

ORİJİNAL ARAŞTIRMA

Original Article

Yazışma adresi
Correspondence address

Mustafa AYATA
Ortoperi Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği,
Kayseri, Türkiye

dt.mustafaayata@gmail.com

Geliş tarihi / Received : 04 Mart 2025
Kabul Tarihi / Accepted : 19 Mart 2025

Bu makalede yapılacak atıf
Cite this article as

Albayrak H., Ayata M., Erbaş T.,
Diş hekimliğinde kullanılan iki farklı
renk skalasının CIELAB değerleri ve
renk farklılıklarının analizi

Akd Diş Hek 2025;4(1): 34-41

ID

Haydar ALBAYRAK
Erciyes Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı,
Kayseri, Türkiye

ID

Mustafa AYATA
Ortoperi Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği,
Kayseri, Türkiye

ID

Tuğçe ERBAŞ
Erciyes Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı,
Kayseri, Türkiye

Diş Hekimliğinde Kullanılan İki Farklı Renk Skalasının CIELAB Değerleri ve Renk Farklılıklarının Analizi

Analysis of CIELAB Values and Color Differences of Two Different Shade Guides Used in Dentistry

ÖZ

Amaç

Bu çalışma, yerel ve uluslararası üreticilere ait iki farklı renk skalasının (Eray Deluxe ve Vita Classical) renk parametrelerini karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntemler

Çalışmada, her iki markaya ait 10 adet renk skalası ($n = 10$) kullanılarak toplam 320 renk örneği değerlendirildi. Renk ölçümleri, standart ışık koşulları altında bir spektrofotometre ile gerçekleştirildi. Her bir renk numunesinden altı ölçüm alındı ve CIELAB renk uzayında L^* , a^* ve b^* değerleri kaydedildi. Renk farklılıkları, CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü kullanılarak hesaplandı. İstatistiksel analizler Kolmogorov-Smirnov testi, bağımsız örneklem t-testi ve Mann-Whitney U testi ile yapıldı ($\alpha = 0.05$).

Bulgular

Eray Deluxe renk skalasının ΔE değerleri, tüm renk gruplarında Vita Classical'a kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulundu ($P < 0.001$). En büyük fark D renk grubunda gözlenirken, en düşük fark A renk tonlarında saptandı. Eray Deluxe renk skalasının L^* değerleri D renk grubunda daha yüksek, a^* değerleri ise genel olarak daha düşük bulundu ($P < 0.05$). b^* ekseninde Eray Deluxe renk skalasının daha sarı tonlara sahip olduğu belirlendi. Klinik olarak en sık kullanılan renk tonlarında (A1, A2, A3, B1 ve B2) her iki renk skalası arasında anlamlı ΔE farkları tespit edildi.

Sonuçlar

Her iki renk skalasının da hedef renklere tam uyumlu olmadığı, ancak Vita Classical'ın daha düşük ΔE değerleriyle hedef renge daha yakın olduğu belirlendi. Klinik pratikte, renk seçiminde kullanılan skalalar arasındaki farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Sözcükler

Diş teknisyeni, Optik özellikler, Pigment varyasyonu, Renk uyumsuzluğu, Spektrofotometri

ABSTRACT

Aim

This study aims to compare the color parameters of two different dental shade guides from local and international manufacturers (Eray Deluxe and Vita Classical).

Material and Methods

A total of 320 shade samples from 10 shade guides of each brand ($n = 10$) were evaluated. Color measurements were performed under standard lighting conditions using a spectrophotometer. Each shade sample was measured six times, and the L^* , a^* , and b^* values were recorded in the CIELAB color space. Color differences were calculated using the CIEDE2000 (ΔE_{00}) formula. Statistical analyses were conducted using the Kolmogorov-Smirnov test, independent samples t-test, and Mann-Whitney U test ($\alpha = 0.05$).

Results

The ΔE values of the Eray Deluxe shade guide were significantly higher in all color groups compared to the Vita Classical guide ($P < 0.001$). The largest difference was observed in the D color group, while the smallest difference was found in the A color tones. The L^* values of the Eray shade guide were higher in the D color group, while the a^* values were generally lower ($P < 0.05$). On the b^* axis, the Eray shade guide exhibited more yellowish tones. Significant ΔE_{00} differences were detected between the two shade guides in the most commonly selected shades (A1, A2, A3, B1, and B2).

Conclusions

Neither shade guide perfectly matched the target colors, but the Vita Classical guide showed lower ΔE values, indicating a closer match to the target shades. In clinical practice, differences between shade guides should be considered.

Key Words

Color mismatch, Dental technician, Optical properties, Pigment variation, Spectrophotometry

GİRİŞ

Estetik beklentilerin arttığı günümüzde, diş hekimliği uygulamalarında doğal diş görünümünü yakalamak ve hastaya en uygun restorasyonu sunmak büyük önem taşımaktadır (1,2). Bu amaca ulaşmada kritik bir faktör ise, dişlerin rengini hassas bir şekilde belirlemek ve bu bilgiyi diş teknisyenine doğru bir şekilde iletmektir (3).

