

Bölüm 12

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ VE RENK

Melike YALIN¹

Kübra DEĞİRMENCİ²

DİŞ HEKİMLİĞİNDE RENGİN ÖNEMİ

Kaybedilen doğal dişlerin ve diş dokularının yerine konmasıyla birlikte hastaya estetik ve fonksiyonel bir gülüş kazandırılması, protetik diş tedavisinin temel hedeflerindedir (1). Bu amaç için estetiğin sağlanabilmesinde renk seçimi oldukça önemlidir. Planlanan bir restorasyonun ağızdaki diğer doğal dişler ile uyum içinde olmasında renk seçiminin doğru yapılması önemli bir faktördür. Önceki bir araştırmada, gülümsemelerinden memnun olmayan katılımcıların şikayetlerine bakıldığında restorasyonun renginin şikayetler arasında en sık görülen neden olduğu tespit edilmiştir (2). Yapılan restorasyonların hastalar tarafından değerlendirilmesinin istendiği çalışmalarda görülmüştür ki; araştırmaya katılan yetişkin popülasyonunun yaşa bağlı olarak %12,1-15,5'inin dişlerinin görüntüsünden, %17,9-21,3'ünün de diş renginden memnun değildi (3). Farklı çalışmalarda ise diş renginden memnun olmayan katılımcıların oranları %34 (4) ve %52,6 bulunmuştur (5).

Doğallık kavramının öneminin artması ile beraber protetik diş tedavilerinde estetik ve renk seçiminin önemi de artarak devam etmektedir. Üretilen bir protetik restorasyonun çevresindeki doğal dişler ile uyum içinde olması ve bu uyumu etkileyen faktörler diş hekimliğinde araştırmaya değer önemli bir konu olmuştur.

Bir restorasyonun estetik olarak kabul edilebilmesi için doğru renk seçimi önemli faktörlerden biridir. Renk seçimi, restorasyonun kırılma dayanımı ve diğer mekanik özellikleri kadar önemlidir. Ağızda var olan doğal dişler ile hazırlanan restorasyon arasındaki renk farkı algılanamayacak düzeyde olmalıdır

¹ Arş. Gör., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, dt.melikeyalin@gmail.com

² Doç. Dr., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, dtkubradegirmenci@outlook.com

(6,7,8). Özellikle hastanın gülmesi, konuşması sırasında göz önünde olan anterior bölgede bu uyum daha da önem kazanmaktadır.

Diş hekimliğinde diş renginin değerlendirilmesi sayesinde uygulanan tedavinin estetik başarısının anlaşılması mümkündür (9). Diş rengi değerlendirilmesi, estetik olarak uygun doğal bir protetik restorasyonun hazırlanmasını sağlamak için ve diş beyazlatma işlemlerinin etkinliğini ölçmek için yapılabilmektedir (10,11). Ayrıca, diş renginin değerlendirilmesi, avulsiyon ve replantasyon dahil olmak üzere bir dizi dental prosedürde klinik sonuçları değerlendirmek için de kullanılabilir (12).

DIŞ HEKİMLİĞİNDE RENK SEÇİMİ

Renk analizi için görsel ve aletli renk analizi olmak üzere iki metot kullanılmaktadır (13,14,15). Görsel renk seçimi sık kullanılan bir yöntemdir (24,25). Bu yöntemde diş rengi değerlendirmesi çeşitli renk skalaları eşliğinde görsel olarak gerçekleştirilmektedir.

Renk skalaları rehber alınarak değerlendirme yapılır ve doğru bir renk seçimi yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar vardır:

1. Hasta, hekimin dirsek hizasında ve dik bir pozisyonda oturtulmalıdır.
2. Göz yorgunluğundan kaynaklanabilecek subjektif hataları en aza indirmek için hasta hekime 25-35 cm (kol uzunluğu) mesafede olmalı ve renk seçimi hızlı yapılmalıdır (5-7 s).
3. Gözü kısmen kapatılarak şaşılık testi yapılmalıdır.
4. Çalışma alanında rengi düzeltilmiş ışık aydınlatması kullanılmalı ve parlak renkten kaçınılmalıdır.
5. Hasta parlak kıyafet giyiyorsa hastanın üzerine gri örtü örtülmelidir.
6. Renk seçiminden önce var olan renkli ruj çıkarılmalıdır.
7. Renk seçimi tercihen öğlen 10:00-14:00 saatleri arasında yapılmalıdır.
8. Arka plan ışığını azaltmak için %18 gri kart kullanılabilir. (Kulzer'in küçük ağız içi gri kartonları, Pensler kalkan ekranı)
9. Renk seçimi öncesi dişler temizlenmelidir.
10. Dehidrasyon dişin saydamlığını azalttığı için diş preparasyonundan önce renk tonu seçilmelidir.
11. Seçilen renk sekmesi seçilen dişle bitişik değil, dişin üstünden veya altından görülmelidir. Bitişik dişin yansımaları en aza indirmek için renk

- sekmesi rengi eşleştirilecek dişin insizal kenarında tutulmalı ve seçilen renk farklı açılardan görüntülenmelidir. (vektörleme) (26,27).
12. Hasta başı dik bir şekilde pencerenin karşısına oturtulmalı ve hekim, hasta ile pencere arasında yer almalıdır.
 13. Gözlem sırasında retinanın renk hassasiyeti en yüksek olan reseptörlerini kullanarak doğru renk seçimi yapabilmek adına hasta ve hekimin gözü aynı hizada olmalıdır.
 14. Renk seçimi farklı aydınlatma koşulları altında tekrarlanmalıdır. Gün ışığında yapılan seçimden sonra seçilen renk floresan ışık ve ampul ışığı altında doğrulanmalıdır.
 15. Var olan lekelenmelerin giderildiği temiz diş yüzeyi üzerinden renk seçimi yapılmalıdır.
 16. Renk seçimi diş preperasyonundan önce yapılmalıdır. Diş kurudukça value değeri artar.
 17. Seçimi etkileyecek olan parlak renkli kıyafetlerin üzeri örtülmelidir.
 18. Duvarları mat renkli oda içerisinde renk seçimi yapılmalıdır.
 19. Gözün gri-mavi bir yüzeye bakarak dinlendirilmesi retinadaki reseptörleri dengeler ve gözü dişin sarı rengine karşı hassaslaştırır.
 20. Dişlerin % 80'i A grubundadır bu sebeple ana rengi seçerken emin olunmazsa bu gruptan bir renk seçilmelidir.
 21. Kole rengi saptanırken dudak yukarı kıvrılır. Bu sırada insizal kenar kapatılır. İnsizal renk seçimi hasta konuşurken veya gülümserken yapılır.
 22. Renk aşama belirlendikten sonra son kez genel olarak kontrol edilir (28-31).

