



Wahrnehmungsschwelle für Farbveränderungen der menschlichen Gingiva



Irena Sailer, Prof. Dr. med. dent.¹
 Vincent Fehmer, MDT²
 Alexis Ioannidis, Dr. med. dent.³
 Christoph H.F. Hämmerle, Prof. Dr. med. dent.⁴
 Daniel S. Thoma, PD, Dr. med. dent.⁵

In der vorliegenden Studie wurde die Wahrnehmungsschwelle für Farbabweichungen der menschlichen Gingiva untersucht. Dazu wurden Gingiva und Zähne im ästhetischen Bereich auf einem Bild mithilfe einer Bearbeitungssoftware getrennt und fünf Standardbeispiele geschaffen. Anschließend wurden die Farbparameter L, a und b (CIELab) der Gingiva so verändert, dass sie sich dunkler bzw. heller färbte. Bei den Beispielen war die linke Seite (oberer linker Frontzahnbereich) unverändert, während die rechte Seite (oberer rechter Frontzahnbereich) der Bilder modifiziert wurde. Dann wurden die Farbdifferenzen auf den Fotos von jeweils 10 Zahnärzten, Zahn Technikern und Laien beurteilt. Der mittlere ΔE -Schwellenwert lag zwischen $1,6 \pm 1,1$ (Zahn Technikern) und $3,4 \pm 1,9$ (Laien). Insgesamt erreichte ΔE $3,1 \pm 1,5$. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 709–714.)

Das Interesse an der Ästhetik implantatgetragener Rekonstruktionen hat in den letzten Jahren dank der Entwicklung neuer Materialien für ästhetische Restaurationen zugenommen. Früher bestanden die Restaurationen dentaler Implantate aus einem keramikverblendeten Metallgerüst, das auf Metallabutments eingesetzt wurde. Der Einsatz von Metallen zur Herstellung von Implantatabutments und Gerüsten ist gut dokumentiert und zeigt ein hohes Langzeitüberleben und hohe Erfolgsraten der Rekonstruktionen¹. Trotzdem mussten aber ästhetische Probleme wie die Verfärbung der Gingiva durch das dunkle Metall gelöst werden².

Mithilfe von Neuentwicklungen wie Vollkeramikrestaurationen sollten diese ästhetischen Einschränkungen überwunden werden. Hierzu werden unterschiedliche Materialien verwendet (z. B. Zirkonoxid, Glaskeramik, Aluminiumoxid) und Modifikationen von Keramiken, um ihre Transluzenz und Opazität anzupassen. Eine der ersten Publikationen auf diesem Gebiet verglich Metallkeramikronen mit Rekonstruktionen aus Vollkeramik (Aluminiumoxid)³, mit dem Ergebnis, dass die vollkeramisch gefertigten Kronen farblich besser zu den Nachbarzähnen passten als die Metallkeramikronen.

In mehreren aktuellen Studien wurde der Einfluss verschiedener Materi-

¹ Vorsteherin der Klinik für festsitzende Prothetik und Biomaterialien, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Genf, Genf, Schweiz.

² Leitender Zahn Techniker, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.

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

⁴ Vorsteher der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

⁵ Oberarzt, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz.

Korrespondenz an: PD Dr. Daniel S. Thoma, Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde, Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Plattenstraße 11, CH-8032 Zürich, Schweiz. Fax: +41 44 634 43 05.
 E-Mail: daniel.thoma@zzm.uzh.ch



Abb. 1 Unveränderte Aufnahme eines der fünf klinischen Testfälle mit Darstellung der oberen Frontzähne und der umgebenden Gingiva. Das Bild wurde in ein Bildverarbeitungsprogramm (Adobe Photoshop) importiert und modifiziert.



Abb. 2 Mit dem Programm (Adobe Photoshop) wurden Gingiva und Zähne getrennt.

alien auf die Farbe der Weichgewebe untersucht^{1,4-6}. In unterschiedlichen klinischen und In-vitro-Studien wurde die Spektrofotometrie als objektives Messverfahren eingesetzt.

