



Farbstabilität von Farbskalen nach Autoklavierung



Max Schmeling, DDS, MS, PhD¹
Neimar Sartori, DDS, MS, PhD²
Sylvio Monteiro, Jr., DDS, MS, PhD³
Luiz Baratieri, DDS, MS, PhD³

In dieser Studie wurde der Einfluss von 120 Autoklavierungszyklen auf die Farbstabilität von zwei handelsüblichen Farbskalen (Vita Classical und Vita System 3D-Master) untersucht. Die Farbstäbchen wurden vor und nach den Sterilisationszyklen mit einem Spektrofotometer untersucht. Die Farbe wurde anhand des dreidimensionalen CIELab-Systems angegeben. Die vor und nach dem Autoklavieren ermittelten drei Farbkoordinaten wurden statistisch mit dem t-Test für gepaarte Stichproben ausgewertet. Alle Farbstäbchen wurden durch die Autoklavierung dunkler. Außerdem tendierten die Farbstäbchen von Vita Classical in den Rot- und die des Vita System 3D-Master in den Gelbbereich. Die wiederholten Autoklavierungszyklen verursachten eine statistisch signifikante Veränderung der Farbkoordinaten auf zwei Farbskalen. Diese Unterschiede wurden jedoch als klinisch nicht relevant eingestuft. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34:657–661.)

Visuelle Betrachtungen sind eine Interaktion zwischen drei grundsätzlichen Elementen: einer Lichtquelle, einem Objekt und dem Betrachter¹. Die von einer Lichtquelle abgegebene Lichtenergie wird von dem Objekt durchgelassen oder zum Auge des Betrachters reflektiert. Das Auge fängt die physikalische Energie auf und wandelt sie in Nervenimpulse um, die vom Gehirn als Farbe interpretiert werden. Aufgrund der Visualisierung und Interpretation durch das Gehirn ist die Farbwahrnehmung selbst dann ein komplexer und subjektiver Vorgang, wenn die Lichtquelle und das Objekt standardisiert sind^{1–3}.

Obwohl in mehreren Studien die Subjektivität der visuellen Farbauswahl festgestellt wurde, ist der visuelle Vergleich der natürlichen Zähne mit Farbskalen in der ästhetisch-restaurativen Zahnheilkunde das meistverwendete Verfahren für die Auswahl der Zahnfarbe^{4–7}. Vor Kurzem wurde berichtet, dass dazu am häufigsten die Farbskalen Vita Classical (VC, Vita Zahnfabrik) und Vita 3D-Master (V3DM, Vita Zahnfabrik) verwendet werden^{8,9}. Obwohl beide Farbskalen von demselben Hersteller stammen, unterscheiden sie sich vor allem bezüglich der Farbstäbchen, die bei der VC nach dem Farbton und in der V3DM nach dem Farbwert angeordnet sind^{8,9}.

¹ Postgraduate Student, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasilien.

² Assistenzprofessor, Division of Restorative Sciences, Ostrow School of Dentistry, University of Southern California, Los Angeles, California, USA.

³ Professor, Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasilien.

Korrespondenz an: Max Schmeling, Pós graduação em Dentística Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Ciências da Saúde, Campus Trindade s/n, Florianópolis, SC, Brasilien. CEP: 88040-900



Abb. 1 Farbskala Vita Classical.



Abb. 2 Farbskala Vita 3D-Master.

für jede Farbskala sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Farbevaluation

Die Farbevaluation erfolgte mit einem intraoralen Spektrofotometer (Vita Easyshade, Vita Zahnfabrik) vor und nach den Sterilisationszyklen (Abb. 3). Die Wellenlängen von 400 bis 700 nm wurden gemäß den Herstellerangaben kalibriert. Um relative Abweichungen seitens des Geräts und des Untersuchers auszuschließen, wurde jedes Farbstäbchen dreimal hintereinander untersucht. Die Farbe wurde als Mittelwert dieser Messungen berechnet und nach dem CIELab-System angegeben¹⁹.