Görsel renk seçimi her ne kadar pratik olsa da gözlemci ve koşullara bağlı olarak değişebilen bir yöntemdir. Gözlemciye ait faktörler; gözlemcinin renk algısı, deneyimi, fiziksel ve psikolojik durumu, göz yorgunluğu sayılabilir (32). Deneyimin renk seçimine etkisinin incelenmesi amaçlanarak yapılan bir çalışmada içinde diş teknisyenleri, diş hekimliği protez bölümü asistanları, protez uzmanları ve diş hekimliği öğrencilerinin bulunduğu 30'ar kişilik olmak üzere dört farklı meslek grubunun renk eşleştirme yeteneklerini değerlendirilmiş ve protez uzmanlarının renk farklılıklarını algılamada daha başarılı olduğu gösterilmiştir (33). Tüm bunların yanında cinsiyetin de renk seçiminde etkili olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır. Pohlen ve ark. (32) kadın katılımcı gruplarının erkek meslektaşlarına kıyasla hafifliği ve rengi daha iyi seçtiklerini

göstermiş, cinsiyetin renk eşleştirmede önemli bir rol oynadığını buldukları bir çalışma yapmışlardır. Yapılan farklı bir çalışmada kadınlar erkeklerden önemli ölçüde daha iyi renk uyumu elde etmiştir (34). Diğer yandan renk seçimi; çevre koşulları, aydınlatma koşulları, yarı saydamlık, yüzey yapısı ve kullanılan malzemenin optik özellikleri gibi birçok etkene de bağlıdır (35). Toplam 56 kişi ve içinde üst çene santral, lateral ve kanin olmak üzere 336 diş kullanılarak yapılan bir çalışmada renklerin uyum oranının, renk ölçüm cihazları ve değerlendirilen diş tipi arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve santral kesici dişin en yüksek uyum oranına sahip olduğu görülmüş ve bu farklılıklarının sebeplerinden birinin dişlerin boyut ve kontür farklılıklarından dolayı ışığı yansıtma oranlarındaki değişiklikliğin olabileceği düşünülmüştür (36). Farklı bir çalışmada insan dişlerinin renk aralığı ve dağılımının günümüzün renk skalalarında yeterince yansıtılmadığı gösterilmiştir (37,38).

Diş rengini görsel olarak değerlendirmek için geleneksel olarak renk kılavuzları kullanılmıştır. Yaptığı bir araştırmada Paravina ve ark. VITA Classical A1-D4 ve VITA 3D-Master gölge kılavuzlarının en sık kullanılan gölge kılavuzları olduğunu kanıtlamıştır (39). 16 renk sekmesinden oluşan Vitapan Classical renk kılavuzu, diş rengini değerlendirmek için rutin olarak kullanılır. En açıktan en koyuya doğru düzenlendiğinde, bu renk kılavuzu diş beyazlatma işleminin etkinliğinin değerlendirilmesi içinde kullanılabilir (40). Vita Toothguide 3D-Master, açıklık, renk ve ton parametreleri etrafında sıralanmış 29 renk sekmesinden oluşur ve sayıca Vitapan Classical renk kılavuzundan (41,42) daha geniş bir renk aralığına sahiptir; fakat sekmelerin doğrusal olmayan düzenlenmesi nedeniyle diş beyazlatmasını değerlendirmek için daha az kullanılır (43). Beyazlık açısından sıralanmış 15 sekmeye (29 puanlık bir ölçekte 1, 3, 5 vb. tek sayılardan oluşan) sahip olan Vita Bleachedguide 3D-Master'ın görsellik için etkili olduğu gösterilmiştir.

Renk kılavuzlarını kullanarak yapılan görsel değerlendirmeler pratik olsa da bazı sınırlamaları vardır (16-18). Kişisel olarak yapılan bir görsel değerlendirme, diğer bir kişi tarafından yapılan görsel değerlendirmeden farklı olabileceği için subjektif problemler görülebilir. Ayrıca görsel değerlendirme, aydınlatmadan veya rengin değerlendirildiği çevreden (çevre sorunu) etkilenebilir. Ek olarak renk kılavuzunun kendisi, sekmelerin eşit aralıklarla yerleştirilememesinden dolayı (referans problemi) renk seçimi için optimum uygunlukta olmayabilir. Bu nedenlerle, diş rengini enstrümantal olarak değerlendirmeye yönelik yöntemlerin kullanımını giderek artmaktadır (19). Dolayısıyla eskiden beri kullanı-

lan görsel renk seçiminin yanı sıra günümüzde birçok teknolojik cihaz ile renk seçimi de önerilmektedir (20-22).

Elektronik renk ölçüm cihazları, renk seçiminin doğruluğunu ve güvenilirliğini arttırma potansiyeline sahiptir. Bu cihazlar en uygun renk tonunu insan gözünden daha hassas olarak seçebilmeyi amaçlar. Klinik renk seçim cihazları; spektrometreler, spektrofotometreler, kolorimetreler ve ilgili yazılıma sahip dijital kamera sistemlerini içerir.

Spektrometreler, ışığı ölçen spektral cihazlardır ve diş yüzeyi ile temas edecek şekilde yerleştirilmezler, belli bir mesafeden spektral ışınımı ölçerler. Bir ışık kaynağına sahip değildirler, ortam aydınlatmasını kullanırlar. Kolorimetreler, üç geniş bant filtre kullanarak yansıyan ışık miktarını ölçer ve doğrudan CIE XYZ verir. Son yıllarda dijital renkli kameraların renk ölçüm cihazları olarak kullanıldığı görülmüştür. Kameralar, dişin erişilmesinin zor olduğu veya diş yüzeyinin kavisli olduğu durumlarda avantaj sağlar ve ayrıca dişin farklı bölge-lerinin (doğru kalibre edilmişse), diş renginin zaman içinde nasıl değiştiğine dair bir kayıt sağlayabilir (23). Diş üzerindeki her uzamsal konumda renk bilgisi sağlayabilmeleri kameraların avantajlarından biri olmuştur, diğer üç cihaz ise ortalama rengi kaydetmekle sınırlıdır.

Genellikle bu cihazlar, tüm görünür renklerin tanımlanabildiği CIE sistemi kullanarak elde edilen sonuçları sunarlar. Elektronik renk ölçüm cihazları tarafından elde edilen verilerle, iki nesne arasındaki renk farklılıkları (ΔE^*ab) ölçülebilir. Bu farklılıkların nicel bir şekilde ifade edilebilmesi için tasarlanmış farklı renk farkı formülleri diş hekimliği araştırmalarında kullanılır.

Renk Parametreleri

Renk farkıyla ilgili diş hekimliği kapsamında yapılmış çoğu çalışma, bir çift renkli obje arasındaki toplam renk farkı için standart parametre olarak CIELAB renk uzayını ve ilişkili ΔE^*Lab 'i kullanır (1). Elde edilen değer ne kadar büyük olursa, renk farkı o kadar fazla olur ve sonucunda renk farkı görsel olarak o kadar fazla algılanabilir olur (42,43). Pratik uygulamalarda L^* , C^* ve H^* parametrelerinin CIELAB renk uzayı için kullanılmasının gerekli olacağını belirten çalışmalar vardır (44,45). Bu sayede renk farklılıklarını değerlendirmek için farklı parametreleri kullanan dört renk farkı formülü geliştirildi: CMC(l : c) (46), BFD(l : c) (47), CIE94(KL : KC : KH) (48) ve CIEDE2000(KL : KC : KH) (49,50). Geçmişte CIE94 ve CMC formülleri yaygın olarak kullanılsa da günümüzde CIE ve CIEDE2000 renk farkı formülünün kullanılması önerilmektedir (51).