Dieses Verfahren ist in der Zahnmedizin gut dokumentiert. Meist dient die Spektrofotometrie dazu, ästhetische Ergebnisse von zahn- oder implantatgetragenen Rekonstruktionen zu evaluieren⁷. Bei den letztgenannten Rekonstruktionen wurde die Farbe der bukkalen Mukosa an verschiedenen Implantat- und Abutmentmaterialien mit der Farbe der Gingiva an natürlichen gesunden Zähnen verglichen und die Farbdifferenz (ΔE) berechnet¹.

Die Spektrofotometrie gilt als zuverlässiges Verfahren zum Nachweis von Farbunterschieden und diente in der Zahnmedizin ursprünglich dazu, die Farbe von Komposit-Veneers und der sie umgebenden Zahnschubstanz zu bewerten⁸. In einer Studie wurde der klinische Schwellenwert für die Wahrnehmung von Farbunterschieden (ΔE) mit dem bloßen Auge mit 3,7 angegeben⁹. Im Gegensatz dazu wurde unter standardisierten Laborbedingungen im CIELab-Farbraum (L = Helligkeit, a = Grün-rot-Achse, b = Gelb-blau-Achse) eine Farbdifferenz von etwa $\Delta E = 1$ als Sichtbarkeitsschwelle von Farbveränderun-

gen festgelegt¹⁰. Dieser Unterschied weist darauf hin, dass noch weitere Faktoren die optimale Wahrnehmung von Farbunterschieden beeinflussen.

In den letzten Jahren wurde ein Schwellenwert von 3,7 verwendet, um die Farbdifferenzen verschiedener Weichgewebestrukturen zu beurteilen⁷. Werden die oben genannten Einflussfaktoren mit einbezogen, lässt sich jedoch nicht sagen, ob die berechnete klinische Schwelle von 3,7 für Farbdifferenzen an der Zahnschubstanz auch für Farbdifferenzen der Gingiva und der periimplantären Mukosa gilt.

In der hier vorgestellten Studie wurde die Wahrnehmungsschwelle für Farbveränderungen der menschlichen Gingiva untersucht.

Material und Methode

Studiendesign

Aus dem Bildarchiv der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde wurden zufällig anonymisierte klinische Fotos von fünf Patienten ausgewählt. Einschlusskriterien waren (1) nicht restaurierte obere Eck- und Schneidezähne, (2) gute parodontale

Gesundheit, (3) keine sichtbare Entzündung und (4) keine Rezessionen. Auf den klinischen Fotografien waren die oberen Schneide- und Eckzähne sowie die umgebende Gingiva zu erkennen (Abb. 1). Bei der Aufnahme des Bildes wurde eine schwarze Platte hinter die Zähne gehalten, damit der Rand der Zähne klar vom Hintergrund abzugrenzen war. Die Fotografien wurden in ein handelsübliches Bildbearbeitungsprogramm importiert (Photoshop CS3 Extended Version 10.0, Adobe Systems) und Gingiva und Zähne jeweils mithilfe der Software voneinander getrennt (Abb. 2). Dann wurden die Farbdaten der Gingiva auf den Originalfotos mithilfe der CIELab-Parameter beschrieben.

Anschließend wurden die Helligkeits- (L) und Farbwerte (a, b) des Gingivaanteils auf den fünf Originalaufnahmen stufenweise heller oder dunkler gestaltet ($\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 3\%$, $\pm 4\%$, $\pm 5\%$ und $\pm 6\%$). Die Zahnfarbe wurde nicht verändert. Danach wurden die unveränderten Zähne auf dem Bild wieder mit der veränderten Gingiva zusammengeführt (Abb. 3). Aus jedem der fünf Originalfotos entstanden so 12 modifizierte Bilder neben der Originalaufnahme. Die Farbdifferenzen zwischen der Gingiva der Originalaufnahme und auf den modifizierten Bildern (ΔL , Δa ,

Abb. 3 Der linke Teil des Bildes blieb unverändert, während der rechte Anteil der Gingiva in standardisierten Schritten aufgehellt oder verdunkelt wurde. Bei dem hier gezeigten Beispiel ist die Gingiva rechts um 4 % dunkler als links.