In diesem System¹⁹ wird die Farbe eines Gegenstands an drei aufeinander bezogenen und sich kreuzenden Achsen bestimmt. Die L*-Achse ist die achromatische Koordinate oder Helligkeit des Objekts mit einem Bereich von 0 (absolut schwarz) bis 100 (absolut weiß). Die a*- und b*-Achse zeigen die dreidimensionale Lage des Objekts im Farbraum. Die a*-Achse entspricht dem Rot- (positiver a*-Wert) oder Grünanteil (negativer a*-Wert), die b*-Achse dem Gelb- (positiver b*-Wert) oder Blauanteil (negativer b*-Wert).

Um sicherzustellen, dass alle Evaluationen unter denselben Verhältnissen erfolgten und um den Einfluss der Beleuchtung zu reduzieren, wurde für jede Farbskala eine Haltevorrichtung aus Stahl angefertigt. Die Vorrichtungen waren jeweils zylindrisch und bestanden aus einer Basis und einem Deckel (Abb. 4). Die Basis besaß eine konkave Aussparung (Durchmesser 6 mm, Höhe 4 mm), die nach Herstellerangaben mit schwerem Silikon (Virtual Putty, Ivoclar Vivadent) aufgefüllt wurde. Dann wurde von jeder Farbskala ein Farbstäbchen zufällig ausgewählt und so in das verform-

Tabelle 1		Proben
Farbskala	Ausgewählte Farbstäbchen	Charge
Vita Classical	A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, B4	B027C
Vita 3D-Master	2M1, 2M2, 3M2, 3R2.5, 4M2, 1M1, 2L1.5, 3L2.5, 3M3	B360A

Bei der Farbauswahl sollten Farbskalen unabhängig von Modell und Hersteller möglichst dicht neben die Zähne des Patienten, die als Referenz für die Farbe der Restauration dienen, gehalten werden¹⁰⁻¹². Die Farbstäbchen kommen so in Kontakt mit den pathogenen Mikroorganismen aus Speichel und Aerosolen. Anschließend muss eine Kreuzkontamination verhindert werden.

Dazu stehen zahlreiche chemische und physikalische Sterilisations- und Desinfektionsverfahren zur Verfügung. Bei der Sterilisation werden alle Mikroorganismen von einer Oberfläche entfernt oder inaktiviert. Mehrere Autoren¹³⁻¹⁵ empfehlen das Autoklavieren als das Sterilisationsverfahren der Wahl für dentale Instrumente. Das Autoklavieren, bei dem die Sterilisation durch feuchte Hitze bei hohem Druck erfolgt, hat anderen Verfahren gegenüber den Vorteil, dass es nützlich, preiswert und praktisch ist¹³⁻¹⁵.

Farbskalen werden bei der Anfertigung ästhetischer Restaurationen oft hinzugezogen. Auch die Sterilisation im Autoklav ist ein vorherrschendes Verfahren in der dentalen Praxis zur

Kontrolle von Kreuzkontaminationen. Trotz dieser Tatsachen gibt es bislang keine Studie über den Einfluss des Autoklavierens auf die Farbstabilität der Farbskalen. Daher wurde in der vorliegenden Studie untersucht, wie sich 120 Autoklavierungszyklen auf die Farbstabilität von zwei Farbskalen auswirken. Die untersuchte Nullhypothese besagt, dass die Sterilisationszyklen keine Farbveränderungen hervorrufen.