İnsan gözü tarafından iki tür renk farkı algılanır: nicel (hafiflik ve/veya renk farkı) ve nitel (renk farkı) (52,54). Genel gözlemciler, rengin ton anlamına geldiğine inanırlar ve hafiflik ve/veya kromadaki bir farkı renkte bir fark olarak algılamazlar (26). Bu nedenle, temel olarak hafiflik farkından kaynaklanan iki nesne arasındaki bir renk farkının insan gözü tarafından algılanması, bir ton farklılığından daha zordur (55). CIELAB renk uzayındaki bu duyarlılık farklılıkları, tolerans büyüklüğündeki değişiklikleri kontrol etmek için parametrik faktörleri kullanarak CIEDE2000 (kL :kC: kH) renk farkı formülünün geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (51).

Beyazlık İndeksi

Renk değerlendirmesini tamamlayıcı olarak, protetik restorasyonlarda kullanılan materyallerin araştırılması, üretilmesi, farklı beyazlatma ürünlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi veya başarılı bir diş beyazlatma tedavisinin gerekliliklerinin belirlenmesi gibi klinik durumlar için beyazlık değerlerinin ölçümü önemlidir. Bu durum, diş hekimliği pratiği için beyazlık indekslerinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (56-58).

Pratikte gözlemlendiğinde hastalar, restorasyonların komşu dişlerle renk uyumunu değerlendirirken sıklıkla beyazlık düzeyi hakkında yorumda bulunurlar. Bu nedenle, klinik uygulamada beyazlık farkı eşiklerini renk farkı eşikleriyle birlikte kullanabilmek estetik diş hekimliğinin önemli bir bileşeni olan optik özellikleri anlamak için önemli görülmüştür (58).

Beyazlık İndeksi (WID), diş hekimliği çalışmalarında kullanılabilen beyazlık ölçüsüdür ve CIELAB sistemi dikkate alınarak hazırlanmıştır (59). WID indeksi ile belirlenen görsel beyazlık farkı eşikleri, diş hekimliğinde beyazlatma maddelerinin etkin bir şekilde değerlendirilmesi ve renk araştırmaları dahil olmak üzere bir dizi klinik uygulamalarda referans değerler olarak kullanılabilir (58).

Dişler arasındaki, dişler ile restorasyonlar arasındaki veya restorasyonlar arasındaki beyazlık uyumsuzluğunu değerlendirmek için WPT (algılanabilirlik beyazlık eşik değeri) ve WAT(kabul edilebilirlik beyazlık eşik değeri) değerleri kullanılabilir. Bu sayısal verilerin yorumlanmasında elde edilen yüksek değerler beyazlık uyumsuzluğunun fazla olduğunu gösterir. Dolayısıyla görülen yüksek değerler kötü estetiğe ve sonuç olarak hasta memnuniyetinin azlığına karşılık gelir. Farklılıkların düzeyi tedavi ihtiyacını belirleyebilir, örneğin restorasyonun değiştirilme kararının verilmesinde bu indeks kullanılabilir (58).

Algılanabilirlik beyazlık eşiği (WPT) tespiti için renk farkı formüllerinde de olduğu gibi, gözlemcilerle şu soru sorulur: “Görüntüde iki diş arasında beyazlık açısından bir fark görebiliyor musunuz?” Olumlu yanıt alınması durumunda, gözlemciden kabul edilebilirlik eşiğini (WAT) belirlemesi için ise şu soruyu yanıtlaması istenir: “Bir hastanın ağızındaki bu beyazlık farkını kabul edilebilir buluyor musunuz?” (58).

Renk Sistemleri ve Renk Farkı Formülleri

Renk farkı formülleri, ölçümü yapılan iki renkli objenin arasında var olan renk farkının nicel olarak ifade edilmesi için oluşturulmuştur. Bir renk farkı formülünün temel amacı, en küçük renk farkı ile gözlemcilerin görsel değerlendirmeleri arasındaki en büyük uyumu sağlamaktır (51).

Aletsel renk analizlerinde en sık kullanılan renk sistemleri Munsell ve CIE-LAB (Commission on International Lighting) (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) renk sistemleridir. Munsell Renk Sistemi dezavantajları olsa da renk tanımlanmasında en popüler sistemdir ve bu sistem dental araştırmalarda oldukça fazla kullanılmıştır (59). Bu sistemde üç temel özellik tanımlanmıştır; ton (hue), parlaklık (value) ve doygunluk (chroma) (60).

Belirtildiği gibi Munsell sistemi rengi tanımlamak için en fazla kullanılan yöntemdir (59). Diş hekimliğinde renk seçiminde oldukça tercih edilmesinin sebepleri arasında tutarlılık, esneklik ve kullanım kolaylığına sahip olması sayılabilir (61,62). Munsell Renk Sistemi Atlası’nda renklerin üç boyutlu sıralanması bir renk ağacı üzerinden 3 boyutlu olarak gösterilmektedir (63). İçi dolu küre veya silindir formundaki bu şeklin merkezinde saf siyah en altta, saf beyaz ise en üste olacak şekilde renksiz/akromatik eksen yer alır. Bu sistemdeki değişkenler, Munsell Hue (hue), Munsell Value (lightness) ve Munsell Chroma (saturation)’dır (63-65). Hue/ton; Munsell tarafından, “bir renk ailesini diğerinden, sarıdan kırmızı, yeşilden mavi veya mor olarak ayırt ettiğimiz değer” olarak tanımlanmakta (66) ve silindirin etrafında yer almaktadır. Beş ana (mor, mavi, yeşil, sarı, kırmızı) ve beş ara (mor-mavi, mavi-yeşil, yeşil-sarı, sarı-kırmızı, kırmızı-mor) renge ayrılmaktadır (67,68). Diş hekimliği literatüründe ana renk yaygın olarak Vita klasik renk skalasında (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Germany) A, B, C, D harfleriyle temsil edilmektedir (69). Value/parlaklık; koyu ve açık rengi birbirinden ayırt ettiğimiz özelliktir ve Munsell sisteminde akromatik kutup eksenini (dikey eksen) ile gösterilir (66). En altta siyahtan başlayarak en üstte beyaza kadar gri rengin tonlarını temsil eder ve parlaklık olarak

adlandırılır (67,68). Parlaklık, bir cisimden geri dönen ışığın miktarıdır. Munsell, parlaklığı 'siyah beyaz bir skala' olarak tarif etmiştir. Parlak cisimler daha az miktarda griye sahiptir, parlaklığı az olan cisimler ise fazla miktarda griye sahiptir ve bu cisimler daha koyu görünür (69). Chroma/doygunluk, güçlü bir rengi zayıf olandan ayırt ettiğimiz özelliktir (66) ve merkezden periferik doğru, yatay ekseninde giderek artmaktadır (67,68). Ana rengin gücünü veya pigment yoğunluğunu ifade eder. Parlaklık ve doygunluk ters orantılıdır, örneğin doygunluğu fazla olan bir cismin parlaklığı azdır. Chroma, Vita renk skalasında numaralarla gösterilir (69,70). Bu 3 terim farklı bir makalede (23) ise şöyle tanımlanmıştır: Parlaklık, benzer şekilde aydınlatılmış beyaz bir cisme göre dişlerin ışığı az ya da çok yansıtması ile ilgili bir özelliktir. Kroma, benzer şekilde aydınlatılmış beyaz cismin parlaklığına göre dişlerin daha renkli görünmesini sağlayan niteliktir. Ton; dişlerin daha kırmızı, daha sarı veya daha mavi görünmesini sağlayan özelliktir.