Δb) wurden mithilfe der folgenden Gleichung in den Gesamtfarbumterschied ΔE umgerechnet:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$$

Vorbereitung der Präsentationen

Für jeden der fünf Fälle wurde eine standardisierte Präsentation (Keynote 09 Version 5.1, Apple [1018]) erstellt. Dabei war das Originalfoto jeweils die erste Folie. Die linke Seite (vom oberen linken zentralen Schneidezahn bis zum linken Eckzahn) wurde maskiert und durch die gespiegelte rechte Seite (vom oberen rechten Eckzahn bis zum oberen rechten zentralen Schneidezahn) ersetzt. Damit entstand auf der ersten Folie ein Bild aus der ursprünglichen und der gespiegelten rechten Seite. Anschließend wurde der linke obere Frontzahnbereich auf allen 12 modifizierten Fotografien durch den gespiegelten rechten oberen Frontzahnbereich ersetzt. Dann wurden die modifizierten Bilder nach dem Zufallsprinzip auf die rechte Seite der Folien verteilt, während sich auf der linken Seite das Originalfoto befand. Die Folien mit Original- und modifizierten Bildern wechselten mit weißen Folien ab, damit sich das

Auge nicht an die Farbänderungen gewöhnte. Die Folien mit den Bildern und die weißen Folien wurden in einem zeitlichen Abstand von 10 Sekunden getauscht. Dieser Zeitraum ließ sich nicht verkürzen.

Evaluation der Präsentationen

Alle 30 Studienteilnehmer (10 Zahnärzte, 10 Zahntechniker und 10 Laien) betrachteten die fünf Präsentationen bei gleichen Lichtverhältnissen in einem abgedunkelten Raum auf demselben Computermonitor. Sie sollten jeweils angeben, ob sie eine Farbdifferenz der Gingiva zwischen der rechten und der linken Seite wahrnahmen und ob die (unveränderte) linke Seite dunkler oder heller wirkte.

Berechnung der Schwellenwerte

Für jeden der Teilnehmer wurde jeweils eine Schwelle für dunklere und hellere Veränderungen berechnet. Weiterhin wurde jede der fünf Präsentationen notiert, auf denen die Teilnehmer keine Farbdifferenzen zwischen dem Originalfoto und den modifizierten Bildern feststellen

konnten. Dann wurden für jede der drei Teilnehmergruppen die Wahrnehmungsschwellen für dunklere und hellere Differenzen berechnet. Anschließend wurden der mittlere Schwellenwert der Wahrnehmung von helleren sowie dunkleren Abweichungen sowie ein Mittelwert aus allen drei Gruppen berechnet.

Statistische Auswertung

Die Daten wurden mithilfe von IBM SPSS Statistics, Version 20.0 (IBM SPSS), codiert und ausgewertet. Die beschreibende Statistik, wie der Mittelwert und die Standardabweichung (SA) von ΔE , wurde in jeder Gruppe (Laien, Zahntechniker und Zahnärzte) separat berechnet. Die Verteilung der Werte wurde anhand von Box-Plot-Diagrammen dargestellt. Die Normalverteilung wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Es zeigte sich, dass sie nicht in allen Gruppen gegeben war. Mit dem Kruskal-Wallis-Test wurde nach signifikanten Unterschieden von ΔE zwischen den Gruppen und mit dem Mann-Whitney-U-Test nach Unterschieden innerhalb der Gruppen gesucht. Das Signifikanzniveau wurde auf 95 % festgelegt und eine Bonferroni-Korrektur für mul-

multiple Vergleiche durchgeführt. Die ΔE -Werte für hellere und dunklere Abweichungen wurden getrennt ausgewertet.

Ergebnisse

Farbdifferenzen zwischen der ursprünglichen und der modifizierten Gingiva

In Tabelle 1 sind für jede der fünf Patientenfotoserien die berechneten Farbdifferenzen (ΔE) zwischen der ursprünglichen und der modifizierten Gingivafarbe zusammengetragen. ΔE unterschied sich zwischen den fünf Originalfotoserien statistisch nicht signifikant ($p < 0,05$), was die Normalverteilung in dieser klinischen Fotoserie belegt.

