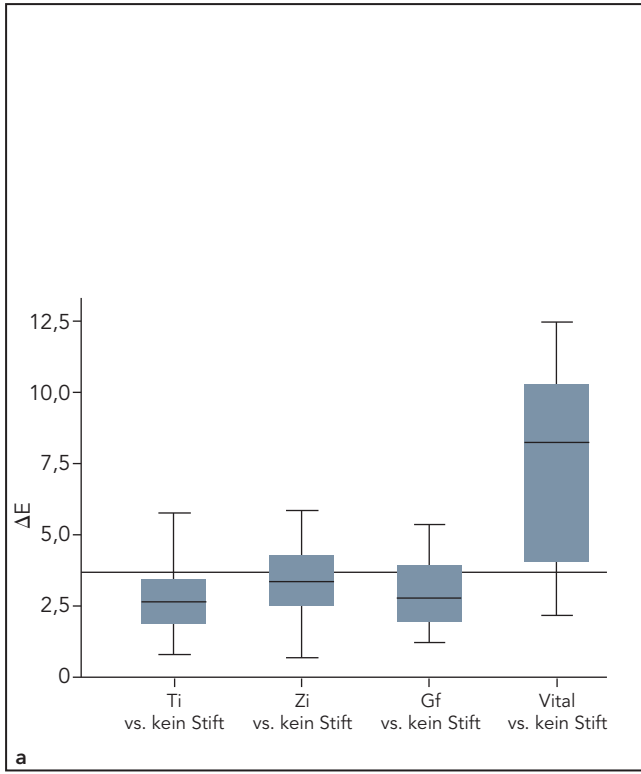


Abb. 4 Boxplots der Farbunterschiede: (a) ΔE , (b) ΔL , (c) Δa und (d) Δb . Die Linie auf Höhe von $\Delta E = 3,7$ entspricht dem Schwellenwert für die Wahrnehmung intraoraler Farbunterschiede durch das menschliche Auge.

Tabelle 2 Mittelwerte und SA der Farbunterschiede ΔE , ΔL , Δa und Δb für die Gruppen mit dünner und dicker Gingiva mit den Ergebnissen des Mann-Whitney-Tests

	Dünne Gingiva (n = 16)	Dicke Gingiva (n = 7)	P [†]
Ti vs kein Stift			
ΔE	2,6 ± 0,8	3,4 ± 1,6	0,65
ΔL	-0,3 ± 1,0	-1,4 ± 1,7	0,26
Δa	0,5 ± 1,3	0 ± 2,4	0,77
Δb	0,1 ± 1,0	0,1 ± 1,2	0,90
Zi vs kein Stift			
ΔE	3,2 ± 1,2	3,4 ± 1,5	0,79
ΔL	-0,7 ± 1,8	-0,7 ± 2,0	0,91
Δa	0,2 ± 1,5	0,2 ± 2,3	0,60
Δb	-0,2 ± 1,0	0,9 ± 1,2	0,15
Gf vs kein Stift			
ΔE	2,9 ± 1,2	3,8 ± 2,2	0,56
ΔL	-0,5 ± 1,7	-1,3 ± 2,3	0,44
Δa	0 ± 1,9	-0,5 ± 3,0	0,54
Δb	-0,2 ± 1,3	0,1 ± 1,7	0,51
Vital vs kein Stift			
ΔE	9,4 ± 2,2	3,8 ± 2,4	0,001*
ΔL	5,2 ± 5,1	0,5 ± 3,6	0,10
Δa	-1,4 ± 4,2	1,7 ± 2,7	0,13
Δb	2,8 ± 2,6	-0,8 ± 1,9	0,02*

Ti = Titan, Zi = Zirkonoxid; Gf = Glasfaser.

ΔE = Gesamt-Farbdifferenz, ΔL = Unterschied der Helligkeit, Δa = Differenz der Sättigung auf der Rot-Grün-Achse, Δb = Differenz der Sättigung auf der Gelb-Blau-Achse.

*P ≤ 0,05, SA = Standardabweichung.

†Mann-Whitney-Test.

Damit verursachten die Stifte aus Ti, Zi und Gf keine unterschiedlichen Farbveränderungen der bukkalen Gingiva. ΔE lag unter dem Schwellenwert von 3,7 bei 83 % der Ti-Stifte (19/23) (95 % CI: 63 %; 93 %), 65 % der Zi-Stifte (15/23) (95 % CI: 45 %; 81 %) und 78 % der Gf-Stifte (18/23) (95 % CI: 58 %; 90 %).

