



EVALUATION OF SHADE SELECTION METHODS AND INFLUENCING FACTORS IN ALL-CERAMIC RESTORATIONS: A LITERATURE REVIEW

TAM SERAMİK RESTORASYONLARDA RENK SEÇİM YÖNTEMLERİNİN VE ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: LİTERATÜR DERLEMESİ

Öykü YILMAZ ¹, Sibel DİKİCİER ², Arzu ATAY ³

¹ Dt, Department of Prosthodontics, Hamidiye Faculty of Dentistry, Healt Sciences University, İstanbul/Turkey,

ORCID ID: 0000-0001-5705-0357

² Asst.Prof., Department of Prosthodontics, Hamidiye Faculty of Dentistry, Healt Sciences University, İstanbul/Turkey,

ORCID ID: 0000-0003-3488-4273

³ Prof., Department of Prosthodontics, Hamidiye Faculty of Dentistry, Healt Sciences University, İstanbul/Turkey,

ORCID ID: 0000-0002-2116-7905

Corresponding Author:

Dt. Öykü Yılmaz,

Address: Healt Sciences University, Hamidiye Faculty of Dentistry, Selimiye Mah. Tıbbiye Cad. No:38 34668 Üsküdar İstanbul, TÜRKİYE

E-mail: opirnar@gmail.com, Phone: +90 507 027 9834

Article Info / Makale Bilgisi

Received / Teslim: March 28, 2022

Accepted / Kabul: June 29, 2022

Online Published / Yayınlanma: June 30, 2022

DOI:

YILMAZ Ö., DİKİCİER S., ATAY A. Evaluation of Shade Selection Methods and Influencing Factors in All-Ceramic Restorations: A Literature Review. Dent & Med J - R. 2022;4(2):156-170.

Abstract

Aesthetic demands and expectations increase in dental practices. One of the most important elements for the dentist to offer the patient the ideal aesthetic rehabilitation is the color of the restoration. Many systems have been developed over time to determine the properties of color. Munsell Color System, which defines the three dimensions of color as hue, value, chroma, and CIELab Color System, which defines three axes as L^* , a^* , b^* are the most used systems. Dentists should select the most suitable shade for the patient and deliver to the dental laboratory. Shade selection methods divided into two types: visual and instrumental color selection. Many variations are observed in results due to observer's gender, age, cultural background, eye strain, and environmental factors. In addition to determining the true shade, there are different factors that will determine the final color of the restoration. The aesthetic problems of metal-ceramic restorations, which have been used frequently from the past to the present, have been resolved with all-ceramic systems that continue to be developed. Some of the properties are specific for ceramic material such as chemical structure, particle size, opacity, fluorescence, and translucency and play an important role in the final color. In addition, the final color of the ceramic depends on the underlying tooth color, thickness, and cement color. In this review, it is aimed to determine the color in all-ceramic restorations, shade selection methods, influencing factors and to review the researches in the literature.

Keywords: Ceramic, Dental Ceramic, Shade, Shade Selection.

Özet

Günümüzde diş hekimliği uygulamalarında estetik istekler ve beklentiler ön plana çıkmaktadır. Diş hekiminin hastaya ideal estetik rehabilitasyonu sunabilmesi için en önemli unsurlardan biri restorasyonun rengidir. Rengin özelliklerini belirlemek için zaman içinde bir çok sistem geliştirilmiştir. Rengin hue, value, chroma olmak üzere üç boyutunu tanımlayan Munsell Renk Sistemi ve L^* , a^* , b^* olarak üç eksenle tanımlayan CIELab Renk Sistemi en çok kullanılan sistemlerdendir. Hekim hastaya en uygun rengi seçerek laboratuvara doğru şekilde aktarmalıdır. Renk seçimi farklı yöntemlerle yapılabilir; bunlar görsel ve aletli renk seçimi olmak üzere ikiye ayrılır. Sonuçlar gözlemcinin cinsiyeti, yaşı, kültürel geçmişi, göz yorgunluğu ve ortama bağlı faktörlerle de değişebilir. Rengin doğru seçilmesinin yanında restorasyonun final rengini belirleyecek farklı faktörler de bulunmaktadır. Geçmişten günümüze sıklıkla kullanılan metal seramik restorasyonların estetik sorunları günümüzde geliştirilmeye devam edilen tam seramik sistemlerle çözüme kavuşmuştur. Seramiğin kimyasal yapısı, kristal parçacıkların boyutu, opaklık, floresans ve yarı saydamlık gibi özellikleri materyale özgüdür ve nihai renkte önemli bir rol oynar. Ayrıca seramiğin final rengi; alttaki diş rengine, kalınlık ve siman rengine de bağlıdır. Bu derlemede; tam seramik restorasyonlarda rengin belirlenmesi, renk seçim yöntemleri, etkileyen faktörler ve bu konuyla ilgili yapılan araştırmaların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Dental Seramik, Renk, Renk Ölçümü.