Renk seçiminde objektifliği artırmak ve tutarlılığı sağlamak için CIELAB renk uzayı kullanılmaktadır (4,5). Bu sistem, renkleri L (açıklık), a (kırmızı-yeşil) ve b (sarı-mavi) olmak üzere üç eksenle sayısal olarak ifade eder ve renk farklılıklarının nicel olarak belirlenmesini sağlar (6). Renk farkı hesaplamalarında CIE76 (ΔE) ve CIEDE2000 (ΔE_{00}) olmak üzere iki temel formül kullanılmaktadır (7). CIE76 (ΔE) formülü, en temel renk farkı hesaplama yöntemi olup L, a ve b değerleri arasındaki Öklidyen mesafeyi kullanır (8). Ancak, bu formül, insan gözünün renk algısındaki doğrusal olmayan değişimleri tam olarak yansıtamamaktadır (9). Bu eksiklikleri gidermek amacıyla geliştirilen CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü, renk farklarını insan gözünün algılama duyarlılığına daha uygun hale getirmiştir (9).

İki renk ölçümü arasındaki renk farkının algılanabilir veya kabul edilebilir olmasını değerlendirmiş birçok çalışma vardır ve farklı eşik değerleri bildirilmiştir (10-12). Paravina ve ark. (9) yapmış olduğu bir CIEDE2000 çalışmasına göre, %50 algılanabilirlik eşiği $\Delta E_{00} = 0.8$, %50 kabul edilebilirlik eşiği ise $\Delta E = 1.8$ olarak belirlenmiş olup, $\Delta E_{00} > 1.8$ değerleri estetik açıdan kabul edilemez olarak değerlendirilmiştir.

Son yıllarda dijital teknolojiye sahip cihazların geliştirilmesiyle birlikte, objektif ve tekrar edilebilir sonuçlar elde etmek amacıyla dijital ölçüm yöntemleri ön plana çıkmaya başlamıştır. Özellikle intraoral tarayıcılar ve spektrofotometreler gibi cihazlar, geleneksel görsel yöntemlerle kıyaslandığında daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır (13-15). Ancak, klinik pratikte geleneksel renk skalaları hala yaygın olarak tercih edilmektedir (4,6,16). Yerel ve uluslararası üreticilere ait çeşitli renk skalası diş hekimliği pratiğinde rutin olarak kullanılmaktadır. Bu skalalar arasında en yaygın kullanılanlardan biri Vita Classical renk skalasıdır ve klinik pratikte referans olarak kabul edilmektedir (17). Buna ek olarak, Vita Classical'a muadil yerli alternatifler de üretilmiştir. Ancak, bu skalalar arasında renk uyumsuzlukları klinik pratikte problemlere yol açabilir ve restorasyonun doğal dişlerle tam uyumlu üretilmesini zorlaştırabilir (1,18). Farklı üreticilere ait renk skalalarının kolorimetrik olarak değerlendirilmesi ve renk eşleşme doğruluklarının belirlenmesine yönelik çalışmalar (16,19) literatürde yer almaktadır. Ancak, referans olarak kabul edilen Vita Classical renk skalasıyla muadil yerli bir skalanın renk parametrelerini doğrudan karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yerel ve uluslararası üreticilere ait iki farklı renk skalasının renk parametrelerini karşılaştırmaktır. Çalışmanın ilk boş hipotezi, iki farklı markaya ait renk skalalarının renk tonu ayrımı yapılmadan ΔE_{00} , L^* , a^* ve b^* değerleri arasında anlamlı bir fark olmayacağı yönündedir. İkinci boş hipotez, iki farklı markaya ait renk skalalarının A, B, C ve D renk tonlarının içerisinde ΔE_{00} , L^* , a^* ve b^* değerleri arasında anlamlı bir fark olmayacağı yönündedir. Üçüncü boş hipotez, çok seçilen renk tonlarının (A1, A2, A3, B1 ve B2) ΔE_{00} değerlerinin iki skalada birbirinden farklı olmayacağı şeklindedir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

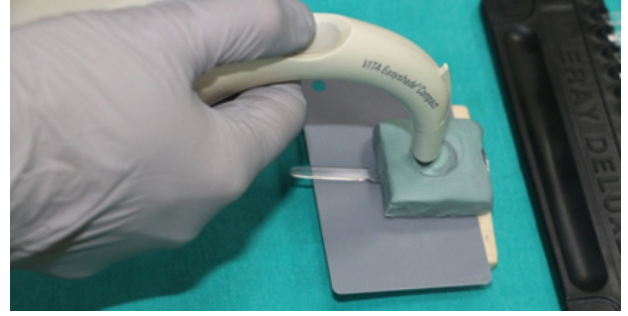
Bu *in vitro* çalışmada yerel bir üreticiye ait renk skalası (Eray Deluxe, Ankara, Türkiye) ile yaygın tercih edilen bir renk skalası (Vita Classical, Bad Säckingen, Almanya) kullanıldı (Şekil 1).