Material und Methode

Auswahl der Farbstäbchen

In dieser Studie wurden die Farbskalen VC und V3DM (Abb. 1 und 2) untersucht. Da in früheren Studien¹⁶⁻¹⁸ ermittelt wurde, dass die Farbtöne A (braun) und B (gelb) der VC bei den humanen Zähnen am häufigsten sind, wurden sie repräsentativ ausgewählt. Die ausgewählten Farbstäbchen der V3DM und der VC entsprachen einander auf der Farbkonversionstabelle des Herstellers. Die ausgewählten Farbstäbchen und Chargennummern

bare Material in der Basis gedrückt, dass seine Labialfläche sichtbar blieb war. Nach Polymerisierung des Abformmaterials wurde das Referenzfarbstäbchen entfernt, womit für die Farbstäbchen beider Skalen eine jeweils passende Schablone vorhanden war. Nach dem Einsetzen eines Farbstäbchens wurde der Deckel auf die Haltevorrichtung gelegt, sodass die Messspitze des Spektrofotometers durch das zentrale Loch über dem mittleren Drittel des Farbstäbchens eingeführt werden konnte (Abb. 5). Diese Position wurde gewählt, um die Transluzenz im inzisalen Drittel und den niedrigen Wert im zervikalen Drittel zu umgehen^{20,21}.



Abb. 3 (links) Vita Easyshade Spektrofotometer.

Abb. 4 (unten) Haltevorrichtung aus Stahl (Basis und Deckel).

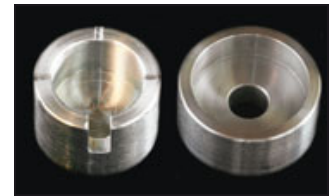


Abb. 5 Einlegen eines Farbstäbchens in die Vorrichtung.

Autoklavierung

Die Sterilisationszyklen wurden mit der Einstellung des Autoklavs für die Sterilisation von eingepackten Instrumenten (121 °C; 15 psi) durchgeführt. Die Farbstäbchen wurden eingepackt (fünf Farbstäbchen je Packung; 18 Packungen je Sterilisationszyklus) und die Hüllen nach jedem Sterilisationszyklus verworfen. Jeder Zyklus dauerte 40 min (10 min Aufheizen, 20 min Sterilisation und 10 min Trocknen). Die Temperatur des Autoklavs wurde bei jedem Zyklus durch Beobachten der Digitalanzeige und jeweils nach 10 Zyklen durch eine chemische Kontrolle überprüft.

Evaluation der Farbunterschiede

Von jedem Farbstäbchen wurden fünf Exemplare (n = 5) verwendet und mithilfe einer runden Spitze im Hochgeschwindigkeitshandstück auf der Rückseite des Metallstabs durchnummeriert (1 bis 5), um individuelle Ergebnisse zu erreichen. Um die Farbunterschiede zu evaluieren, wurden

die Messungen durch Berechnung des Farbabstands ΔE^* nach folgenden Gleichungen analysiert²²:

$$\Delta E^* = ([\Delta L^*]^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

Dabei sind:

$$\Delta L^* = L^*1 - L^*2$$

(Unterschied der Koordinate L^* zwischen den Punkten 1 und 2)

$$\Delta a^* = a^*1 - a^*2$$

(Unterschied der Koordinate a^* zwischen den Punkten 1 und 2)

$$\Delta b^* = b^*1 - b^*2$$

(Unterschied der Koordinate b^* zwischen den Punkten 1 und 2)

Zur Verifizierung der klinischen Signifikanz der Ergebnisse wurde ein $\Delta E^* < 1$ als für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar gesetzt. Bei $1 < \Delta E < 3,3$ war der Farbabstand für einen erfahrenen Untersucher sichtbar, aber akzeptabel. Ein $\Delta E^* > 3,3$ galt als von einem Laien wahrnehmbar und damit als klinisch inakzeptabel²². Alle CIE Lab-Farbkoordinaten aller Farbstäbchen vor und nach den Sterilisationszyklen wurden mit dem t-Test für gepaarte Stichproben analysiert.

Ergebnisse

Die Farbparameter der Farbstäbchen vor und nach den 120 Zyklen im Autoklav sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Die Farbunterschiede der Farbstäbchen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst. Alle Farbstäbchen wiesen nach den 120 Sterilisationszyklen Farbabweichungen auf.