OVERVIEW / GENEL BAKIŞ

İnsan ilişkilerinde en önemli iletişimsel özelliklerden biri gülümseme, gülümsemenin estetiğini belirleyen en belirgin faktör ise diş estetiği ve rengidir. Protetik tedaviler, kaybedilen dişleri yerine koyabilmeyi amaçlar. Doğal dişlerle uyumlu ve hastanın beklentisini karşılayacak şekilde restorasyon yapabilmek için diş rengini doğru tanımlayabilmek önemlidir.

Doğal dişlerin renginin belirlenmesi ve yapılacak restorasyonun renginin seçilmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bunlar temel olarak görsel ve aletli renk analizidir. Görsel renk analizi ışık kaynağı, nesne ve gözlemci gibi faktörlerin değişiminden etkilenmektedir. Aletli analizle edilen sonuçlar subjektiftir.

Doğal görünümlü diş restorasyonları uygun malzeme seçimi, form, yüzey dokusu, yarı saydamlık ve renk gerektirir. Doğal dentin ve mine ışığı geri ve ileri saçarak belirli dalga boylarının seçici iletimini sağlar. Dentinin rengi, kısmen floresan, ultraviyole ışığa duyarlı organik bileşeniyle dengelenir. Minenin mavimsi beyaz rengi, daha kısa dalga boylarını seçici olarak dağıtan küçük, polikristalin, hizalı, hidroksiapatit trombositlerden kaynaklanır. Dental seramikler, ışığın karmaşık davranışını tam olarak kopyalayamaz ve doğal diş dokusunun optik özelliklerini yansıtamazlar (1).

Seramikler, doğal dişlere benzer kozmetik sonuçlar sağlama yetenekleri nedeniyle diş hekimliğinde sıklıkla kullanılmaktadır. Biouyum, ışığın yeterli yansıma ve iletilmesine izin verme ve çiğnemede iyi mekanik mukavemet sergileme konusunda öne çıkan bir özelliktir. Dental seramik sistemlerinin hızlı gelişimi, metal altyapı olmadan şekil, fonksiyon ve mükemmel estetiği restore etme hem ön hem de arka bölgelerde dişlerin tedavisini mümkün kılmıştır. Çeşitli seramik sistemler dişlerin optik özelliklerini kopyalamak için ticari olarak üretilmiştir. Genel olarak, bir seramik restorasyonun optik davranışı, alttaki diş yapısının rengi, seramik tabakaların kalınlığı ve simanın renginin kombinasyonu ile belirlenir. Seramik sistemler restorasyonların rengini ve yarı saydamlığını iyileştirirse de mükemmel bir renk sonucu garanti edilemez. Dentin dişin rengini büyük ölçüde etkileyen unsurdur. Daha yarı saydam olan seramikler daha fazla ışığın girmesine ve dağılmasına izin verir bu da alttaki dişten yansıyan renk üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu anlamına gelir. Renk değişimi olan dişlerde opak restorasyonların seçimi, restorasyon kalınlığı ve siman düzenlemeleri yapılacak istenilen sonuca yaklaşırlar.

Bu derlemenin amacı; diş hekimliğinde renk sistemleri, renk seçimi, farklı tam seramiklerin optik özellikleri hakkında bilgi vermek ve geleneksel ile dijital renk seçimi yöntemleri hakkındaki çalışmalarını değerlendirmektir.

RENK SİSTEMLERİ

Diş hekimliğinde renkle ilgili yapılan çalışmalarda Munsell renk sistemi ve CIE*Lab renk sistemi üzerinde durulmaktadır. Günümüzde bilgisayar sistemleri ile sayısal görüntülerin kliniklerden laboratuvara direkt olarak iletilmesi nedeniyle bu sistemlerde kullanılan RGB gibi renk ölçekleri de dolaylı olarak diş hekimliği uygulamalarında yer almaktadır.

Munsell Renk Sistemi

Munsell sistemi rengi tanımlamak için en sık kullanılan yöntemdir. Tutarlılık, esneklik, kullanım kolaylığı gibi nedenlerle diş hekimliğinde renk seçiminde oldukça tercih edilir (2,3).

Munsell Renk Sistemi Atlası'nda renklerin üç boyutlu sıralanması bir renk ağacında sunulmuştur. Renkler 3 boyutlu olarak gösterilmektedir (4). İçi dolu küre veya silindir şeklindeki üç boyutlu figürün merkezinde rensiz veya akromatik eksen yer alır; saf siyah en altta, saf beyaz ise en üstedir. Bu sistemdeki değişkenler, Munsell Hue (hue), Munsell Value (lightness) ve Munsell Chroma (saturation)'dır (4,6).

Hue anlaşılması en kolay değişken olup, Munsell tarafından, "bir renk ailesini diğerinden, sarıdan kırmızı, yeşilden mavi veya mor olarak ayırt ettiğimiz değer" olarak tanımlanmaktadır (7). Silindirin çevresinde düzenlenmiştir. Beş ana (mor, mavi, yeşil, sarı, kırmızı) ve beş ara (mor-mavi, mavi-yeşil, yeşil-sarı, sarı-kırmızı, kırmızı-mor) renge ayrılmaktadır (8,9). Diş hekimliğinde ana renk yaygın olarak Vita klasik renk skalasında (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) A, B, C, D harfleriyle temsil edilmektedir (10).