Şekil 1. Vita Classical ve Eray Deluxe renk skalalarının görünümü

Çalışmaya her bir markadan 10 adet ($n = 10$) toplamda 20 adet renk skalası dahil edildi. Her bir skala 16 renk örneğinden oluşuyordu. (A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D2, D3 ve D4) Toplamda 320 renk örneği için renk tespiti yapıldı.

Renk ölçümleri için bir spektrofotometre (VITA Easy-shade compact, Bad Säckingen, Almanya) cihazı kullanıldı. Tüm ölçümler tek bir operatör tarafından D65 standart aydınlatma altında ve 10° gözlemci açısıyla gri arka planda (Gri kart, SELENS CN GC-02: $L = 54.06$; $a = -0.28$; $b = -3.30$) gerçekleştirildi (20). Her bir renk örneği üzerinde ölçüm yapılacak yüzeyler temiz ve kuru hale getirildi. Spektrofotometre cihazı, ölçüm yapılacak yüzeye hafif bir baskı ile yerleştirildi ve cihazın stabil olması bir kalıp ile sağlandı. Ölçüm tamamlandığında cihaz, otomatik olarak renk sonuçlarını kaydetti ve bir sinyal ile ölçümün tamamlandığını bildirdi. Ölçümler, cihazın ekranında CIELAB renk uzayında L^* , a^* ve b^* değerleri olarak görüntülendi ve kaydedildi (Şekil 2).



Şekil 2. Gri zeminde renk numunelerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin ölçümünün yapılması

Spektrofotometre cihazının ölçüm ucunun çapı yaklaşık 6 mm iken, renk numunelerinin kron boyu yaklaşık 10 mm'dir. Gingival ve insizal bölgeden alınan ölçümler kron boyundaki tüm renk geçişleri kapsamaktadır. Bu nedenle, her bir renk örneği için insizal bölgeden üç kez, gingival bölgeden üç kez olmak üzere toplam 6 ölçüm gerçekleştirildi. Skalalardaki her bir renk numunesi için toplam 6 ölçümden elde edilen L^* , a^* ve b^* değerlerinin ortalaması alındı ve kaydedildi. Bu ölçümler her bir skaladaki toplam 16 renk örneği için ayrı ayrı gerçekleştirildi. Her bir renk örneğinin ölçümü yapılmadan önce spektrofotometre kalibre edildi.

Literatürde 16 hedef renk için kabul edilmiş L^* , a^* ve b^* değerleri Tablo 1 'de gösterilmiştir (21).

Tablo 1. Hedef renklerin L, a ve b değerleri

Hedef renk	L	a	b
A1	76,4	0,5	14
A2	73,7	1,3	18
A3	72,2	2,1	21,2
A3.5	68,8	2,8	23,6
A4	65,1	3,1	24,3
B1	75,1	-0,2	12,3
B2	74	0,5	17,9
B3	70,8	1,8	24,5
B4	69,8	1,8	25,4
C1	71,5	0,7	14,3
C2	68,5	1,2	19
C3	65,8	1,7	19,7
C4	61,8	2,9	22,8
D2	70,3	0,9	13,9
D3	68,5	2	17,6
D4	68,7	0,8	21,1

Her bir skaladaki tüm renk örneklerinin eşdeğer hedef renk ile arasındaki renk farkları (ΔE_{00}) CIEDE2000 formülü kullanılarak hesaplanmıştır (22):

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)}$$

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. İkili karşılaştırmalarda, normallik varsayımı sağlanan veriler için bağımsız örneklem t testi, sağlanmayan veriler için ise Mann-Whitney U testi kullanıldı. A, B, C ve D renk tonlarının tamamına göre, ΔE_{00} , L^* , a^* ve b^* parametreleri karşılaştırıldı. Ayrıca, en sık seçilen renk örneklerinin (A1, A2, A3, B1 ve B2) (23)

ΔE_{00} değerleri her iki skalada eşdeğeri ile karşılaştırıldı. Tüm analizler bir istatistik yazılımı ile (IBM SPSS Statistics 20) gerçekleştirildi ($\alpha = 0.05$).

BULGULAR

Eray renk skalasının ΔE_{00} değerleri, tüm renk gruplarında (A, B, C ve D) Vita Classical renk skalasına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($P < 0.001$). En büyük fark D renk tonlarında gözlenirken, en küçük fark A renk tonlarında tespit edilmiştir. İki skala arasındaki genel ortalama ΔE_{00} farkı 1.65 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Hedef renge göre olan ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

	Vita Classical Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Eray Deluxe Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Test İstatistiği	Ortalama Fark	P
A renk tonlarının tamamı	3,81±0,61 (3,72;2,75-5,46; 1,05)	4,71±0,69 (4,91;2,96-5,80; 0,94)	2091,0	-	0,000**
B renk tonlarının tamamı	3,72±0,4 (3,66; 3,06-4,72; 0,64)	4,89±0,99 (4,90;3,14-7,01; 1,8)	-6,788	-1,16	0,000*
C renk tonlarının tamamı	3,38±0,87 (3,21;2,33-7,92; 0,71)	5,06±0,64 (5,08;3,03-6,06; 0,93)	1530,0	-	0,000**
D renk tonlarının tamamı	3,33±0,52 (3,30;2,54-4,77; 0,76)	6,83±1,13 (7,03;3,37-8,42; 0,65)	874,0	-	0,000**
Toplam	3,59±0,66 (3,53;2,33-7,92; 0,73)	5,24±1,15 (5,10;2,96-8,42; 1,28)	-15,713	-1,65	0,000*