Gemäß dem t-Test für gepaarte Stichproben wurden alle Farbstäbchen dunkler. Darüber hinaus zeigten die Farbstäbchen der Vita Classical eine Rot- sowie die Farbstäbchen der Vita 3D-Master eine Gelbtendenz.

Diskussion

Da in dieser Studie alle untersuchten Farbstäbchen nach den Sterilisationszyklen Farbänderungen aufwiesen, wurde die Nullhypothese widerlegt. Erklären lassen sich diese Farbänderungen durch das Einwirken der feuchten Hitze unter hohem Druck. Einige der Unterschiede waren für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar ($\Delta E^* < 1$; VC: A2, A3, A4; V3DM: 3M3), andere waren nur für

Tabelle 2 Die CIELab-Daten als Mittelwerte (Standardabweichung)

Farbstäbchen	Vor der Sterilisation			Nach 120 Sterilisationszyklen		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A1	82,5 (1,0)	-0,7 (0,2)	14,4 (0,6)	80,5 (0,9)	-0,4 (0,1)	15,4 (0,6)
A2	78,9 (0,8)	0,7 (0,1)	21,2 (0,6)	78,1 (1,1)	0,9 (0,1)	21,5 (0,5)
A3	75,4 (0,6)	1,1 (0,2)	21,8 (1,2)	74,7 (0,5)	1,1 (0,2)	21,6 (0,5)
A3.5	75,4 (0,4)	1,1 (0,2)	21,8 (0,4)	72,2 (0,3)	2,1 (0,3)	26,8 (0,2)
A4	68,5 (0,4)	3,0 (0,1)	26,8 (0,7)	67,8 (0,4)	3,0 (0,2)	26,8 (0,6)
B1	81,2 (0,8)	-1,7 (0,1)	12,4 (0,6)	80,0 (0,7)	-1,4 (0,1)	13,1 (0,6)
B2	79,9 (0,3)	-0,9 (0,1)	19,4 (0,4)	78,8 (0,4)	-0,7 (0,1)	19,7 (0,5)
B3	74,6 (0,7)	0,6 (0,1)	25,9 (1,4)	73,4 (0,5)	0,7 (0,2)	25,9 (1,4)
B4	75,8 (0,4)	0,8 (0,2)	28,7 (0,8)	74,5 (0,5)	1,0 (0,2)	28,4 (0,8)
2M1	80,1 (0,5)	0,2 (0,1)	14,4 (0,9)	78,4 (0,3)	0,3 (0,1)	15,0 (0,2)
2M2	79,8 (0,7)	0,2 (0,1)	20,5 (0,6)	78,2 (0,5)	0,3 (0,1)	20,6 (0,6)
3M2	75,0 (0,6)	1,4 (0,1)	23,2 (0,6)	73,5 (0,4)	1,5 (0,1)	23,6 (0,5)
3R2.5	75,1 (1,1)	2,3 (0,6)	26,7 (1,2)	73,3 (0,7)	2,6 (0,2)	27,6 (1,9)
4M2	70,1 (0,5)	2,9 (0,2)	25,8 (0,8)	68,8 (0,6)	2,9 (0,2)	25,7 (0,8)
1M1	84,3 (0,7)	-0,6 (0,0)	11,8 (0,7)	82,8 (0,6)	-0,4 (0,1)	12,2 (0,7)
2L1.5	80,5 (0,7)	-0,7 (0,1)	18,0 (0,3)	78,9 (0,4)	-0,5 (0,1)	18,0 (0,5)
3L2.5	74,9 (0,5)	0,9 (0,2)	27,0 (1,1)	73,2 (0,8)	1,7 (0,3)	27,3 (1,3)
3M3	74,7 (0,9)	2,0 (0,4)	29,1 (1,7)	73,8 (0,8)	1,7 (0,3)	29,6 (1,8)

das geübte Auge zu erkennen ($1 < \Delta E < 3,3$; VC: A1, A3.5, B1, B2, B3, B4; V3DM: 2M1, 2M2, 3M2, 3R2.5, 4M2, 1M1, 2L1.5, 3L2.5). Keines der Farbstäbchen zeigte eine klinisch inakzeptable Farbänderung ($\Delta E^* > 3,3$).