Value koyu ve açık rengi birbirinden ayırt ettiğimiz tanımdır ve Munsel sisteminde akromatik kutup eksenini (dikey eksen) ile gösterilir (7). En altta siyahtan başlayarak en üstte beyaza kadar gri rengin tonlarını temsil eder ve parlaklık olarak adlandırılır (8,9). Parlaklık, bir cisimden geri dönen ışığın miktarıdır. Munsell, parlaklığı siyah beyaz bir skala olarak tarif etmiştir. Parlak cisimler daha az miktarda griye sahipken, düşük oranda parlaklığa sahip cisimler ise fazla miktarda griye sahiptir ve daha koyu görünür (10). Dişlerin kolesinin parlaklık değerinin düşük olması sebebiyle bu bölgelerde ana rengin değerlendirilmesi de oldukça güçtür.

Chroma, güçlü bir rengi zayıf olandan ayırt ettiğimiz değerdir (7). Chroma merkezden periferre doğru, yatay yönde artmaktadır (8,9). Ana rengin gücünü veya pigment yoğunluğunu ifade eder. Parlaklık ve yoğunluk ters orantılıdır, dolayısıyla yoğunluk arttığı zaman parlaklık azalır. Yoğunluk Vita renk skalasında numaralarla gösterilir (10).

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE, International Commission on Illumination, 1986); renk, görünüm gibi alanlarda standart bir ışık kaynağında, standart bir gözlemci ve verilen bir renge insan görme sisteminin yanıtını gösteren tristimulus değerlerinin hesaplanmasında yetkili bir organizasyondur. Renk algılamasının insan gözündeki üç ayrı renk reseptörüne (kırmızı yeşil ve mavi) bağlı olduğunu kabul eden teoriyi destekler (6,11). Bu tanımlamaya göre tüm renkler, başlıca üç rengin, yani kırmızı (X), yeşil (Y) ve mavinin (Z) çeşitli miktarlarda karışımı ile elde edilir (12).

CIE Lab Renk Sistemi

CIE Lab sisteminin üç eksenini L^* , a^* ve b^* 'dir. L^* eksenini, rengin açıklık ve koyuluk koordinatlarını tanımlar ve mükemmel beyaz rengin L^* değeri 100 iken, mükemmel siyah rengin L^* değeri 0'dır (6). L^* değeri, Munsell sistemindeki value değerine benzerdir. a^* değeri kırmızı/yeşil eksenindeki rengi belirtir; pozitif a^* rengin kırmızılık derecesinin, negatif a^* ise yeşillik derecesinin daha fazla olduğunu gösterir. b^* değeri ise sarı/mavi eksenindeki rengi belirler; pozitif b^* sarılık derecesinin, negatif b^* ise mavilik derecesinin daha yoğun olduğunu gösterir (13).

a* ve b* koordinatları beyaz ve gri gibi nötral renklerde sifira yaklaşıırken, yoğun ya da doygun renklerde artmaktadır (14). a* ve b* değerleri, rengin yoğunluk kısmının belirleyicileri olsalar da Munsell sistemindeki hue ve chroma ile birebir örtüşmezler (15).

RENGİN BELİRLENMESİ

Diş renginin belirlenmesi amacıyla kâğıt, porselen ya da akrilik renk eşleştirme rehberliği ile karşılaştırma gibi öznel olan subjektif yöntemler ile kolorimetre, spektrofotometre ve görüntü analiz yöntemleri gibi aletsel objektif yöntemler kullanılmaktadır (16).

Subjektif Yöntemler

Standart renk skalası ile dişin aynı ışık altında gözlemlendiği ve görsel olarak karşılaştırıldığı yöntem restorasyonlarda en sık kullanılan renk seçim yöntemi olmasına ek olarak renk uyumun sağlanması için birçok araç bulunmaktadır. Kişisel gözlemlere dayanan renk seçimlerinin her zaman uyumlu olmadığı, kişinin tekrarlayan gözlemlerinde veya kişiler arası gözlemlerde uyumun değişebildiği ortaya konulmuştur. Bununla beraber ticari renk eşleştirme rehberlerinin birçok eksikliği olduğu da bildirilmektedir. Görsel analizin 3 dezavantajı vardır:

- Skalalardaki renkler yetersizdir.

- Farklı pratisyenlerde ve aynı pratisyende farklı bireyde günün farklı saatlerinde seçilen renkte standardizasyon sağlanamamakta, farklılıklar oluşmaktadır.

- Seçilen renklerin CIE Lab sisteminde karşılığı bulunmamaktadır (17).