Diş hekimliği renk çalışmalarının çoğunda, renk ve renk farkı sırasıyla CIE-LAB renk sistemi ve ilişkili ΔE_{Lab} kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülür (74). CIELAB renk sisteminin ise üç ekseninde bulunmaktadır ve bunlar L^* , a^* ve b^* 'dir. L^* ekseninde, Munsell sistemindeki value değeri ile benzer olarak rengin açıklık ve koyuluk koordinatlarını tanımlar ve tam beyaz rengin L^* değeri 100 iken, tam siyah rengin L^* değeri 0'dır (65). a^* değeri kırmızı/yeşil eksenindeki rengi belirtir; pozitif a^* rengin kırmızı yoğunluğunun fazla olduğunu, negatif a^* ise yeşil yoğunluğunun fazla olduğunu gösterir. b^* değeri ise sarı/mavi eksenindeki rengi belirler; pozitif b^* sarılık derecesinin yoğun olduğunu, negatif b^* ise mavilik derecesinin daha yoğun olduğunu gösterir (71). a^* ve b^* koordinatları beyaz ve gri gibi nötral renklerde sifira yaklaşırken, yoğun ya da doygun renklerde artmaktadır (72). a^* ve b^* değerleri, rengin yoğunluk kısmına denk gelirler ancak Munsell sistemindeki hue ve chroma ile birebir örtüşmedikleri farklı çalışmalarda ifade edilmektedir (70,73).

Renk farklılığı (AE), üç boyutlu renk uzayındaki iki nokta arasındaki farklılığın yönü ve büyüklüğünün sayısal olarak hesaplanmasıdır (60). Hesaplanan değer ne kadar büyük olursa, renk farkı o kadar fazladır ve bu durum insan gözü için renk farkının o kadar fazla algılanabildiğini ifade eder (75,76,77,38).

CIELAB formülünde hesaplanan ve algılanan renk farklılıkları arasındaki birtakım eksiklikleri geliştirmek amacıyla, üç renk farkı formülü geliştirilmiştir: CMC11, CIE9412 ve CIEDE2000 (74,78,79). Yapılan farklı çalışmalarda bu formüller arasından CIEDE2000 formülünün kullanılması tavsiye edilmekte-

dir .CIEDE2000 renk farkı formülü, renk farkı eşiklerinin değerlendirilmesinde CIELAB formülüne göre daha iyi bir uyum elde etmiştir (80) ve yapılan çalışmalarda (77,81), insan gözünün algılanabilirliğine daha yakın veriler elde ederek diş tonları arasındaki renk farklılıklarını daha gerçekçi değerlendirebilmeyi sağlamak için dental araştırmalarda ve in-vivo enstrümantal renk analizinde CIEDE2000 sisteminin kullanılması önerilmektedir (38).

Kabul Edilebilirlik

Görsel olarak algılanan minimum renk değişimi miktarına eşik denir. Renk farklılıklarını değerlendirmek için kullanılan iki ana eşik vardır: algılanabilirlik eşiği (PT) ve kabul edilebilirlik eşiği (AT) (82,83). Bu eşikler, dental materyallerin seçimine rehberlik etmek, protetik restorasyonların klinik performanslarını değerlendirmek ve yorumlamak için bir kalite kontrol aracı olarak kullanılabilir.

Görsel eşikler, renk araştırmalarında sıkça kullanılır. Renkteki bir farklılığın algılanması ve bu farkın kabul edilebilir olup olmadığı son derece önemlidir. Beyazlatma etkinliğini yorumlamak, görsel ve aletsel renk analizi, renk kılavuzları ve renk uyumu, renk stabilitesi ile ilgili diğer alanları karşılaştırmak için diş araştırmalarında bu tanımlar oldukça fazla yer almaktadır (84-86). Algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik terimleri ve bu terimlerin eşik değerleri renk alanında en sık kullanılan ifadelerdendir.

Kabul edilebilirlik renk farkı, gözlemci tarafından kabul edilebilecek en küçük renk farkını ifade eder ve kabul edilebilirlik değerlerini ölçmek için gözlemcilerle “Klinik koşullarda iki obje arasındaki renk farkını kabul eder miydiniz?” vb. sorular sorulup yanıt alınır.

% Kabul edilebilirlik; kabul edilebilirlik sorusuna ‘evet’ diyen gözlemci sayısının toplam gözlemci sayısına bölünmesi ile bulunur.

Algılanabilirlik

Algılanabilir renk farkı, gözlemci tarafından algılanabilecek en küçük renk farkını ifade eder. Bu değeri ölçmek için gözlemcilerle “İki obje arasında bir renk farkı tespit edebiliyor musunuz?” sorusu sorularak yanıt alınır. Gözlemcilerin %50’sinin fark edebileceği renk farkı %50:50 algılanabilirlik eşiğine karşılık gelmektedir (87).

% Algılanabilirlik; algılanabilirlik sorusuna ‘evet’ diyen gözlemci sayısının toplam gözlemci sayısına bölünmesi ile bulunur.

Algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik, renk bilimi alanında en sık kullanılan eşik birimler olsa da bazen karıştırılmaktadır (88). Algılanabilirlik, gözlemcilerin bir farkın var olup olmadığına karar vermelerinin bir ifadesidir (89). Kabul edilebilirlik ise gözlemcilerin uyarının büyüklüğünü, kendi toleransının büyüklüğü ile bireysel olarak yorumlaması ve karşılaştırması sonucu elde ettiği bir sonuçtur.

Algılanabilir bir farkı ölçmek için görsel bir kolorimetre kullanılabilir. Düzeneğe iki farklı cisim koyulur ve gözlemcilerden fark edilene kadar bunlardan birinin dalga boyunu değiştirmeleri istenir. Bu ölçüm, gözlemcilerin herhangi bir yorumu olmaksızın elde edilir yani bireysel yorum katılmadan yapılan görsel bu ifade, algılanabilirlik olarak bilinir. Kabul edilebilirlik ise, renk farkıyla ilgili başka bir görsel yargıdır. Kabul edilebilirliği algılanabilirlikten ayıran detay, gözlemcilerin renk farkını yorumlamalarıdır. Algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik terimlerinin tanımlandığı farklı bir araştırmada kabul edilebilirlik, restorasyonun renginin uyumu anlamına gelirken; algılanabilirlik, hem diş hem de komşu restorasyon arasındaki ΔE 'nin saptanmasını gösterir (91). İki terim arasındaki bu farklılıklara dayanarak iki renk çifti aynı algılanabilirliği gösterse bile kabul edilebilirlik değerlerinin birbirinden farklı olabileceği söylenebilir (90).