IQR: kartiller arası mesafe, SS: standart sapma, *Bağımsız örneklem t testine ait anlamlılık değeri, **Mann-Whitney U testine ait anlamlılık değeri

Klinikte en sık kullanılan renk tonlarında (A1, A2, A3, B1 ve B2) Vita Classical ve Eray renk skalaları arasında ΔE_{00} farkları anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). A1, A2, A3 ve B1 renk tonlarında Eray skalasının ΔE_{00} değerleri daha yüksek bulunurken, B2 tonunda ise Vita Classical'ın ΔE_{00} değeri daha yüksek bulunmuştur. En büyük farklar A1 (-1.52) ve B1 (-1.47) renk tonlarında gözlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. En sık seçilen renk tonlarında hedef renge göre olan ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

	Vita Classical Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Eray Deluxe Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Test istatistiği	Ortalama fark	P
A1	3,11±0,25 (3,07; 2,75-3,58;0,37)	4,63±0,26 (4,55;4,31-5,16;0,39)	-13,433	-1,52	0,000*
A2	4,24±0,54 (4,36;3,28-4,9;0,99)	5,08±0,34 (5,04;4,51-5,8;0,4)	-4,145	-0,84	0,001*
A3	4,44±0,41 (4,39;3,92-5,46;0,36)	5,08±0,50 (5,14;3,77-5,55;0,37)	18,000	-	0,016**
B1	3,76±0,48 (3,70;3,11-4,62; 0,73)	5,23±0,38 (5,22;4,73-5,86;0,64)	-7,556	-1,47	0,000001*
B2	3,94±0,38 (3,88; 3,41-4,72;0,51)	3,55±0,26 (3,59;3,14-3,89;0,38)	2,672	0,39	0,016*

IQR: Kartiller arası mesafe, SS: standart sapma, *Bağımsız örneklem t testi anlamlılık değeri, **Mann Whitney u testi anlamlılık değeri

A, B ve C renk gruplarında iki renk skalası arasında L değerleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). Ancak, D renk grubunda Eray skalasının L değerleri Vita Classical'a kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($P < 0.001$) (Tablo 4).

Tablo 4. L değerlerinin karşılaştırılması

	Vita Classical Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Eray Deluxe Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Test istatistiği	Ortalama Fark	P
A renk tonlarının tamamı	76,23±4,28 (78,02;68,38-81,36;6,32)	76,92±4,59 (78,21;70,13-83,83;8,57)	1402,5	-	0,293**
B renk tonlarının tamamı	77,25±2,54 (77,14;73,28-81,43;4,98)	78,16±2,88 (78,35;73,87-83,20;5,81)	884,000	-	0,419**
C renk tonlarının tamamı	70,69±3,89 (70,58;64,20-76,73;7,68)	72,38±3,62 (71,43;67,4-78,33;7,23)	983,5	-	0,077**
D renk tonlarının tamamı	73,28±1,34 (73,11;71,45-75,5-2,67)	77,67±2,09 (77,30;71,47-80,63;3,19)	9,678	4,38	0,000*
Toplam	74,55±4,25 (74,47;64,20-81,43;6,43)	76,23±4,21 (77,30;67,40-83,83;6,69)	10270,0	-	0,002**

IQR: Kartiller arası mesafe, SS: standart sapma, **Mann Whitney U testi anlamlılık değeri

Eray renk skalasının a değerleri Vita Classical'a kıyasla anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur ($P < 0.001$). Özellikle A, C ve D renk gruplarında bu fark belirgin olarak tespit edilmiştir. B renk tonlarında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($P > 0.05$) (Tablo 5).

Tablo 5. a değerlerinin karşılaştırılması

	Vita Classical ortalama±SS (Medyan;Min-Max;IQR)	Eray Deluxe ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Test istatistiği	P
A renk tonlarının tamamı	1,72±1,30 (1,42;-0,3-3,45;2,1)	0,93±1,62 (0,15;-0,97-4,2;2,67)	841,0	0,005**
B renk tonlarının tamamı	0,36±0,97 (0,66;-1,12-1,93;1,69)	0,11±1,45 (0,44;-2,15-2,83;2,20)	646,0	0,138**
C renk tonlarının tamamı	1,11±0,98 (1,15;-0,28-2,92;1,69)	-0,16±0,97 (0,85;-1,73-1,18;1,94)	337,0	0,000**
D renk tonlarının tamamı	0,67±0,44 (0,69;-0,09-1,22-0,84)	-0,68±0,61 (0,46;-1,95-0,07;1,02)	6,000	0,000**
Toplam	1,03±1,14 (1,08;-1,12-3,45;1,48)	0,15±1,40 (-0,17;-2,15-4,2;1,76)	7.310,0	0,000**

IQR: Kartiller arası mesafe, SS: standart sapma, **Mann Whitney U testi anlamlılık değeri

Eray renk skalasının b değerleri Vita Classical'a kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($P < 0.001$). B ($P < 0.05$) ve C ($P < 0.001$) renk tonlarında anlamlı farklılıklar saptanırken, A ve D renk grubunda bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P > 0.05$) (Tablo 6).