Schwellenwerte für die Gingivafarbe

Tabelle 2 fasst die Mittelwerte, Standardabweichungen und Konfidenzintervalle zusammen. Der Schwellenwert (ΔE) wurde in der Gruppe der Zahnärzte mit $3,5 \pm 0,5$ (dunkler) und $2,7 \pm 1,0$ (heller), in der Gruppe der Zahntechniker mit $3,7 \pm 1,2$ (dunkler) und $1,6 \pm 1,1$ (heller) und in der Gruppe der Laien mit $4,0 \pm 1,7$ (dunkler) und $3,4 \pm 1,9$ (heller) berechnet (Tabelle 2). Diese Werte unterschieden sich sowohl zwischen den Laien und den Zahntechnikern (Schwelle für hellere $p = 0,000$ und dunklere Veränderungen $p = 0,017$) als auch zwischen den Laien und den Zahnärzten (nur der Schwellenwert für dunklere Veränderungen $p = 0,015$) sowie zwischen den Zahnärzten und den Zahntechnikern (Schwellenwert für hellere Veränderungen $p = 0,000$) statistisch signifikant. Die mittleren Schwellenwerte für ΔE betragen in der Gruppe

Tabelle 1 Übersicht der ΔE -Werte in allen fünf Fällen, die den drei Betrachtergruppen gezeigt wurden

	Heller						Dunkler					
	+6	+5	+4	+3	+2	+1	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Patient 1	6,4	5,2	3,7	3,4	1,9	0,9	1,0	1,8	3,5	4,2	5,1	6,3
Patient 2	6,3	5,5	4,1	3,6	1,6	0,7	0,2	2,1	4,0	4,2	5,3	6,4
Patient 3	6,5	5,4	3,6	3,3	1,8	1,0	1,0	1,9	3,0	3,4	5,1	6,1
Patient 4	6,8	5,5	3,7	3,3	1,8	1,2	0,5	1,9	3,5	3,5	5,0	6,3
Patient 5	6,5	4,7	4,1	3,5	3,2	1,4	0,8	2,0	3,8	4,2	4,6	6,5

Tabelle 2 Wahrnehmungsschwellen der Farbdifferenzen der Gingiva* abhängig von der Betrachtergruppe (Mittelwert \pm SA [95 % CI])

	Laien	Zahntechniker	Zahnärzte
Plus ΔE (heller)	$3,4 \pm 1,9$ (2,9; 3,9) P = 0,000**	$1,6 \pm 1,1$ (1,3; 1,9)	$2,7 \pm 1,0$ (2,4; 3,0) P = 0,000**
		P = 0,057	
Minus ΔE (dunkler)	$4,0 \pm 1,7$ (3,6; 4,5) P = 0,017	$3,7 \pm 1,2$ (2,8; 3,5)	$3,5 \pm 0,5$ (3,3; 3,6) P = 0,548
		P = 0,015**	
Gesamt ΔE	$3,7 \pm 1,8$ (3,4; 4,1) P = 0,000**	$2,4 \pm 1,4$ (2,4; 2,7)	$3,1 \pm 0,9$ (2,9; 3,3) P = 0,000**
		P = 0,003**	
Insgesamt ΔE	$3,1 \pm 1,5$ (2,9; 3,2)		

*Statistischer Unterschied für die Wahrnehmung von helleren (plus ΔE) und dunkleren (minus ΔE) Abweichungen und Gesamtfarbunterschied ΔE . CI = Konfidenzintervall, SA = Standardabweichung.

**Statistisch signifikanter Unterschied $p < 0,017$.

der Zahnärzte $3,1 \pm 0,9$, in der Gruppe der Zahntechniker $2,4 \pm 1,4$ und in der Gruppe der Laien $3,7 \pm 1,8$. Diese Werte unterschieden sich zwischen allen drei Gruppen statistisch signifikant (Zahnärzte vs Zahntechniker $p = 0,000$, Zahnärzte vs Laien $p = 0,003$, Zahntechniker vs Laien $p = 0,000$). Insgesamt erreichte der ΔE -Wert $3,1 \pm 1,5$ (Tabelle 2).