RENK İLE İLGİLİ YAPILAN GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

Diş hekimliğinde renk konusunu ele alan çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda renk kavramı farklı açılardan ele alınmıştır. Bununla beraber, algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik değerlerini araştıran çalışmalar diğer renk çalışmalarının bulgularının yorumlanmasında araştırmacılara rehberlik etmektedir.

Algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşiklerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan normal görüşe sahip 35 erkek ve 65 kadından oluşan 100 diş hekimliği öğrencisi (DS) tarafından gerçekleştirilen ve üst santral dişlerin kullanıldığı bir çalışmada renk seçimi için Vita Classical (VC) ve Vita Toothguide 3D-Master (3D) kullanılmış, CIEDE2000(2:1:1) formülü ile sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada dikkate alınan kabul edilebilirlik (AT) değerleri sırasıyla metrik farklar için $L = 2.92$, $C = 2.52$ ve $H = 1.90$ ve CIEDE2000 açıklık, renk ve ton farkları için $EL = 1.43$, $EC = 1.34$ ve $EH = 1.65$ bulunmuştur. Diş hekimliği öğrencileri tarafından gerçekleştirilen görsel renk seçimi, özellikle Vita Classical renk kılavuzu kullanıldığında, kroma ve tonda daha düşük renk değişimleri olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmada diş hekimliği öğrencilerinin görsel al-

gısı, Vita Classical renk kılavuzu ve CIEDE2000(2:1:1) renk farkı formülü kullanılarak en yakından temsil edildiği görülmüştür (92).

Yapılan farklı bir çalışmada renk seçimi konusunda hastaların diş hekimlerinden daha az ayırt edici kabul edilebilirlik ve algılanabilirlik değerleri (PT ve AT) olduğu gösterilmiştir (93-95).

Yakın zamanda yapılan bir çalışma (96), beyazlık indeksini (WIO) (56) kullanılarak diş beyazlığı algısı için eşikleri belirlemek için görsel değerlendirmelere dayalı bir psikofiziksel deney gerçekleştirdi. Dört koşul (L^* , a^* , b^* ve bir mavi kovarin optik diş beyazlatma yönü) için eşik tahminleri sırasıyla 2.77, 6.52, 3.09 ve 1.99 olarak bildirilmiştir.

60 gözlemcinin katıldığı bir çalışmada üst santral kesici dişlerin beyazlık değerleri incelenmiştir. Bu çalışma, beyazlık indeksi için %50:50 WPT ve %50:50 WAT değerlerinin sırasıyla 0.72 ve 2.60 olduğunu bulmuştur. Bu nedenle, 0,72 birimden daha düşük beyazlık değişimi değişiklikleri ortalama bir gözlemci tarafından algılanamaz. Bu çalışma, WPT ve WAT arasında önemli farklılıklar olduğunu ve bu değerlerin diş hekimleri ve meslekten olmayan kişiler arasında farklılık gösterdiğini göstermiştir. Çalışmanın sonucunda tahmin edildiği gibi, diş hekimleri hem WAT hem de WPT için daha düşük değerler elde etmiştir yani daha iyi ayırt etme yeteneği göstermişlerdir (97).

Güncel estetik restorasyon materyallerin optik özelliklerinin değerlendirilmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Monolitik zirkonyaların renk uyumlarının değerlendirildiği güncel bir çalışmada rengi etkileyen pek çok faktörün olduğu görülmüştür. Yarı saydamlık ve Y-TZP kristal fazı (monoklinik, tetragonal, kübik) ile ilgili olarak, kübik faz artarken yarı saydamlık artar ve kübik faz, tane sınırlarından ışık saçılmasını önlediğinden tetragonal faz azalır. Alümina gibi katkı maddeleri, alümina ve zirkonya arasındaki sınırlarda ışık saçılımının artması nedeniyle yarı saydamlığı azaltır (98). Işık saçılımı, gözenekler, katkı maddeleri, kusurlar, tane boyutları ve sınırları, kristal faz ve kalınlıktan etkilenebilir (99). Gözeneklilikler, hava arasındaki kırılma indisindeki fark nedeniyle ışık saçılımını artırır ve yarı saydamlığı azaltır. Monolitik zirkonya restorasyonların normal kalınlığı (1 mm) zirkonya alt yapılardan (0,5 mm) daha fazla olduğu için, monolitik zirkonya restorasyonlar zirkonyaya göre daha opak görünmektedir. Sinterleme sıcaklığı, bekleme süresi ve toplam sinterleme süresi gibi sinterleme koşulları, zirkon restorasyonların optik özelliklerini etkileyebilir. Parlatma, zirkonyanın optik özelliklerini etkileyebilir. Parlatma, yüzey

parlaklığını, yüzey pürüzlülüğünü etkiler (100). Monolitik zirkonyanın rengi, cilalama ve camlama gibi yüzey bitirme yöntemlerinden etkilenir (101). Siman veya yapıştırma ajanı bir ara katmandır ve hem restorasyonu hem de arka planı optik olarak etkileyebilir. Zirkonya kalınlığı da rengi etkileyebilir (102).

Farklı bir çalışmada araştırmacılar literatürü beş farklı elektronik veri tabanında (PubMed Line, Scopus, ISI Web of Science, Cochrane Library ve EMBA-SE) taradı. Dijital renk tonu seçimi veya görsel renk tonu seçimi kullanmanın renk eşleşmesinin doğruluğu üzerindeki etkisini inceleyen randomize kontrollü çalışmalar veya in vitro araştırmalar dahil edildi. Eşleştirmenin geleneksel yöntemle yapıldığı restorasyonlar arasındaki renk farkı, bilgisayarlı yöntemlerle renk eşleştirmenin yapıldığı restorasyonlardan daha fazlaydı. Bu çalışmada, dijital fotoğrafçılık ve spektrofotometrik ölçümlerin kullanılmasının, renk kılavuzlarını kullanan geleneksel yöntemlere göre daha az renk farklılığına ve renk eşleştirmesinin daha az hatalı yapılmasına imkan verdiği sonucuna ulaşılmıştır (103).