Tablo 6. b değerlerinin karşılaştırılması

	Vita Classical Ortalama±SS (Medyan;Min-Max;IQR)	Eray Deluxe Ortalama±SS (Medyan;Min-Max; IQR)	Test istatistiği	P
A renk tonlarının tamamı	19,59±3,82 (20,06;12,15-24,5;5,05)	21,87±5,73 (20,56;13,23-31,97;10,93)	1015,0	0,105**
B renk tonlarının tamamı	18,55±5,46 (19,67;10,11-26,5;11,37)	22,48±8,74 (23,025;9,96-39,2;17,07)	541,0	0,013**
C renk tonlarının tamamı	17,25±3,31 (17,28;11,98-28,33;3,36)	21,36±2,86 (21,58;15,25-26,92;4,73)	254,5	0,000**
D renk tonlarının tamamı	16,64±2,34 (17,32;12,63-20,05-4,69)	17,27±3,23 (17,49;12,73-25,73;5,46)	394,0	0,408**
Toplam	18,19±4,10 (18,24;10,11-28,33;6,51)	21,03±6,01 (20,19;-9,96-39,2;8,45)	9.453,0	0,000**

IQR: kartiller arası mesafe, SS: standart sapma, **Mann Whitney u testi anlamlılık değeri

TARTIŞMA

Bu çalışmada, Vita Classical ve Eray Deluxe renk skalalarının hedef renge göre olan ΔE_{00} değerleri, CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü kullanılarak analiz edilmiştir. CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü kullanılarak hesaplanan ΔE_{00} değerleri arasında en az 0.8 birimlik bir farkın olması algılanabilir, en az 1.8 birimlik fark olması ise kabul edilebilirlik eşik değerleri olarak Pravina ve arkadaşları tarafından önerilmiştir (9). Vita Clasiccal ve Eray Deluxe renk skalalarının hedef renge göre hesaplanmış ΔE_{00} değerleri sırasıyla 3.59 ± 0.66 ve 5.24 ± 1.15 'tir. Bu durumda her iki skala toplam skorlar üzerinden değerlendirildiğinde hedef renkle kabul edilebilir uyuma sahip değildir. Ancak, toplam skorlar üzerinden hesaplanan ΔE_{00} değerleri karşılaştırıldığında, Vita Classical skalasının ΔE_{00} değerleri Eray Deluxe skalasından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür ($P < 0,001$). ΔE_{00} için boş hipotez reddedilmiştir. İki skala arasındaki ortalama ΔE_{00} fark değeri 1,65 dir. Bu değer algılanabilir eşiğin üzerindeyken her iki araştırmacıya göre kabul edilebilir eşiğin altında kalmaktadır. Vita classical renk skalasının hedef renge Eray Deluxe'ten istatistiksel olarak anlamlı ve algılanabilir seviyede daha yakın renk değerleri sergilediği söylenebilir (Tablo 2).

Bu çalışmanın bulguları, literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Tabatabaian ve ark. (24) renk belirleme yöntemlerinin doğruluğunu ve tutarlılığını inceledikleri derleme çalışmalarında, dijital yöntemlerin görsel yöntemlere kıyasla daha güvenilir olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Abu-Hossin ve arkadaşları (25), intraoral tarayıcılar ve görsel renk belirleme yöntemlerini karşılaştırmış ve dijital yöntemlerin tekrarlanabilirliğinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan Vohra ve ark. (26) ile Lee ve Kim (14), intraoral tarayıcıların ve dijital kameraların renk belirlemedeki doğruluğunu değerlendirmiş, bu cihazların renk seçiminde kabul edilebilir doğruluk sunduğunu, ancak yine de görsel doğrulamanın önemini vurgulamışlardır. Çalışmamızda elde edilen, Vita Classical ve Eray Deluxe skalaları arasındaki farkların klinik uygulamalarda göz ardı edilmemesi gerektiği bulgusu, Hein ve arkadaşları (27) ile paralellik göstermekte olup, farklı renk skalalarının ve cihazların klinik uyumda belirgin farklılıklara yol açabileceğini desteklemektedir. Bu doğrultuda, geleneksel renk skalalarıyla yapılan görsel değerlendirmelerin dijital yöntemlerle desteklenmesi, klinik uygulamalarda daha başarılı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayabilir.