Cihaz Kullanılan Yöntemler

Aletli renk analizi, cismin yansıttığı ışık analiz edilerek optik aletlerle yapılmaktadır. Nesnelerin rengi hakkında güvenilir, tutarlı ve kantitatif veri sağlanır. Rengin eşit dağılmaması, cismin floresan özelliği ve metamerizm olasılığı translusent materyali etkiler. Bu nedenle, translusent materyaller üzerinde çalışırken bu kısıtlamalar göz önünde bulundurulmalıdır (18,19). Diş hekimliğinde renk tespiti için üretilmiş ilk cihaz (Chromascan, Sterngold, Stamford, Conn) 1980'li yılların başında tanıtılmıştır (20). Günümüzde kullanılan cihazlar kolorimetre, spektrofotometre ve dental kameralardır.

Kolorimetre: Işığın yoğunluğuna ve dalga boyuna göre ölçüm yapan bir cihazdır (21). Tristimulus kolorimetre, CIE'nin belirlediği standart gözlemci ve aydınlatma koşullarına bağlı olarak, gözdeki algılayıcılarla aynı özellikteki üç renk filtresi yardımıyla yansıyan ışık ışınlarını kırmızı, yeşil ve mavi renk oranında çözümleyerek tristimulus değerleri ile hesaplama yapmaktadır (22). Cihazın hassasiyeti ve tekrarlanabilirliği filtrelerinin yaşlanmasıyla ilişkilidir. Buna ek olarak kolorimetreler metamerizm miktarını da belirleyemezler (20). Cihazın ölçüm geometrisi daireseldir. Titreşimli xenon flaşla aydınlatma yapan probu ile yüzeye temas ederek çalışır. Kalibrasyonun ardından ölçülen diş numarası cihazın arkasındaki menüden seçilerek ölçüme başlanır. Ortalama renk tespiti için 3 ila 5 ölçüm yapılır ve veriler kızılötesi ile cihaza aktarılır. Ölçüm sonucunda

Vitapan (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) klasik renk skalasına göre en uygun rengi tespit edilir. Çalışmalarda kolorimetre ile elde edilen sonuçların yüksek derecede tekrarlanabilir olduğu bildirilmiştir (2,22).

Kolorimetrelerin avantajları;

- Kullanımı kolaydır,
- Spektrofotometrelere göre ekonomiktir (20).

Kolorimetrelerin dezavantajları ise;

- Maliyeti fazladır,
- Yüzeyin düz veya eğimli olmasına göre uyumsuz sonuçlar verebilir,
- Materyalin yarı saydam olması ve restorasyon materyalinden sonuçlar etkilenebilir. Örneğin; metal seramik bir kuron doğal dişle aynı renkte görülebilir, fakat ölçüm sonucu farklı olabilir (edge loss, kenar kaybı, ışık demeti yarı saydam bir materyale ulaştığında lateral saçılması) (23,24).

Spektrofotometre: Örnekten yansıyan ışık miktarının görünebilir spektrumdaki beyaz geçişine oranını referans alınan belirli aralıklarla (5, 10, 20 nm) ölçmek için tasarlanmıştır (11,20). Spektral yansıtma fonksiyonu ile cismin renk parametreleri hesaplanmaktadır (25). Yüzey rengini ölçmede sıklıkla kullanılan bir yöntemdir, aynı zamanda kalite kontrolü amacı ile de kullanılır. Renk değişiminin tespitinde, porselenler, restoratif rezinler, yapay dişler, dental materyaller ve renk skalalarında kullanılmaktadır. Dental araştırmalar ve klinik çalışmalarda spektrofotometrenin in vivo diş rengi ölçümünün güçlüğü ve maliyetinin fazla olması gerekçeleriyle yaygın kullanımının zor olduğu bildirilmiştir (2).

Spektrofotometrelerin avantajları;

- Objektiftir,
- Standart koşullarda hatasız sonuç verir,
- Tutarlı sonuçlar verir,
- Metamerizm değerlendirilebilir (24,26).

Spektrofotometrelerin dezavantajları ise;

- Pahalıdır,
- Klinik kullanımı pratik değildir,
- Standardizasyonu güçtür (26,27).

Dijital Kamera: Dijital kameraların avantajı tüm cismin renk görünümünün görüntüler halinde izlenebilmesidir. Kolorimetrik ve multispektral olarak iki farklı yaklaşım kullanılır. X, Y ve Z değerleri bir

formül ile hesaplanarak Kırmızı (R), Yeşil (G), Mavi (B) değerleri elde edilir (20). Kamera algılayıcıları ile CIE standart gözlemcisi aynı spektral hassasiyete sahip olmadığı için kameranın RGB değerleri ve CIE'nin XYZ değerleri eşleşmez. Bu sebeple "kamera kalibrasyonu" gereklidir, kalibrasyon işlemi kameranın RGB değerleri ile CIE'nin XYZ değerlerinin uyumlu hale getirilmesidir. Bu amaçla en çok tercih edilen yöntem, bilinen XYZ değerlerinin bulunduğu bir referans tablo yardımıyla kameranın ayarlanmasıdır.