Beim Vergleich der vitalen Kontrollzähne mit den endodontisch be-

handelten Testzähnen (vital vs kein Stift) betrug ΔE 7,7 ± 3,5. Diese Werte unterschieden sich statistisch von dem Schwellenwert von 3,7 (P ≤ 0,05). Die Gingiva an den vitalen Zähnen erreichte signifikant höhere L- und b-Werte (P ≤ 0,05) (Tabelle 1, Abb. 4). Die bukkale Gingiva war somit an den nicht vitalen Zähnen sichtbar dunkler und bläulicher als an den vitalen Zähnen.

An den Testzähnen betrug die mittlere Gingivadicke 1,5 ± 0,4 mm (Bereich: 1 bis 2 mm).

Es fand sich eine statistisch signifikante Korrelation zwischen GD und $\Delta E_{\text{vital vs kein Stift}}$ (Spearman-Rho: -0,77; P < 0,001). Dies bedeutet, dass die Gesamt-Farbdifferenz der Gingiva an den vitalen Kontrollzähnen und den endodontisch behandelten Testzähnen mit zunehmender GD sank.

Bei der Aufteilung der Testzähne mit $GD \leq 1,5$ mm von denen mit $GD > 1,5$ mm ergab sich, dass die GD an 70 % (16/23) der Zähne dünn ($GD: 1,2 \pm 0,3$ mm) und an 30 % (7/23) dick ($GD: 2,0 \pm 0$ mm) war. In Tabelle 2 sind die Werte für ΔE , ΔL , Δa und Δb für die Gruppen mit dünner und dicker Gingiva zusammengefasst. Die Farbdifferenz $\Delta E_{\text{vital vs kein Stift}}$ und $\Delta b_{\text{vital vs kein Stift}}$ war in der Gruppe mit dünner Gingiva signifikant höher als in der Gruppe mit dicker Gingiva ($P \leq 0,05$). Die Farbänderungen durch die verschiedenen Stifte (Ti vs kein Stift; Zi vs kein Stift; Gf vs kein Stift) ($P > 0,05$) unterschieden sich zwischen der Gruppe mit dünner und dicker Gingiva statistisch nicht signifikant.

Diskussion

In der vorliegenden klinischen Studie wurde gezeigt, dass verschiedenfarbige Wurzelstifte keine unterschiedlichen Farbänderungen der Gingiva an endodontisch behandelten Zähnen verursachen. In den meisten Fällen wirkte sich der Wurzelstift nicht sichtbar auf die Farbe der bukkalen Gingiva aus. Im Gegensatz dazu fand sich ein sichtbarer Farbunterschied zwischen der Gingiva an endodontisch behandelten und vitalen Zähnen. Das Ausmaß dieses Farbunterschieds hing von der Gingivadicke ab und war bei dickeren Weichgeweben geringer. Dicke Weichgewebe können somit Verfärbungen der darunterliegenden Strukturen maskieren.

In einer kürzlich veröffentlichten In-vitro-Studie wurden die Effekte von weißen und grauen Stiften auf die Farbe von 40 extrahierten, endodontisch behandelten humanen Schneidezähnen untersucht⁷. Diese spektrofotometrische Studie zeigte, dass die Farbveränderungen durch die Wurzelstifte unter der für das menschliche Auge wahrnehmbaren Schwelle

lagen und sich zwischen den Stiftarten nicht unterschieden. Dieses Ergebnis stimmt mit den Erkenntnissen aus der vorliegenden klinischen Studie überein.

In der vorliegenden Studie lag die Gesamt-Farbdifferenz zwischen der Gingiva an endodontisch behandelten und vitalen Zähnen deutlich über der Schwelle für intraorale Farbunterschiede, die das menschliche Auge wahrnehmen kann¹⁸. Die CIELab-Farbkoordinaten L für Helligkeit und b für Sättigung auf der Gelb-Blau-Achse waren an endodontisch behandelten Zähnen signifikant niedriger als an vitalen Zähnen. Die Gingivafarbe auf der Rot-Grün-Achse unterschied sich hingegen nicht. Somit wies die bukkale Gingiva an endodontisch behandelten Zähnen im Vergleich zur Gingiva an vitalen Zähnen sichtbare Grau- und Blaufärbungen auf. Vermutlich wird die Gingivafarbe an endodontisch behandelten Zähnen durch die verfärbten Wurzeln beeinflusst. Eingeschränkt wird die vorliegende Studie dadurch, dass das Ausmaß der Verfärbung an endodontisch behandelten Zähnen nicht bestimmt wurde.