Die Veränderungen der Farbskalen nach dem Autoklavieren können zur Auswahl ungeeigneter Komposite (direkte restaurative Behandlung) und zur Weitergabe einer falschen Farbe an den Keramiker (indirekte restaurative Behandlung) führen. Trotz der ästhetischen Bedeutung dieser Ergebnisse ist die Kontrolle der Kreuzkontamination zweifelsohne ein entscheidender Schritt bei der Farbauswahl und Herstellung einer Versorgung.

Die Kontrolle von Mikroorganismen und ihres Wachstums ist ein wichtiger Aspekt im klinischen Alltag. Gemäß der Leitlinien der United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA) gelten Farbskalen als teilweise bedenkliche Instrumente, die gemäß der Intermediate-Level-Leitlinien der Environmental Protection Agency desinfiziert werden können. Diese Aussage basiert auf dem Umstand, dass Farbskalen Kontakt mit intakten Schleimhäuten sowie gelegentlich mit Hautverletzungen haben^{23,24}.

Es gibt jedoch Situationen, in denen sich der Arzt sicherer fühlt, wenn er für die Sterilisation einen Autoklav einsetzt. Dafür müssen zunächst Typ und Menge der Mikroorganismen

berücksichtigt werden. Mikroorganismen mit ausgeprägten Resistenzen sowie große Mengen von Mikroorganismen lassen sich nicht mit einfachen Maßnahmen entfernen. Zudem sind die zahlreichen auf dem Markt verfügbaren chemischen Substanzen verwirrend, da bei der Sterilisation ausreichende Kontaktzeiten und Konzentrationen eingehalten werden müssen²⁴. Diese Vielfalt kann Toxizitäten²⁵, Beschädigungen der Instrumente²⁶ und eine unzureichende Wirkung auf bestimmte Mikroorganismen verursachen.

Ein weiterer wichtiger Vorteil des Autoklavierens gegenüber der chemischen Sterilisation ist die Möglichkeit der Überwachung. Es gibt keine biologischen Tests, mit denen die Effektivität einer chemischen Sterilisation im klinischen Alltag überprüft werden kann, während es mehrere Optionen zur Kontrolle des Autoklavierens gibt¹⁴. Das Display erlaubt eine einfache und zuverlässige Kontrolle von Zyklusdauer, Temperatur und Druck, sofern das Gerät regelmäßig kalibriert und validiert wird. Auch eine chemische Überwachung z. B. mit Autoklavstreifen oder -klebeband ist möglich. Sie zeigen durch einen Farbwechsel an, dass im Autoklavierungszyklus das korrekte Ergebnis erzielt wurde¹³.

Die Anzahl der durchgeführten Sterilisationszyklen in dieser Studie wurde durch das Silikon eingeschränkt, das in der Haltevorrichtung verwendet wurde. Es ist nach Herstellerangaben drei Wochen lang formstabil und stellt die korrekte Position der Messspitze des Spektrofotometers sicher. Der Umstand, dass ΔE^* in keinem Fall $> 3,3$ lag, lässt sich durch die kleine Anzahl von Sterilisationszyklen erklären. Mit zunehmender Anzahl der Zyklen ist jedoch ein derartiger Farbabstand zu erwarten. Um dies zu bestätigen, sind weitere Studien mit mehr Sterilisationszyklen erforderlich.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie zeigen, dass wiederholte Autoklavierungszyklen bei beiden Farbskalen zu statistisch signifikanten Farbveränderungen führten. Allerdings sind diese Unterschiede klinisch nicht relevant.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