Tablo 1. Çalışmalarda bulunan kabul edilebilirlik ve algılanabilirlik değerleri

Johnston ve Kao (104)	AT = 3.7 (38%)
Ruyter et al. (105)	AT = 3.3
Kuehni (106)	PT = 1.0 (42%)
Seghi et al. (107)	PT = 2.0
Ragain (108)	AT = 2.7
O'Brien et al. (109)	AT = 2.0
Douglas et al. (110)	PT = 2.6 ve AT = 5.6
Da Silva et al. (111)	AT = 2.7

Rengi değerlendiren tüm diş hekimliği araştırmaları, yazarın sonuçları karşılaştırmak için bir algılanabilirlik ve/veya kabul edilebilirlik eşiği seçmesini istemektedir. Bu eşikler belirlenmedikçe bir renk farkının nicel değerlendirmesi anlamsızdır. Bu eşik değerlerin incelendiği çalışmaları değerlendiren bir çalışmanın sonuçlarına baktığımızda, literatürün %54'ünün ΔE^* değerinin %50'sinde görsel olarak algılanabilir (PT) eşiğin 1 olduğunu bildirdiğini görülmüştür. Kabul edilebilirlik eşiğine gelince, değeri 2,0 ile 4,0 arasında değişmekte olup, literatürün yaklaşık üçte biri değerinden 3,7 olarak bahsetmekte ve tümü aynı kaynağa atıfta bulunmaktadır (Johnston ve Kao). Yapılan çalışmalar ve bulunan değerler tablo 1'de gösterilmiştir: (112)

Farklı CAD/CAM bloklarının renk stabiliteilerinin değerlendirilmesinin he-deflendiği ve Alharbi ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, feldspatik seramik blokların, hibrit seramik blokların, kompozit blokların ve doğrudan kompozitlerin renk stabiliteileri karşılaştırıldı (113). Kırmızı şarap, distile su, suni tükürük, çay ve kahve ile renklendirilme uygulanan bloklardan hibrit seramik blokların ve kompozit blokların renk stabiliteileri ile ilgili başarılı sonuçlar elde edildiği bildirildi. Quek ve ark.'na göre, direkt kompozit, indirekt kompozit, CAD/CAM kompozit ve hibrit seramiğin renk değışiklikleri kahve, kırmızı şarap ve siyah çayda 1 hafta bekletildikten sonra klinik olarak algılanabilir değışiklikler görüldüğü bildirildi. EN' (Enamic) in kola, çay ve distile su gruplarında renk değışimi diğer maddelere göre daha yüksek, kırmızı şarap grubunda ise daha düşük bulunmuştur. Renk stabilitesinin değerlendirilmesinde malzemelerin sadece mikro yapısı değil, yüzey pürüzlülüğü de dikkate alınmalıdır. İn vitro çalışmanın sınırlamaları dahilinde, hibrit seramiklerin renk bozulmasının lityum disilikatlar ve kompozitler arasında değıştiği, ancak kompozitlerin renk bozulmasına daha yakın olduğu bulunmuştur (114).

Enstrümental yöntemler kullanarak metal-seramik ve tam seramik kronların renk uyumunu doğrulamak amacıyla yapılan güncel bir çalışmada 62 hastada toplam 153 diş; 119 diş metal destekli seramik, 28 diş ısıyla preslenebilir lityum disilikat seramik ve 6 diş zirkonyum destekli seramik olacak şekilde restore edilmiştir. Restorasyonlar hastalar tarafından klinik olarak başarılı kabul edilmiş olsa da, spektrofotometre tarafından kaydedilen renk farkı kabul edilebilirlik eşiğini (AT=2.7) aşarak seramik restorasyonlar ve referans dişler arasında renk uyumsuzluğu oldu bulundu. Lityum disilikat kronlarının %25'i (VC) ve %32.14'ü (3D Master)'da, kaydedilen renk farkı PT (1.2) ve AT (2.7) arasında değışiyordu, bu da lityum disilikat kronunun bu çalışmada incelenen seramik kron türleri arasında en kabul edilebilir restorasyon materyali olduğu gösterilmiştir. Lityum disilikat kronlar, metal destekli kronlardan ve zirkonya-seramik kronlardan daha iyi bir ışık geçirgenliğine izin verir (115-119).

Güncel araştırmalar incelendiğinde rengin diş hekimliğinde yapılan restorasyonun başarısını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu görülmüştür. Daha estetik ve doğal bir görünüm için restorasyonun komşu dişlerle uyumlu bir renkte olması gerekmektedir. Renk seçimine etki eden etmenler göz önünde bulundurulur ve uygun koşullar oluşturularak renk seçimi yapılmalıdır. Günümüzde renk seçiminin ideal olarak yapılabilmesi için yeni materyal ve aletler üretilmeye devam etmektedir. Yeni estetik materyaller ve değerlendirme yöntemleri geliştirildikçe çalışmalar devam edecektir.

KAYNAKLAR

1. Mehulić M, Mehulić K, Kos P, et al. Expression of contact allergy in under going prosthodontic therapy patients with oral diseases. *Minerva Stomatologica*. 2005;54(5):303-9
2. Goldstein RE, Lancaster JS. Survey of patient attitudes toward current esthetic procedures. *J ProsthetDent*1984; 52:775-80
3. Alkhatib MN, Holt R, Bedi R. Age and perception of dental appearance and tooth colour. *Gerodontology* 2005; 22.1: 32-6
4. Odioso LL, Gibb RD, Gerlach RW. Impact of demographic, behavioral, and dental care-reutilization parameters on tooth color and personal satisfaction. *Compendium of continuingeducation in dentistry*. Jamesburg, NJ 2000; 29(suppl.): 35-41
5. Xiao J, Zhou XD, Zhu WC,et al. The prevalence of tooth discoloration and the self satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *J Oral Rehabil* 2007; 34(5): 351-60.
6. Keyf F,Uzun G,Altunsoy S. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* Cilt: 33, Sayı: 4, Sayfa: 52-58, 2009
7. Alghazali N,Burnside G,Moallem M, et al. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *J. Dent*. 2012, 40, e10–e17.
8. Bergman B,Nilson H,Andersson M. A longitudinal clinical study of ProceraCeramic-veneered titanium copings. *Int. J. Prosthodont*. 1999, 12, 135–13
9. Joiner A, Hopkinson Y. Deng, Westland S. A review of tooth colour and whiteness, *J. Dent*. 36 (s1) (2008) 2–7.
10. S.M. Burkinshaw, Colour in relation to dentistry. *Fundamentals of colour science, Br. Dent. J*. 196 (2004) 33–41.
11. Joiner A.Whitening toothpastes: a review of the literature, *J. Dent*. 38 (2010) e17–e24
12. Day PE, Duggal MS, High AS, et al. Discoloration of teeth after avulsion and replantation: results from a multicenter randomized controlled trial, *J. Endodontics* 37 (8) (2011) 1052–1057.
13. Altunsoy S. Farklı post-core materyalleri ve siman renkleri kullanılarak, In-Ceram ve IPS Empress tam seramik restorasyonlardaki renk değişikliğinin incelenmesi. Doktora tezi Ankara 2001.
14. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of invivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*2000; 83:418-423.
15. Davis BK, Aquilino SA, Lund PS, et al. Subjective evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. *Int JProst*1990; 3:567-572
16. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, er al.Evaluation of visual and instrument shade matching, *J. Prosthet. Dent*. 80 (6) (1998) 642–648.
17. Hammad IA. Intraraterrepeatability of shade selections with two shadeguides, *J. Prosthet. Dent*. 89 (1) (2003) 50–53.
18. Paravina RD. Performance assessment of dental shadeguides, *J. Dent*. 37 (s1) (2009) e15–e20.
19. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems: review of clinical and research aspects, *J. Dent*. 38 (2) (2010) e2–e16.
20. Dozić, C.J. Kleverlaan, A. El-Zohairy, et al. Performance of five commercially available toothcolor-measuring devices, *J. Prosthodont*. 16 (2) (2007) 93–100