Multispektral yaklaşımda ise her bir piksel için yansıtma eğrisi ile elde edilir. CIE'nin standart aydınlatıcı simülatörü (örneğin; D65) ile aydınlatma yapan aydınlatıcı kutunun üzerine yerleştirilmiş cismin görüntüsü kameraya aktarılır. Sistem bilgisayar ile kontrol edilir. Aydınlatıcı kutu, sabit ve tek tip bir ortam sağlaması açısından tutarlı sonuç alınabilmesi için önemlidir. Örneğe, 450 'lık açı ile yerleştirilmiş iki lamba ile aydınlatma sağlanır.

Spektrofotometrenin ve dijital fotoğraf makinasının birlikte kullanımı renk tespitinde kullanılan yeni bir yöntemdir (20). Bu yöntemde hastanın dişlerine yakın 3-4 farklı renk tespit edilir ve 35 mm kamera ile önceden ayarlanmış bir ışık aydınlatmasında fotoğraf alınır. Ölçü ve fotoğraf dental teknisyene gönderildikten sonra teknisyen hastanın seçilen diş rengini ve skaladaki rengi fotoğraftan tespit eder. En doğru seçim için bilgisayar programından da yararlanır.

Renk skalaları

Diş hekimliğinde en sık kullanılan renk skalaları; Vita Klasik (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), Vitapan 3D-Master (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), Chromascop (Ivoclar - Vivadent, Schaan, Lihtenştayn)'tur. Günümüzde sıklıkla 3D Master üzerinde durulmaktadır.

Vita 1990'ların başında rengi üç bileşenine göre doğru bir şekilde değerlendirmek amacıyla 3D-Master skalası tanıtılmıştır. Skalaların çoğunluğunun aksine, 3D-Master; diş renginin üç boyutlu bir analizini sunmaktadır. Sekmeler, klasik kılavuzda olduğu gibi rastgele değil, sistematik ve mantıksal olarak düzenlenmiştir. Sekmeler, artan bir value ile (1, 2, 3, 4 ve 5) numaralandırılmış beş kategoriye ayrılır. Bir value grubundaki tüm sekmeler aynı parlaklığa sahiptir. Belirli bir value grubunda, chroma yukarıdan aşağıya doğru artar. 1 ve 5 hariç tüm gruplar, değişen hue değerine karşılık gelen üç harf, L, M ve R olarak adlandırılır. Value değerine göre dizilen bu sistem, renk seçiminde algılamayı kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle seçim yapılırken ilk olarak value değerlendirilmelidir. Sonrasında seçilen sekmeler açıktan koyuya doğru seçim rehberinde tekrar dizilmeli, içlerinden temel hue ve chroma varyasyonları belirlenmelidir (28).

Öngül ve ark., renk uyumunu değerlendirdiği in-vivo çalışmasında; Vitapan Classical ve Vita Tooth Guide 3D-Master renk skalalarını kullanarak maksiller santral kesici kuronlar üretmiş, Vita 3D-Master ile yapılan renk seçimlerinin doğal dişe daha yakın değerleri gösterdiğini ortaya koymuştur (29).

Renk biliminde, renk ölçüm cihazlarının belirsizliklerinin değerlendirilmesi için hassasiyet ve doğruluk testleri yapılmaktadır. Doğrulukla ilgili belirsizlikler genellikle sistematik hatalardan kaynaklanırken, hassasiyet ile ilgili belirsizlikler sıklıkla rastgele hatalarla ilişkilendirilmektedir. Hassasiyet, tekrarlanabilirlik (aynı yöntem, operatör veya cihaz) ve tekrar üretim (farklı yöntem, operatör ve / veya cihaz) değerlendirilerek test edilmektedir (30).

DENTAL SERAMİKLERİN OPTİK ÖZELLİKLERİ

Günümüzde restorasyonlarda estetiği iyileştirme çabaları özellikle anterior bölgede daha büyük öncelik kazanmaktadır. Metal-seramik kuron uygulamaları oldukça başarılıdır; ancak opak porselen ve veneer seramiğinin döküm metali yeterince maskeleyememesi gibi sınırlamaları vardır. Diş preparasyonu ve ölçü ile ilgili kısıtlamalar ve uygun olmayan renk seçiminin restorasyonun yeniden yapılmasının en yaygın ikinci nedeni olduğu çeşitli kaynaklarda ortaya konulmaktadır.

Herhangi bir seramik restorasyonun estetiğini etkileyen sınırlayıcı faktörlerden biri, rengin tekrar üretilebilirliğidir; bir başka deyişle aynı renk formülüyle yapılan ardışık restorasyonlar arasındaki renk farkıdır. Restorasyon ile doğal diş yapısı arasındaki renk farkı, estetiği olumsuz yönde etkilemektedir.

Tam seramik restorasyonların, geleneksel metal destekli seramik restorasyonlara göre daha iyi bir dişeti uyumuna ve daha yüksek estetik kaliteye sahip olduğu bilinmektedir (31). Tam seramik restorasyonların estetik sonuçları; preparasyon (diş, abutment) rengi, endikasyon, materyal, şeffaflık ve kalınlık gibi kriterlerden etkilenir. Ayrıca; kullanılacak seramiğin kimyasal yapısı, kristal parçacıkların boyutu, opaklık, floresans ve yarı saydamlığın optik özellikleri de malzemeye özgüdür ve nihai renkte önemli bir rol oynar (32). Simanın, restorasyonun rengi üzerindeki etkisi de göz ardı edilmemelidir.