Diskussion

In dieser Studie wurden die Schwellenwerte für die Wahrnehmung von Farbveränderungen der Gingiva anhand standardisierter Präsentationen mit veränderter Gingivafärbung bei Zahnärzten, Zahntechnikern und Laien bestimmt. Dabei wurde für jede Teilnehmergruppe ein anderer Schwellenwert ermittelt. Die höchste Wahrnehmungsschwelle zeigten die Laien sowohl für hellere als auch für dunklere Abweichungen. Diese Werte unterschieden sich deutlich von den Schwellenwerten der Zahnärzte und der Zahntechniker. Die Laien zeigten damit eine geringere Sensibilisierung für kleine Farbabweichungen. Im Gegensatz dazu fanden sich bei den Zahntechnikern die niedrigsten Schwellenwerte für hellere und dunklere Farbdifferenzen. Diese Berufsgruppe nimmt bereits geringe Farbdifferenzen wahr. Der kombinierte Schwellenwert aller drei Gruppen belief sich auf $\Delta E = 3,1 \pm 1,5$ und unterschied sich damit nicht wesentlich von dem Schwellenwert, der für andere Farbdifferenzen ermittelt wurde ($\Delta E = 3,7$)⁹.

Die Ästhetik ist weiterhin ein entscheidender Faktor für den Erfolg von zahn- und implantatgetragenen Rekonstruktionen für Patienten, Zahnärzte und Zahntechniker. Das ästhetische Ergebnis wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Für viele dieser Faktoren existieren standardisierte oder nicht standardisierte

Ergebniswerte und Evaluationskriterien¹¹. Als größte Herausforderung gelten Farbabweichungen der periimplantären Mukosa, weil sich die biologische Integration von Implantaten und Zähnen in ihre umgebenden Gewebe erheblich unterscheidet¹². Das periimplantäre Gewebe zeigt fast dieselbe biologische Breite wie gesundes Gewebe an natürlichen Zähnen, aber eine andere Zusammensetzung¹³. Die Farbe der periimplantären Mukosa und der Gingiva an natürlichen Zähnen ist klinisch nicht identisch. In den meisten klinischen Studien wurden diese Farbunterschiede mit dem Spektrofotometer bestimmt. Auf diese Art werden Farbdifferenzen erkennbar, die mit dem bloßen menschlichen Auge nicht wahrnehmbar sind¹⁴. Trotzdem muss berücksichtigt werden, dass die subjektive und die objektive Evaluation (Spektrofotometrie) miteinander korrelieren. Dies gilt z. B. für die periimplantären Gewebe, für die in einer klinischen Studie an 39 Patienten ein Schwellenwert von $\Delta E = 8,74$ berechnet wurde¹⁵. Trotzdem kann sich die Farbwahrnehmung unter Labor- und unter klinischen Bedingungen unterscheiden. Klinisch tragen auch noch andere Faktoren zum ästhetischen Ergebnis bei oder leichte Farbdifferenzen sind nicht nachweisbar. Für ein optimales ästhetisches Ergebnis, das den klinischen Bedürfnissen und Anforderungen genügt, sind standardisierte Schwellenwerte entscheidend.

Die vorliegende Studie ergab, dass Laien, Zahntechniker und Zahnärzte unterschiedliche Wahrnehmungsschwellen für Farbdifferenzen der Gingiva haben und bestätigte damit frühere Studienergebnisse¹⁶⁻¹⁹. Mit Fotografien vom Lächeln wurde bei Zahnärzten und Laien untersucht, welche Veränderungen ästhetischer Faktoren sie wahrnehmen (Kronenlänge, Kronenbreite, Angulation der Schneidezähne und Mittellinie)⁶. Dabei wurde gezeigt, dass Zahnärzte

und Laien die ästhetischen Veränderungen bei einer unterschiedlich großen Abweichung wahrnehmen. Dies wurde später in einer anderen Studie bestätigt, die signifikante Unterschiede in der Wahrnehmung ästhetischer Variationen durch zahnmedizinische Berufsgruppen und Laien zeigte⁴.

In all diesen klinischen Studien wurde die Wahrnehmung der Ästhetik untersucht. Es zeigte sich, dass das ästhetische Ergebnis eher auf subjektiven als auf objektiven Kriterien beruht und dass vermutlich eine Korrelation zwischen subjektiven und objektiven Kriterien besteht³.

Trotzdem können im Rahmen der Forschung überwiegend objektive Kriterien angewandt werden. Schwellenwerte bilden die Grundlage für die Beurteilung des ästhetischen Ergebnisses von zahn- und implantatgetragenen Rekonstruktionen. Weiterhin zeigt sich, dass nicht nur Standardisierungen zur Beurteilung der Ästhetik der Zähne, sondern auch der Gingiva erforderlich sind.