Her bir renk tonu içerisinde Vita Classical renk skalası Eray Deluxe renk skalasından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük ΔE_{00} değeri sergilediği için ikinci boş hipotez de reddedilmiştir. A, B ve C renk tonunda iki skalanın medyan ΔE_{00} değerleri arasındaki fark (Tablo 2) algılanabilir eşiğin üzerindeyken D renk tonunda kabul edilebilir eşiğin üzerindedir. Bu durum Eray Deluxe renk skalasının D renk tonunda hedef renklerden daha uzaklaştığını düşündürmüştür. Hassal ve ark. çalışmalarında, sistematik olarak düzenlenmiş renk skalalarının, özel-

likle koyu tonlarda daha iyi renk eşleşmesi sağladığını bildirmiştir (28). Bu durum çalışmamızla farklılık göstermektedir. Saraç ve ark., farklı renk skalalarının üretim kaynaklı varyasyonlar gösterdiğini ve bu farklılıkların klinik uyumda önemli rol oynadığını vurgulamıştır (19). Özellikle D renk tonlarında Eray skalasının hedef renkle arasındaki farkın en yüksek olması, bu üretim varyasyonlarının bir sonucu olabilir. Tashkandi'nin çalışmasında Vita Classical renk skalasının üretim sürecinde yüksek tutarlılık gösterdiği ve renk parametrelerinde önemli bir değişkenlik olmadığı belirtilmiştir (29). Çalışmamızda da Vita Classical'ın hedef renkle daha düşük ΔE_{00} değerlerine sahip olması, bu renk skalasının üretim süreçlerinde daha kontrollü ve tutarlı olduğunu düşündürmektedir.

En sık seçilen renk tonlarından A1, A2, A3 ve B1 renklerinde Vita Classical renk skalası Eray Deluxe 'ten istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük ΔE_{00} değerleri sergilemiştir (Tablo 3). Üçüncü boş hipotez de reddedilmiştir. Her iki skala arasında bu renklerde ΔE_{00} değerleri arasındaki fark algılanabilir seviyededir. B2 renk tonunda Eray deluxe Vita Classical'dan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük ΔE_{00} sergilemiştir. Fakat medyan değerleri arasındaki fark algılanabilir sınırın altındadır. Genel olarak, Eray renk skalasının tüm gruplarda daha yüksek ΔE_{00} değerleri gösterdiği ve hedef renkle olan uyumunun Vita Classical'a kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

L (açıklık) değerleri değerlendirildiğinde, A, B ve C renk gruplarında iki renk skalası arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). Ancak, D renk grubunda Eray Deluxe renk skalasının L değerleri anlamlı derecede daha yüksek ($P < 0.001$) bulunmuştur. Bu nedenlerle L değerleri için A, B ve C gruplarında boş hipotez kabul edilmiş, D grubu için ise reddedilmiştir (Tablo 4). Bu sonuçlar, Eray skalasının D tonlarının Vita Classical'a kıyasla daha açık renklere sahip olduğunu düşündürmektedir. Klinik açıdan, diş restorasyonlarında açık ve koyu ton farklarının estetik sonuçları etkileyebileceği göz önüne alındığında, D tonlarındaki bu farklılık, özellikle koyu diş rengi olan hastalar için dikkate alınmalıdır.

a (kırmızı-yeşil eksen) değerleri açısından, Eray Deluxe renk skalasının toplam değerleri (Tablo 5) Vita Classical'a kıyasla anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur ($P < 0.001$). Bu fark, Eray skalasının daha az kırmızımsı ve daha nötr/yeşilimsi bir renk spektrumuna sahip olduğunu destekler. A renk tonunda ve özellikle C ve D renk tonlarında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. (Tablo 5) Bu durum, Eray renk skalasının üretiminde kullanılan pigmentlerin ışık yansıtma ve emilim özelliklerinin Vita Classical'dan farklı olabileceğini düşündürmektedir. B renk tonunda ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($P > 0.05$). Bu nedenle a değerleri için, A, C ve D renk tonlarında boş hipotez reddedilmiş, B grubunda ise boş hipotez kabul edilmiştir. Paul ve ark çalışmasında, Vita Classic için ortalama a değeri -0.07 olarak bildirilmiştir (30). Bizim çalışmamızda Vita Classic skalası

için ölçülen a değerleri pozitif (Medyan = 1.08) çıkarken, Paul'un çalışmasında negatif a değerleri bulunması dikkate değerdir. Bu fark, ölçüm ortamı, ışık kaynağı ve ölçüm cihazlarının kalibrasyon farklılıklarından kaynaklanabilir.

b (sarı-mavi eksen) değerleri incelendiğinde, Eray Deluxe renk skalasının toplam b değerleri Vita Classical'a kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, Eray Deluxe renk skalasının genel olarak daha sarımsı tonlara sahip olduğunu göstermektedir. B ($P < 0.05$) ve C ($P < 0.001$) renk tonlarında anlamlı istatistiksel olarak farklılıklar saptanırken, A ve D renk tonlarında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P > 0.05$). B ve C gruplarında anlamlı fark bulunması nedeniyle b değerleri için boş hipotez reddedilmiş, A ve D gruplarında ise boş hipotez kabul edilmiştir. Bu sonuçlar, Eray skalasının özellikle B ve C gruplarında Vita Classical'a göre daha sarı tonlar içerdiğini göstermektedir. Bu durum, Eray skalasında kullanılan pigmentlerin sarı bileşenlerinin daha baskın olmasıyla açıklanabilir. Literatürde, sarı-mavi eksenindeki farklılıklarının, hasta memnuniyeti ve restorasyonların doğal dişlerle uyumu açısından önemli olduğu belirtilmiştir (31-33). Paul ve ark. (30) çalışmasında Vita Classic için ölçülen b değerleri ortalama 19.15 olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda Vita Classical'ın b değerleri bu değerle büyük ölçüde örtüşmektedir.