21. Hardan, L. Protocols for mobile dental photography with auxiliary lighting. *J. Cranio-mandib. SleepPract.* 2021, 39, 181.
22. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom, PCF, et al. A comparison of new and conventional methods for quantification of toothcolor. *J. Prosthet. Dent.* 1990, 63, 155–162.
23. Pan O., Westland S. Tooth color and whitening – digital technologies. *Journal of Dentistry* 74 (2018) S42–S46.
24. Goldstein GR, Schmitt GW. Repratability of a specially designed intraoral colorimeter. *J ProsthetDent* 69:616-619,1993.
25. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J ProsthetDent* 63:155-162,1990.
26. Borse S, Chaware SH. Tooth shade analysis and selection in prosthodontics: A systematic review and meta analysis. *The Journal of Indian Prosthodontic Society* Volume 20, Issue 2, April-June 2020
27. Vryonis P. Aesthetics in ceramics: Perceiving the problem. Perspectives in Dental Ceramics. Quintessence Publishing Co., Inc. 1988, 209-218.
28. Chu SJ. [Color] Gürel G, editör. Porselen Lamina Venerler Bilim ve Sanatı. 1. Baskı. İstanbul: Quintessence Yayıncılık. 2004. p.160-82.
29. Wee AG. Description of Color, Color- Replication Process, and Esthetics. Rosenstiel SF, Land M, Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontic.* 5th ed. CV Mosby Co. 2001. p.624-45
30. Fischer J. Esthetics and prosthetics: an interdisciplinary consideration of the state of the art. Chicago. Quintessence Publishing Company. 1991.
31. Korson D, Druttman ACS. Aesthetic design for ceramic restorations. Chicago. Quintessence Publishing Company. 1994
32. Pohlen B, Hawlina M, Šober K, et al. Toothshade-matching ability between groups of students with different color knowledge. *Int J Prosthodont* 2016; 29:487-92
33. Udiljak Z, Pezo H, Čelić R. Gender-dependent quality of shade matching of dental professionals and students. *Acta Stomatol Croat.* 2020;54(4):363-370
34. Alfouzan AF, Alqahtani HM, Tashkandi EA. The effect of color training of dental students on dental shade matching quality. *J Esthet Restor Dent* 2017; 29:346-51
35. Clary JA, Ontiveros JC, Cron SG, et al. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. *J Prosthet Dent* 2016; 116:91-7
36. Igel C., Weyhrauch M., Wentaschek S, et al. M. Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dental Materials Journal* 2016; 35(1): 63–69
37. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 2009; 37: e15–20.
38. Pecho O E., Ghinea R., Alessandretti R., et al. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental Materials* 32 (2016) 82–92
39. Paravina RD, O'Neill PN, Swift EJ Jr, et al. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 2009. *J Dent.* 2010;38 Suppl2: e34-e38
40. R.D. Paravina, New shade guide for tooth whitening monitoring: visual assessment, *J. Prosthet. Dent.* 99 (3) (2008) 178–184.
41. Y.F. Yi, Z.Y. Wang, N. Wen, et al. Color comparison of two kinds of VITA shade guides, *Chin. J. Prosth.* 2 (2003) 13.

42. Commission Internationale de l'Éclairage. CIE technical report: colorimetry. CIE Pub No. 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2004.
43. Paravina RD, Powers JH, editors. Esthetic color training in dentistry. Maryland: ElsevierMosby; 2004.
44. Robertson AR. Historical development of CIE recommended color difference equations. *ColorResAppl* 1990; 15:167–70.
45. Commission Internationale de l'Éclairage. CIE technical report: colorimetry. CIE Pub No. 15.2. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 1986.
46. Clarke FJJ, McDonald R, Rigg B. Modification to the JPC79 color difference formula. *J SocDyersColour*1984; 100:128–32.
47. Luo MR, Rigg B. BFD(l:c) colour-difference formula. Part I—development of the formula. *J SocDyersColour*1987; 103:86–94.
48. Commission Internationale de l'Éclairage. CIE technical report: industrial color-difference evaluation. CIE Pub No. 116. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 1995.
49. Commission Internationale de l'Éclairage. CIE technical report: improvement to industrial color difference equation. CIE Pub No. 142. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2001.
50. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 color difference formula: CIE-DE2000. *ColorResAppl* 2001; 26:340–50.
51. Pecho O E., Pérez M M., Ghinea R., et al. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dental Materials* 32 (2016) 1362–1373
52. Nayatani Y. Differences in attributes between color difference and color appearance (chroma an hue) fornear neutral colors. *ColorResAppl*2004; 29:42–52.
53. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 color-difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *ColorResAppl*2005; 30:21–30.
54. Logvinenko AD. The geometric structure of color. *J Vis* 2015;15(16):1–9.
55. Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Color compatibility of resin composites of identical shade designation. *QuintessenceInt*2006; 37:713–9.
56. Luo W, Westland S, Ellwood R, et al. Development of a whiteness index for dentistry. *J Dent* 2009;37: e21–6.
57. Pérez MM, Ghinea R, Rivas MJ, et al. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB colorspace. *Dent Mater*2016; 32:461–7
58. Pérez MM., Herrer L., Carrillo F., et al. Whiteness difference thresholds in dentistry. *Dental Materials* 35 (2019) 292–297
59. Bergman B, Nilson H, Andersson M. A longitudinal clinical study of Proceraceramic veneered titanium copings. *Int J Prosthodont* 12:135-139,1999
60. Saraç YŞ, Saraç D, Yüzbaşıoğlu E. Üç Farklı Renk Skalasının Renk Farklılıkları Yönünden Kolorimetrik Olarak İncelenmesi. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 23 (2): 85-90, 2006
61. Joiner A. Tooth Colour: a review of the literature. *J Dent* . 2004;32(1):3–12.
62. Ubassy G. Basic terms of the phenomenon of color .In: Shape and Color: The key to successful ceramic restorations. 1st ed. Chicago: Quintessence Publishing; 1993. p. 17–23.
63. Munsell AH. A color notation . 11th ed. Baltimore: Munsell Color Company, Inc; 1961. 15 p.