- Wyszecki G, Stiles WS. Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 2000.
- Chu SJ, Devigus A, Mieslesko AJ. Color theory. In: Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry. Chicago: Quintessence, 2004.
- Joiner A. Tooth color: A review of the literature. J Dent 2004;32(suppl 1):3–12.
- Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrumental shade matching. J Prosthet Dent 1998;80:642–648.
- Chu SJ, Tarnow DP. Digital shade analysis and verification. A case report and discussion. Pract Proced Aesthet Dent 2001; 13:129–136.
- Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade of human teeth. J Dent Res 2002; 81:578–582.
- van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. J Prosthet Dent 1990;63:155–162.
- Oh WS, Koh IW, O'Brien WJ. Estimation of visual shade matching errors with 2 shade guides. Quintessence Int 2009;40:833–836.
- Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: A review. Dent Mater 2011;27:97–108.
- Paravina RD, Powers JM. Esthetic Color Training in Dentistry. St Louis: Elsevier/Mosby, 2004.
- Baratieri LN, Araújo EM Jr, Monteiro S Jr. Basic fundamentals and restorative protocol for the use of composite resins in anterior teeth. In: Composite Restorations in Anterior Teeth: Fundamentals and Possibilities. Chicago: Quintessence, 2005.
- Fondriest J. Master's technique level: Shade matching a single maxillary central incisor. Quintessence Dent Technol 2005;28:215–225.
- Burke FTJ, Coulter WA, Cheung SW, Palenik CJ. Autoclave performance and practitioner knowledge of autoclave use: A survey of selected UK practices. Quintessence Int 1998;29:231–238.
- Healy CM, Kearns HPO, Coulter WA, Stevenson WA, Burke FJT. Autoclave use in dental practice in the Republic of Ireland. Int Dent J 2004;54:182–186.
- Bhatnagar S, Bagga DK, Sharma P, Kumar P, Rakesh S, Singh V. Infection control strategy in orthodontic office. Eur J Gen Dent 2013;2(1):1–7.
- Yamamoto M. The value conversion system and a new concept for expressing the shades of natural teeth. Quintessence Dent Technol 1992;19:9.
- Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. J Prosthet Dent 2000;64:425–431.
- Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations. Quintessence Int 2006;37:91–102.
- Comission Internationale de L'Eclairage. Colorimetry, Official Recommendations of the International Commission on Illumination. Publication CIE No. 15 (E1.3.1). Paris: Bureau Central de la CIE, 1971.
- Hasegawa A, Ikeda I, Kavaguchi S. Color and translucency of natural central incisors. J Prosthet Dent 2000;83:418–423.
- Dozic A, Kleverlaan CJ, Aartman IH, Feilzer AJ. Relation in color of three regions of vital human incisors. Dent Mater 2004;20:832–838.
- Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater 1987;3:246–251.
- Pohjola RM, Hackman ST, Browning WD. Evaluation of a standard shade guide for color change after disinfection. Quintessence Int 2007;38:671–676.
- da Silva FC, Kimpara ET, Mancini MN, Balducci I, Jorge AO, Koga-Ito CY. Effectiveness of six different disinfectants on removing five microbial species and effects on the topographic characteristics of acrylic resin. J Prosthodont 2008;17:627–633.
- Angelillo IF, Bianco A, Nobile CG, Pavia M. Evaluation of the efficacy of glutaraldehyde and peroxygen for disinfection of dental instruments. Lett Appl Microbiol 1998;27:292–296.
- Bell JA, Brockmann MS, Feil P, Sackvich DA. The effectiveness of two disinfectants on denture base acrylic resin with an organic load. J Prosthet Dent 1989;61:581–589.

Tabelle 3		Mittlere Farbunterschiede Vita Classical							
Farb- stäbchen	A1	A2	A3	A3.5	A4	B1	B2	B3	B4
ΔE^*	1,8	0,7	0,7	1,5	0,6	1,1	1,0	1,2	1,6

Tabelle 4		Mittlere Farbunterschiede Vita 3D-Master							
Farb- stäbchen	2M1	2M2	3M2	3R2.5	4M2	1M1	2L1.5	3L2.5	3M3
ΔE^*	1,6	1,8	1,4	1,3	1,3	2,0	1,6	1,5	0,7