Swarowsky ve ark. (34) dijital fotoğraf formatları ve beyaz dengesi ayarının renk değerlendirmesine etkisini inceleyerek, farklı ortam koşullarının ve ölçüm ayarlarının sonuçları önemli ölçüde değiştirebileceğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, çalışmamızda da kullanılan standartlaştırılmış ölçüm koşullarına rağmen L, a ve b değerlerindeki farklılıklar, renk skalalarının üretiminde kullanılan pigmentlerin ışık yansıtma özelliklerinden, üretim süreçlerindeki varyasyonlardan ve malzeme bileşiminden kaynaklanabilir. Bu çalışma hem Vita Classical hem de Eray renk skalalarının hedef renklerle birebir örtüşmediğini, ancak Vita Classical'ın hedef renge daha yakın ΔE_{00} değerleri sunduğunu göstermektedir. Ancak, her iki renk skalasının da klinik olarak kabul edilebilir sınırları aşan ΔE_{00} değerleri sunduğu göz önüne alındığında, klinik pratikte renk seçiminde dikkatli olunması gerektiği açıktır. Bulgular ışığında, klinik uygulamalarda diş hekimleri ve diş teknisyenlerinin renk skalalarının hedef renkle olan uyum farklarını göz önünde bulundurması gerekmektedir. Özellikle yüksek estetik beklentilere sahip hastalarda, dijital renk ölçüm cihazları veya hassas renk eşleştirme yöntemleri ile desteklenen seçimlerin yapılması kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, çalışma yalnızca iki farklı renk skalasını değerlendirmiş olup, piyasada bulunan diğer renk skalalarıyla karşılaştırma yapılmamıştır. Farklı üreticilere ait renk skalalarının da benzer yöntemlerle analiz edilmesi, gelecekteki araştırmalarda değerlendirilebilecek bir konudur. Bunun yanı sıra, çalışmada renk ölçümleri yalnızca bir spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oysa farklı ölçüm cihazlarının (kolorimetreler, dijital görüntüleme sistemleri ve intraoral tarayıcılar gibi) kullanımının sonuçlar üzerindeki etkisi de değerlendirilmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı ölçüm cihazları ile elde edilen verilerin karşılaştırılmasını içerebilir. Ayrıca, bu çalışmada tüm ölçümler standart aydınlatma koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Ancak klinik ortamlarda farklı aydınlatma koşulları diş renginin algılanmasını etkileyebilir. Farklı ışık kaynaklarının (gün ışığı, yapay ışık, LED lambalar gibi) renk ölçümlerine olan etkisinin araştırılması, gelecekteki çalışmalara katkı sağlayacaktır. Son olarak, renk skalalarının uzun süreli kullanım ve dezenfeksiyon işlemleri sonrası renk stabilitesinin incelenmesi de önemli bir araştırma alanıdır. Rutin klinik uygulamalarda renk skalaları çeşitli sterilizasyon yöntemlerine maruz kalmaktadır ve bu işlemler zamanla renk değişikliklerine neden olabilir. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda renk stabilitesi üzerindeki etkilerin değerlendirmesi önerilir.

SONUÇ

Çalışmanın sınırlamaları dahilinde;

Her iki renk skalası da hedef renklere birebir uyum sağlamamakla birlikte, Vita Classical renk skalası, Eray Deluxe'e göre hedef renge daha yakın sonuçlar vermektedir. Eray Deluxe renk skalası Vita Classical renk skalasına göre daha fazla sarı tonları içerdiği için renk seçiminde bu durum göz önüne alınmalıdır.

Yazarların Katkısı

Fikir/Kavram, Tasarım, Denetleme/Danışmanlık, Veri Toplama ve İşleme, Kaynak Taraması, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme: H.A., M.A., T.E.

Finansal veya Mali Destek

Herhangi bir finansal/mali destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemektedir.

Etik Kurul Onay Bilgisi

Etik kurul onayına gerek yoktur.