64. McLean JW. The science and art of dental ceramics. *Operative dentistry*. 1979; 23:19–153.
65. Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of toothshade. *Journal of Endodontics*. 1998 Dec;24(12):786–90
66. Fondriest J. Shadematting in restorative dentistry: the science and strategies. *The International Journal of Periodontics&Restorative Dentistry*. 2003 Oct;23(5):467–79
67. O' Brien WJ. Color and appearance. In: Dickson A, editor. *Dental Materials and Their Selection*. 3rd ed. Canada: Quintessence Publishing; 2002. p. 24–36.
68. Karamouzos A, Papadopoulou MA, Kolokithas G, et al. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2007 Aug;34(8):613–21
69. Rosentritt M, Esch J, Behr M, et al. In vivo color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removable partial dentures. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985). 1998 Aug;29(8):517–22
70. Yılmaz Ö, Dikicier S, Atay A. Evaluation of shade selection methods and influencing factors in allceramic restorations: A Literature Review. *Dent&MedJ - R*. 2022;4(2):156-170
71. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, et al. A new method for matching tooth colors with color standards. *Journal of Dental Research*. 1985 May;64(5):837–41
72. Altunsoy S. Farklı post-core materyalleri ve siman renkleri kullanılarak, In-Ceram ve IPS Empress tam seramik restorasyonlardaki renk değişikliğinin incelenmesi. [Ankara]; 2001
73. Lichter JA, Solomowitz BH, Sher M. Shadeselections: Communicating with a laboratory technician. *New York StateDent*. 2000;(66):42–447.)
74. CIE Technical Report: Colorimetry. CIE pubno 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2004
75. Paravina RD, Powers JH, editors. *Esthetic color training in dentistry*. Maryland: Elsevier Mosby; 2004.
76. Commission Internationale de l'Éclairage. ' CIE Technical Report: Colorimetry. CIE Pub No. 15.3. Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2004.
77. Ghinea R, Perez MM, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*2010;38: e57–64
78. CIE Technical Report: Improvement to industrial color difference equation. CIE pubno 142, Vienna, Austria: CIE Central Bureau; 2001.
79. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 color difference formula: CIE-DE2000. *Color Researchand Application*2001; 26:340–50.
80. GhineaR,Pe´rez MM, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of Dentistry* 38s (2010) e 57– e64)
81. Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, et al. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *J ProsthetDent*2007; 98:101–9.
82. International Organization for Standardization. ISO/TR 28642 dentistry-guidance on color measurement. Geneva: International Organization for Standardization; 2011.
83. Pérez MM, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *J Dent* 2011;39(Suppl 3): e37–44.
84. Paravina RD. Critical appraisal. Color in dentistry: improving the odds of correct shade-selection. *J Esthet Restor Dent* 2009; 21:202–8.

85. Uchimura JY, Sato F, Bianchi G, et al. Color stability over time of three resin-based restorative materials stored dry and in artificial saliva. *J Esthet Restor Dent* 2014; 26:279–87.
86. Moon A, Powers JM, Kiat-Amnuay S. Color stability of denture teeth and acrylic base resin subjected to various consumer cleansers. *J Esthet Restor Dent* 2014; 26:247–55
87. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LH, et al. Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of Dentistry* 38s (2010) e57–e64
88. R. S. Berns, “Measuring color quality: perceptibility and acceptability visual judgments,” in Billmeyer and Saltzman’s Principles of Color Technology, 3rd ed. (John Wiley & Sons, NY, USA, 2000)
89. Engeldrum P, “Image quality modeling: where are we?” in Proc. IS&T’s PICS 1999 Conference (Springfield, Virginia, USA, 1999), pp. 251–255.
90. Kim A, Kim H., Park S. Measuring of the perceptibility and acceptability in various color quality measures. *Journal of the Optical Society of Korea* Vol. 15, No. 3, September 2011, pp. 310–317
91. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, et al. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent. Mater.* 2006, 22, 553–559.
92. Pecho OE, Pérez MM, Ghinea R, et al. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dental Materials* 32 (2016) 1362–1373
93. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Color differences thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2015;27: S1–9.
94. Ragain Jr JC, Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *J Esthet Restor Dent* 2001; 13:41–8.
95. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, et al. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater* 2009; 25:276–81.
96. Westland S, Luo W, Li Y, et al. Investigation of the perceptual thresholds of tooth whiteness. *J Dent* 2017;67: S11–4.
97. Pérez MM, Herrera LJ, Carrillo F, et al. Whiteness difference thresholds in dentistry. *Dental Materials* 35 (2019) 292–297
98. Zhang HB, Li ZP, Kim BN, et al. Effect of alumina dopant on transparency of tetragonal zirconia. *J Nanomater* 2012
99. Zhang Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. *Dent Mater* 2014;30: 1195–1203
100. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Donovan TE, et al: Optical properties and light irradiance of monolithic zirconia at variable thicknesses. *Dent Mater* 2015;31: 1180–1187
101. Lee WF, Feng SW, Lu YJ, et al: Effects of two surface finishes on the color of cemented and colored anatomic-contour zirconia crowns. *J Prosthet Dent* 2016; 116:264–268
102. Tabatabaian F. Color aspect of monolithic zirconia restorations: A review of the literature. *Journal of Prosthodontics* 0 (2018) 1–12
103. Hardan L., Bourgi R., Enrique C., et al. Novel trends in dental color match using different shade selection methods: A systematic review and meta-analysis. *Materials* 2022, 15, 468.

104. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of Dental Research*1989; 68:819–22
105. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*1987; 3:246–51
106. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small colour differences. *Colour Research and Application*1979; 4:83–91
107. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *Journal of Dental Research* 1989; 68:1760–4
108. Ragain Jr JCJ. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Colour Research and Application*2000; 25:278–85
109. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color difference equation for dental shades. *Journal of Dental Research*1990; 69:1762–4
110. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shademismatch. *Journal of ProstheticDentistry*2007; 97:200–8
111. Da Silva JD, Park SE, Weber HP, et al. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *Journal of ProstheticDentistry*2008; 99:361–8
112. Khashayar G., Bain P., Salari S., et al. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry* 42 (2014) 637 – 644
113. Alharbi A, Ardu S, Bortolotto T, et al. Stainsusceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices. *Odontology*. 2017;105: 162-169
114. Seyidaliyeva A, RuesDipl.-IngS,Evagorou Z, et al. Colorstability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithiumdisilicate ceramics and composite. *J Esthet Restor Dent*. 2019;1–8
115. Kanat-Ertürk B. Colorstability of CAD/CAM ceramics prepared with different surface finishing procedures. *J Prosthodont*. 2019 Jan 14. doi: 10.1111/jopr.13019.
116. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *DentClin North Am*. 2004;48: 513-530.
117. Shahmiri R, Standard OC, Hart JN, et al. Optical properties of zirconia ceramics for esthetic dental restorations: A systematic review. *J ProsthetDent*. 2018; 119:36-46.
118. Willard A, Gabriel Chu TM. The science and application of IPS e.Max dental ceramic. *Kaohsiung J Med Sci*. 2018; 34:238-242
119. GreçaD, Gasparik C, Colosi H A, et al. Color matching of fullceramic versus metal-ceramic crowns - a spectrophotometric study. *Medicine and pharmacy reports*Vol. 93 / No. 1 / 2020: 89 – 96.