In der vorliegenden Studie wurde gezeigt, dass spektrofotometrische Messungen zwar zuverlässig und leicht durchführbar sind, die ermittelten Schwellenwerte für Farbabweichungen der Zähne und der umgebenden Gingiva aber differieren können. Dabei lag der ermittelte Schwellenwert für die Wahrnehmung von Farbdifferenzen der Gingiva etwas niedriger ($\Delta E = 3,1$) als derjenige für die Zähne ($\Delta E = 3,7$)⁹. Das ist überraschend, da die Gingiva nicht so gleichmäßig gefärbt ist wie natürliche Zähne: Durch die Mukosa scheinen Gefäße hindurch und andere anatomische Merkmale, wie die Mukogingivalgrenze, die keratinisierte Gingiva und die angrenzende Mukosa, tragen zu den unterschiedlichen Färbungen bei. Farbdifferenzen sollten daher also weniger auffallen. Dieser Unterschied wurde eventuell auch durch das Versuchsprotokoll mit verursacht. In der ursprünglichen Studie,

in der der Schwellenwert an den Zähnen ermittelt wurde, verglichen die Testpersonen im klinischen Alltag die Farbe von Rekonstruktionen mit der Farbe der natürlichen Zähne¹⁹. In der vorliegenden Studie wurden die Abweichungen jedoch in standardisierten Präsentationen auf Fotografien gezeigt. Zur weiteren Abklärung des hier Vorgestellten und von Resultaten früherer¹⁵ Beobachtungen sind noch weitere Studien erforderlich.

Schlussfolgerungen

In der hier vorgestellten Studie zeigten Laien, Zahntechniker und Zahnärzte bei der Wahrnehmung von Farbdifferenzen der Gingiva unterschiedliche Schwellenwerte. Insgesamt lag die Wahrnehmungsschwelle für Farbdifferenzen der Gingiva bei $\Delta E = 3,1 \pm 1,5$. Dieser Wert liegt unter dem ursprünglich veröffentlichten Wert, der als Wahrnehmungsschwelle für Farbveränderungen an Zähnen gilt.

Danksagung und Interessenerklärung

Diese Studie wurde von der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und zahnärztliche Materialkunde an der Universität Zürich finanziert. Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hammerle CH, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(suppl 4):4–31.
2. 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.
3. 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.
4. Ishikawa-Nagai S, Da Silva JD, Weber HP, Park SE. Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:575–580.
5. 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.
6. Canullo L. Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single-implant restorations. *Int J Prosthodont* 2007;20:489–493.
7. Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent* 2008;99:361–368.
8. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Da Silva JD, Miller L. Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 1: Analysis and interpretation of tooth color. *J Esthet Restor Dent* 2010;22:42–52.
9. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819–822.
10. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979;4:83–91.
11. Benic GI, Wolleb K, Sancho-Puchades M, Hammerle CH. Systematic review of parameters and methods for the professional assessment of aesthetics in dental implant research. *J Clin Periodontol* 2012;39(suppl 12):160–192.
12. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:81–90.
13. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol* 1996;23:971–973.
14. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, Da Silva JD. Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *J Dent* 2009;37(suppl 1):e57–e63.
15. Paniz G, Bressan E, Stellini E, Romeo E, Lops D. Correlation between subjective and objective evaluation of peri-implant soft tissue color [published ahead of print June 10, 2013]. *Clin Oral Implants Res* 2014;25:992–996.
16. An KY, Lee JY, Kim SJ, Choi JI. Perception of maxillary anterior esthetics by dental professionals and laypeople and survey of gingival topography in healthy young subjects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;29:535–541.
17. Flores-Mir C, Silva E, Barriga MI, Lagraverre MO, Major PW. Lay person's perception of smile aesthetics in dental and facial views. *J Orthod* 2004;31:204–209; discussion 201.
18. Gehrke P, Lobert M, Dhom G. Reproducibility of the pink esthetic score—Rating soft tissue esthetics around single-implant restorations with regard to dental observer specialization. *J Esthet Restor Dent* 2008;20:375–384; discussion 385.
19. Kokich VO, Jr., Kiyak HA, Shapiro PA. Comparing the perception of dentists and lay people to altered dental esthetics. *J Esthet Dent* 1999;11:311–324.