Lityum Disilikat cam seramiklerin optik özellikleri

Lityum disilikat esaslı cam seramikler CAD / CAM ile üretilen en popüler tam seramiklerden biridir. Zirkonyuma göre daha yarı saydam olan lityum disilikatın bu özelliği, yüksek estetik gerektiren durumlarda ideal materyal olarak kullanılmasını ön plana çıkarmaktadır. Daha fazla şeffaflığa sahip kuronlar, doğal dişlere en yakın görünümde üretilebilmektedir (33,34). Lityum disilikat seramikler; preparasyon rengine bağlı olarak 4 şeffaflık seviyesinde (yüksek ve düşük yarı saydamlık, orta ve yüksek opaklık) kullanılmaktadır. Yüzey dokusu, porozite varlığı, fırınlama süresi, üretici, sinterleme döngülerinin sayısı, opak tabakanın kalınlığı, metal yüzey işlemi ve bunların kombinasyonu gibi bazı faktörler lityum disilikat seçimini etkilemektedir (34).

Zirkonya seramiklerin optik özellikleri

Estetik üzerindeki sürekli artan vurgu, daha önce dental restorasyonlar için kullanılan metalin yerini alacak kadar yeterli dayanıklılığa sahip materyallerin araştırılmasında etkili olmuştur. Geleneksel metal-seramik restorasyonlara en idael alternatif olarak zirkonya esaslı seramikler geliştirilmiştir.

Restorasyonlar tam kontur zirkonya (monolitik zirkonya), daha estetik olarak yüksek yarı-saydam monolitik (HT, high translucency) zirkonya veya porselen tabakalı zirkonyadan imal edilebilir. Monolitik zirkonya opak olma eğilimindedir ve bu nedenle genellikle posterior restorasyonlar için tercih edilmektedir. Ayrıca; mevcut rengin maskelenmesi gereken diş preparasyonlarında ve implant destekli sabit protezlerde oldukça etkilidir.

Monolitik HT zirkonya daha yarı saydam özelliklerinden dolayı anterior restorasyonlar için uygundur. Hem yüksek dayanıklılık, hem de iyi estetik sunmak için üretilmiştir. Monolitik HT zirkonya, porselen katmanlı zirkonya ile benzer estetiği sağlamasına rağmen daha yüksek bükülme direncine sahiptir (36). Bununla birlikte,

yarı saydamlığı artırmak için malzeme bileşenlerini değiştirmenin etkilerinin fiziksel özellikler açısından gelecek çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Rezin matrisli seramiklerin optik özellikleri

Araştırmacılar; mine ve dentine estetik ve fiziksel olarak en yakın CAD/CAM materyali arayışında birçok seramik çeşidi üzerinde durmuşlardır. Çeşitli seramik ve rezin kompozit kombinasyonları içeren sistemler bu materyallerin en yenisidir. Bunlar hibrit seramikler, rezin nanoseramikleri (RNC), rezin matrisli seramikler, polimer infiltre seramik ağlar (PICN) ve nanoseramik rezin hibritleri olarak adlandırılır (35).

Rezin matrisli seramikler, cam seramikler ve kompozitlerin avantajlarını tek bir malzemede birleştirmektedir. Bu sistemlerde cam seramiklerin dayanıklılık, renk stabilizasyonu, biyouyumluluk özellikleri ile kompozit rezinlerin onarım kolaylığı, karşıt dişlere karşı düşük aşınma ve parlatılabilirlik gibi avantajları birleştirilmiştir. Cam seramiklerin kırılma eğilimi, karşıt dişleri aşındırması ve ağız içi onarımdaki zorluk gibi dezavantajları ve kompozit rezinlerin cam seramiklere kıyasla düşük dayanıklılık, zamanla renkte bozulma ve düşük mekanik özellikler gibi dezavantajlarının önüne geçilmesi de sağlanmıştır (35). Rezin matrisli seramiklerin optik özellikleri ile ilgili uzun dönem klinik çalışmalar sınırlı sayıdadır.

RENGİN BELİRLENMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Genel olarak, bir seramik restorasyonun optik davranışı, alttaki diş yapısının rengi, seramik tabakaların kalınlığı ve simanın renginin kombinasyonu ile belirlenir. Önceki çalışmalar, mevcut prepare edilmiş dişin renk karakteristiğinin, final restorasyonun görünümü üzerinde birincil etkili olduğunu göstermiştir (36).

Preparasyon rengi

Dişler yapısı gereği insandan insana renk farklılık gösterebilirken bazı etkenler nedeniyle de renklenebilir. Bunlar yiyecek-içecek, tütün kullanımı, kötü ağız hijyeni, hastalıklar, ilaç kullanımı, endodontik tedavi, eski restorasyonlar çevre ve travma olabilir. Diş fırçalama ve diş ipi tekniklerini kullanma geçici renklenmeleri çözmekte sınırlıdır. Dişleri doğal haline döndürmek veya daha beyaz hale getirmek için uygulanan tedavi seçenekleri etkene bağlı olarak değişmekle birlikte beyazlatma prosedürleri en yaygın olanıdır. En sık başvurulan beyazlatma yöntemleri, ofis içi veya evde beyazlatma şeklindedir. İstenilen renge ulaşma sonrası lekeye neden olan yiyecek ve içeceklerden uzak durulması gerekmektedir.