In einer vor Kurzem durchgeführten klinischen Studie wurde die Farbe der Weichgewebe an Titanimplantaten mit der Farbe der Gingiva an natürlichen Zähnen verglichen¹⁹. Die Untersucher ermittelten an den periimplantären Weichgeweben signifikante Farbunterschiede mit niedrigeren Werten für die Farbkoordinaten L und b. Interessant ist, dass die angegebenen Farbunterschiede denjenigen ähneln, die in der vorliegenden Studie zwischen der Gingiva an endodontisch behandelten und vitalen Zähnen beobachtet wurden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Gingiva von endodontisch behandelten Zähnen eine ähnliche Dunkel- und Blaufärbung aufweist wie die Mukosa über Titanimplantaten. In einer anderen klinischen Studie wurde

die Farbe der marginalen Gingiva an künstlichen Kronen mit der Farbe der Weichgewebe an natürlichen Zähnen verglichen¹¹. Dabei lagen die L-, a- und b-Werte der Gingiva an künstlichen Kronen niedriger als bei der Gingiva an natürlichen Zähnen. Allerdings machten die Autoren keine Angaben zum endodontischen Status der untersuchten Zähne.

In der vorliegenden Studie hing das Ausmaß des Farbunterschieds zwischen endodontisch behandelten und vitalen Zähnen von der Gingivadicke ab. An nicht vitalen Zähnen fiel die Verfärbung mit zunehmender Weichgewebisdicke geringer aus. Aber selbst in der Gruppe mit einer Weichgewebisdicke von 2 mm lag die Gesamt-Farbdifferenz der Gingiva an nicht vitalen und vitalen Zähnen über der für das menschliche Auge wahrnehmbaren Schwelle¹⁸. Bei einem In-vitro-Experiment am Schweineoberkiefer wurde spektrofotometrisch der Effekt von Ti- und Zi-Platten auf die darüberliegende, unterschiedlich dicke Mukosa untersucht⁹. Die Untersucher stellten fest, dass das menschliche Auge bei einer Mukosadicke von 3 mm keine Farbdifferenzen mehr wahrnehmen konnte. In einer anderen klinischen Studie wurden mit hyperspektralen Aufnahmen die Effekte der Lichtreflexion durch Zirkonoxid- und Titan-Implantatabutments auf die periimplantäre Mukosa untersucht¹⁴. Dabei ergab sich, dass Unterschiede in der Farbe der Weichgewebe über den verschiedenen Abutments ab einer Mukosadicke von 2 mm für das menschliche Auge nicht mehr wahrnehmbar sind. Laut den Ergebnissen dieser Studien ist die Mukosadicke ein entscheidender Faktor für die Verfärbung durch darunterliegende Strukturen. Dies stimmt mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung überein.

Apikal des mittbukkalen Gingivaums betrug die mittlere Gingivadicke 1,5 mm. In einer kürzlich durch-

geführten Studie wurde unmittelbar nach der Zahnextraktion die faziale Gingivadicke an den oberen Frontzähnen gemessen²⁰. Die Messung erfolgte 2 mm apikal des mittbukkalen Gingivasaums mit einem Messschieber. Die mittlere Gingivadicke betrug 1,1 mm mit gleichmäßiger Verteilung (50 %) der Bereiche mit einer Gingivadicke ≤ 1 mm und > 1 mm. In einer weiteren klinischen Studie wurde die Gingivadicke bei 200 Patienten mit einem Ultraschallgerät gemessen²¹. Die mittlere Gingivadicke variierte von 0,8 mm an den unteren Eckzähnen bis 1,5 mm an den unteren zweiten Molaren. In einigen anderen Studien wurden mittlere Gingivadicken von 0,7 bis 1,5 mm gemessen^{13,22–25}. Die in der vorliegenden Studie gemessene mittlere Gingivadicke lag in dem in der Literatur angegebenen Bereich. Die abweichenden Ergebnisse beruhen vermutlich auf unterschiedlichen Messverfahren und Messlokalisationen.

Aus den Daten der vorliegenden Studie lässt sich ableiten, dass bei den meisten endodontisch behandelten Zähnen mit Gingivaverfärbungen zu rechnen ist. Diese Farbveränderungen fallen umso stärker aus, je dünner der gingivale Biotyp ist. Durch die Verwendung zahnfarbener Stifte lässt sich die Gingivaverfärbung nicht sichtbar reduzieren. Da die intraradikulär eingesetzten Bleichmethoden zu einer Wurzelresorption führen können, gibt es derzeit kein sicheres Verfahren zum Aufhellen verfärbter, endodontisch behandelter Wurzeln²⁶ und die Gingivaverfärbung an endodontisch behandelten Zähnen bleibt ein weiterhin ungelöstes klinisches Problem. Vermutlich beeinflusst die Farbe der Zahnwurzel ab einer Gingivadicke von 2 mm die Farbe der darüberliegenden Weichgewebe nicht mehr sichtbar. Die mittlere Dicke der natürlichen Gingiva liegt jedoch deutlich unter diesem Wert^{13,20–25}. Die chirurgische Gingivaverdickung