1. Cocking C, Cevirgen E, Helling S, Oswald M, Corcodel N, Rammelsberg P, *et al.* Colour compatibility between teeth and dental shade guides in Quinquagenarians and Septuagenarians. *J Oral Rehabil.* 2009; 36: 848-55.
2. Gómez-Polo C, Martín-Casado AM, Montero J. Fifteen ceramic gingival samples: a proposed gingival shade guide. *J Dent.* 2023; 138: 104648.
3. Vohra M, Shenoy A. *In vitro* evaluation of accuracy and reliability of tooth shade selection using different digital instruments. *Cureus.* 2024; 16: E52363.
4. Sengez G, Dörter C. Estetik diş hekimliğinde renk seçimi. *Selcuk Dent J.* 2019; 6: 213-20.
5. Tejada-Casado M, Herrera LJ, Carrillo-Perez F, Ruiz-López J, Ghinea RI, Pérez MM. Exploring the CIEDE2000 thresholds for lightness, chroma, and hue differences in dentistry. *J Dent.* 2024; 150: 105327.
6. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010; 38: E2-16.
7. Revilla-León M, Sorensen JA, Nelson LY, Gamborena I, Yeh YM, Özcan M. Effect of fluorescent and nonfluorescent glaze pastes on lithium disilicate pressed ceramic color at different thicknesses. *J Prosthetic Dent.* 2021; 125: 932-9.
8. Wittich FK, Cebula M, Effenberger S, Schoppmeier CM, Schwendicke F, Barbe AG, *et al.* Masking efficacy of bleaching and/or resin infiltration of fluorotic spots on anterior teeth-a systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2024; 105276.
9. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Iguel C, Linninger M, *et al.* Color difference thresholds in dentistry. *J Esthetic Restorative Dent.* 2015; 27: S1-9.
10. O'Brien WJ. Dental materials and their selection: Quintessence Chicago, 2002, 25-38.
11. Johnston W, Kao E. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989; 68: 819-22.
12. Ruyter I, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987; 3: 246-51.
13. Hein S, Nold J, Masannek M, Westland S, Spies BC, Wrbas KT. Evaluating percent correct shade identification: a practical approach to intraoral scanner and shade device performance. *Clin Oral Investig.* 2025; 29: 39.
14. Lee JH, Kim HK. A comparative study of shade-matching performance using intraoral scanner, spectrophotometer, and visual assessment. *Sci Rep.* 2024; 14: 23640.
15. Menini M, Rivolta L, Manauta J, Nuvina M, Kovacs-Vajna ZM, Pesce P. Dental color-matching ability: Comparison between visual determination and technology. *Dent J.* 2024; 12: 284.
16. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthetic Dent.* 2009; 101: 40-5.
17. Öngül D, Şermet B, Balkaya MC. Visual and instrumental evaluation of color match ability of 2 shade guides on a ceramic system. *J Prosthetic Dent.* 2012; 108: 9-14.
18. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Dunford RG, Wee AG. In vitro model to evaluate reliability and accuracy of a dental shade-matching instrument. *J Prosthetic Dent.* 2007; 98: 353-8.
19. Saraç Ş, Saraç D, Yüzbaşıoğlu E. Üç farklı renk skalasının renk farklılıkları yönünden kolorimetrik olarak incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2006; 23: 85-90.
20. Al-Zordk W, Saker S. Impact of sintering procedure and clinical adjustment on color stability and translucency of translucent zirconia. *J Prosthetic Dent.* 2020; 124: E1-9.
21. Rutkūnas V, Dirsė J, Bilius V. Accuracy of an intraoral digital scanner in tooth color determination. *J Prosthetic Dent.* 2020; 123: 322-9.
22. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 color difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research & Application: Endorsed by Inter Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur.* 2005; 30: 21-30.

23. Bilgiç O, Türker ŞB. Diş hekimliği öğrencilerinin renk ölçüm başarılarının değerlendirilmesi. Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg. 2015; 25:.
24. Tabatabaian F, Beyabanaki E, Alirezaei P, Epakchi S. Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: a literature review. J Esthet Restor Dent. 2021; 33: 1084-104.
25. Abu-Hossin S, Onbasi Y, Berger L, Troll F, Adler W, Wichmann M, Matta RE. Comparison of digital and visual tooth shade selection. Clin Exp Dent Res. 2023; 9: 368-74.
26. Vohra M, Shenoy A. *In vitro* evaluation of accuracy and reliability of tooth shade selection using different digital instruments. Cureus. 2024; 16: E52363.
27. Hein S, Modrić D, Westland S, Tomeček M. Objective shade matching, communication, and reproduction by combining dental photography and numeric shade quantification. J Esthet Restor Dent. 2021; 33: 107-17.
28. Hassel AJ, Koke U, Schmitter M, Beck J, Ramelsberg P. Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. Int J Prosthodont. 2005; 18: 422-6.
29. Tashkandi E. Consistency in color parameters of a commonly used shade guide. Saudi Dent J. 2010; 22: 7-11.
30. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. J Dent Res. 2002; 81: 578-82.
31. Rashid F, Farook TH, Dudley J. Digital shade matching in dentistry: a systematic review. Dent J. 2023; 11: 250.
32. Dias S, Dias J, Pereira R, Silveira J, Mata A, Marques D. Different methods for assessing tooth colour-in vitro study. Biomimetics. 2023; 8: 384.
33. Morsy N, Holiel AA. Color difference for shade determination with visual and instrumental methods: a systematic review and meta-analysis. Systematic Reviews. 2023; 12: 95.
34. Swarowsky LA, Pereira RF, Durand LB. Influence of image file and white balance on photographic color assessment. J Prosthet Dent. 2023; 130: 621-9.