Rengin yeniden düzenlenmesinde protetik seçenekler de etkili yöntemlerdir. Kompozit veneerleme sayesinde sadece renkleşmiş bölgeye lokal uygulama yapılabilirken, laminate veneer veya kuronlar yardımıyla diş rengi veya şekli değiştirilerek istenen estetik sağlanabilir. Dişteki renklenme miktarına bağlı olarak tercih edilmesi gereken materyal, materyal kalınlığı, translusensi ve endikasyonu değişmektedir (36).

Restorasyon tipi

Restorasyonun tipi, parsiyel veya tam kuron endikasyonu rengin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Laminate veneerler parsiyel kuronlar olup; renk değişimi veya düzensiz renklenme gösteren dişlerde, diastemaların kapatılmasında, malforme dişlerde tercih edilirler. Dişin vestibül yüzeyine simante edilirler ve yaklaşık 0.5-1 milimetre (mm) kalınlığında çok ince seramik veya rezin materyalden üretilirler. Kuron

restorasyonlar ise yaklaşık 2 mm kalınlığındadır ve tüm dişi kaplar. Tam seramik, metal destekli seramik veya tamamen metal bir alaşım olabilir. Restorasyonun tipi belirlenirken; renklenmiş, kuron harabiyetli, çürük, zayıflamış, malpoze dişlerin durumları dikkatlice değerlendirilmelidir.

Laminalar daha estetik görüntü sağlayabilirler, çünkü kuron uygulamasında zamanla çekilen dişeti laminalarda gözlenmez (37).

Restorasyon materyalinin tipi

Işık geçirgenliği ideal estetik için oldukça önemli bir unsurdur. Anteriordaki restorasyonlarda zirkonya içeren kor materyallerini kullanmak uygun olmayabilir, yüksek translusensi gerekli ise zirkonya yerine lityum disilikat esaslı cam seramikler veya alümina seramikler tercih edilmelidir.

Restorasyon kalınlığı

Başarılı bir final restorasyon elde edilebilmesi için hazırlanması gereken preparasyon derinliği materyaller arasında farklılık göstermektedir. Metal destekli seramik preparasyonu için tüm fasiyal yüzeylerden uniform olarak 1.2 mm redüksiyon ve doğal dişe yakın estetiği sağlamak için 2 mm insizal redüksiyon önerilir. Posteriorda tavsiye edilen redüksiyon miktarı destek tüberküller için 1.5 mm, fonksiyonel tüberküller içinse 2 mm'dir. Hem metal alt yapı hem de porselenin kalınlığını sağlayabilmek için bir shoulder kenar bitim şekli önerilmektedir.

Cam seramik sistemler için, 1 mm' lik bir aksiyal redüksiyon ve 1.5 mm' lik okluzal / insizal redüksiyon gerçekleştirilmelidir. Shoulder veya chamfer kenar bitim şekli insizalden yöneltilen kuvvetlere direnç gösterebilmesi için tavsiye edilir.

Günümüzde farklı preparasyon miktarlarına izin veren farklı zirkonya materyalleri bulunmakla birlikte materyalin tabakalı olup olmadığı da kalınlığını ve dolayısıyla renk geçişlerini etkilemektedir. Bazı klinisyenler monolitik zirkonya için daha az miktarda preparasyon ihtiyacı bildirirse de; gerekli redüksiyon miktarı 0.5 ila 1 mm aksiyal ve 1.5 mm insizal / okluzaldır (38)

TARTIŞMA

Rengin belirlenmesinde seramik sistemler ve yöntemlerle ilgili literatürün değerlendirilmesi için, çeşitli elektronik veri tabanları (PubMed, Google Scholar, Evidence Based Dentistry), 2005-2021 yılları arasında yapılmış çalışmalar dahil edilerek; 'colour', 'dental ceramics', 'shade matching', 'conventional', 'digital', 'visual' anahtar kelimeleri ve kombinasyonları ile tarandı.

Literatür taraması sonucunda 87 adet çalışma değerlendirildi, özetleri okunduktan sonra 27 çalışma seçilerek derlemeye dahil edildi. Bu çalışmalar; 15 orijinal araştırma, 7 derleme ve 6 diğer kaynak şeklinde dağılım göstermektedir.

Miyajiwala ve ark. renk seçim yöntemlerini karşılaştırmak için 50 katılımcının sağ üst santral dişinin ölçümünü farklı uygulamalar kullanarak karşılaştırmışlardır. Rengin belirlenmesi görsel metod, spektrofotometre ve dijital kamera ile yapılmış, belirlenen renkler arasında tüm yöntemlerde yüksek uyum yüzdesi bulunmasıyla

birlikte en yüksek sonuçlar A1 rengi için gözlenmiştir. Çalışmada dijital fotoğrafçılığın renk seçimi için spektrofotometreye uygun bir alternatif olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (39).