mittels Weichgewebstransplantaten könnte zur Zeit die einzige Methode für die Korrektur der Gingivaverfärbungen an endodontisch behandelten Zähnen darstellen.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der vorliegenden Studie können die nachstehenden Schlussfolgerungen gezogen werden. Die Farben der verschiedenen Wurzelstifte wirkten sich nicht unterschiedlich auf die Farbe der darüberliegenden bukkalen Gingiva aus. In den meisten Fällen beeinflusste der Wurzelstift die Farbe der bukkalen Gingiva nicht sichtbar. An endodontisch behandelten Zähnen ist die Gingiva im Vergleich zur Gingiva an vitalen Zähnen grau und blau verfärbt. Das Ausmaß der Gingivaverfärbung an endodontisch behandelten Zähnen wurde durch die Gingivadicke beeinflusst. Bei dünnen Weichgeweben fiel die Gingivaverfärbung stärker aus.

Danksagung und Interessenerklärung

Die Untersucher danken Dr. Malgorzata Roos, Abteilung für Biostatistik, Universität Zürich, Schweiz, für ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung. Diese Studie wurde von der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, unterstützt. Die Zirkonoxid- und Glasfaserstifte wurden freundlicherweise von Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, zur Verfügung gestellt. Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Meyenberg KH, Luthy H, Scharer P. Zirconia posts: A new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. *J Esthet Dent* 1995;7:73–80.
2. Michalakos KX, Hirayama H, Sfolkos J, Sfolkos K. Light transmission of posts and cores used for the anterior esthetic region. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:462–469.
3. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent* 2000;83:412–417.
4. Kakehashi Y, Luthy H, Naef R, Wohlwend A, Scharer P. A new all-ceramic post and core system: Clinical, technical, and in vitro results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:586–593.
5. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: A 2-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2003;16:593–596.
6. Paul SJ, Werder P. Clinical success of zirconium oxide posts with resin composite or glass-ceramic cores in endodontically treated teeth: A 4-year retrospective study. *Int J Prosthodont* 2004;17:524–528.
7. Sailer I, Thoma A, Khraisat A, Jung RE, Hammerle CH. Influence of white and gray endodontic posts on color changes of tooth roots, composite cores, and all-ceramic crowns. *Quintessence Int* 2010;41:135–144.
8. Dummett CO, Barends G. Pigmentation of the oral tissues: A review of the literature. *J Periodontol* 1967;38:369–378.
9. Jung RE, Sailer I, Hammerle CH, Attin T, Schmidlin P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:251–257.
10. Kleinheinz J, Buchter A, Fillies T, Joos U. Vascular basis of mucosal color. *Head Face Med* 2005;1:4.
11. Takeda T, Ishigami K, Shimada A, Ohki K. A study of discoloration of the gingiva by artificial crowns. *Int J Prosthodont* 1996;9:197–202.
12. Bressan E, Paniz G, Lops D, Corazza B, Romeo E, Favero G. Influence of abutment material on the gingival color of implant-supported all-ceramic restorations: A prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:631–637.

13. Jung RE, Holderegger C, Sailer I, Khraisat A, Suter A, Hammerle CH. The effect of all-ceramic and porcelain-fused-to-metal restorations on marginal peri-implant soft tissue color: A randomized controlled clinical trial. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:357–365.
14. van Brakel R, Noordmans HJ, Frenken J, de Roode R, de Wit GC, Cune MS. The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:1172–1178.
15. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990;63:529–536.
16. Tjan AH, Whang SB. Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *J Prosthet Dent* 1985;53:496–500.
17. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81:578–582.
18. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819–822.
19. Park SE, Da Silva JD, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:569–574.
20. Kan JY, Morimoto T, Rungcharassaeng K, Roe P, Smith DH. Gingival biotype assessment in the esthetic zone: Visual versus direct measurement. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:237–243.
21. Eger T, Muller HP, Heinecke A. Ultrasonic determination of gingival thickness. Subject variation and influence of tooth type and clinical features. *J Clin Periodontol* 1996;23:839–845.
22. Muller HP, Eger T. Gingival phenotypes in young male adults. *J Clin Periodontol* 1997;24:65–71.
23. Muller HP, Heinecke A, Schaller N, Eger T. Masticatory mucosa in subjects with different periodontal phenotypes. *J Clin Periodontol* 2000;27:621–626.
24. Olsson M, Lindhe J, Marinello CP. On the relationship between crown form and clinical features of the gingiva in adolescents. *J Clin Periodontol* 1993;20:570–577.
25. Vandana KL, Savitha B. Thickness of gingiva in association with age, gender and dental arch location. *J Clin Periodontol* 2005;32:828–830.
26. Attin T, Paque F, Ajam F, Lennon AM. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *Int Endod J* 2003;36:313–329.