VITA Easyshade'ı in-vivo ve in-vitro olarak araştıran çeşitli çalışmalar mevcuttur. Çalışmalarda güvenilirlik, tekrarlanabilirlik veya doğruluk değerlendirmektedir. Dozic ve ark. 5 renk ölçüm cihazı (2 kolorimetre: ShadeEye, IdentaColor II; 1 spektrofotometre: VITA Easyshade; 2 dijital kamera: ShadeScan, Ikam) doğruluk ve hassasiyet yönleriyle in-vivo ve in-vitro olarak değerlendirilmiş; VITA Easyshade klinik ve in vitro koşullarda en yüksek hassasiyet ve doğruluğu göstermiştir. Ayrıca yazarlar tarafından güvenilirliği en yüksek cihaz olduğu vurgulanmıştır (40).

4 renk ölçüm cihazının (2 spektrofotometre: SpectroShade ve VITA Easyshade; 2 dijital kamera: ShadeVision ve ShadeScan) hassaslığını ve doğruluğunu değerlendiren bir çalışmada; Pusateri ve ark. %96.4 oranı ile VITA Easyshade cihazının 4 cihaz arasında en yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. VITA Easyshade cihazının doğruluğunu üretici talimatı doğrultusunda ardışık iki aynı sonuç alınana kadar yapılan ölçümlerin artırdığı düşünülmüştür (41).

2008 yılında geliştirilen VITA Easyshade Compact, VITA Easyshade'ın üst sürümüdür. Lehmann ve ark. dört renk ölçüm cihazı (3 spektrofotometre: VITA Easyshade, VITA Easyshade Compact, ShadePilot; 1 dijital kamera: ShadeVision) ile yapılan ölçümleri spektrofotometrik referans sistemi ile karşılaştırarak VITA Easyshade Compact cihazının tekrarlanabilirliğini mükemmel olarak nitelendirmişlerdir (42).

Çelik ve ark, tekrarlanan fırınlamaların (3, 5, 7 veya 9 pişirme) iki farklı veneer porselen tonuna (A1 ve A3) sahip tam seramik sistemlerin rengi üzerindeki etkisinin incelenmesinde VITA Easyshade kullanmışlardır. Seramik sistemin L * a * b * değerlerinin pişirme sayısından (3, 5, 7 veya 9) ($p < 0.001$) ve porselen renginden ($p < 0.001$) etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Seramik örneklerin rengi tekrarlanan fırınlamalardan etkilenmesine rağmen, kaydedilen renk değişiklikleri klinik olarak kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur (43).

2020'de rengin belirlenmesinde üç yöntemi karşılaştırmak için yapılan klinik bir çalışmaya dokuz hasta dahil edilmiş ve her hastaya üç tam seramik restorasyon uygulanmıştır. Ölçüm yöntemleri olarak; VITA 3D-Master (V3D), Vita Easyshade (V) spektrofotometre (VE), ve dijital fotoğrafçılık (D) kullanılmıştır. Geleneksel tam seramik preparasyonu yapılmış, çalışmanın sonucunda D grubu ve V3D grubu restorasyonlar, tüm hastalar için % 100 hasta memnuniyeti oranı vermiştir. Rengi VE ile belirlenen restorasyonlar % 55.6 hasta memnuniyeti olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, dijital fotoğrafçılık yöntemi, renk seçimi ve yüzey karakterizasyonu açısından geleneksel görsel yöntemle göre doğruluğunu kanıtlamıştır. Spektrofotometrenin ise çeşitli diş yüzeyi karakterizasyonlarını yakalayamadığı, ancak tek renkli dişlerde mükemmel sonuçlar kaydettiği vurgulanmıştır (44).

Sailer ve ark.'nın yaptıkları çalışmada, zirkonya altyapılı üç veneer seramiğinin renk stabilitesi SpectroShade kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm seramikler, 5.6 ila 6.8 arasında değişen toplam renk farkı değeri ile referans dişlerden önemli bir renk sapması sergilemişler, ancak üç seramik materyal için de dişlerle arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Yazarlar, üç seramik sistemin de estetik talepleri sınırlı bir ölçüde karşıladığı sonucuna varmıştır (45).

In-Ceram YZ (YZ), ICE Zirconia (ZZ) ve Katana (KTN) zirkonya tam seramik sisteminin translusensi ve renk özelliklerinin IPS e.max Press (IPS) tam seramik sistemi ile kıyaslanarak değerlendirildiği çalışmada 3 farklı renkte hazırlanmış olan alt yapı, veneer seramiği ve glaze işlemi uygulanmış örnekler, kontrast oranı (KO) ve translusensi parametresi (TP) bulguları ile karşılaştırılmışlardır. Zirkonya alt yapıların kontrol grubundan daha düşük translusensi gösterdiği sonucuna varılmış, A1 renkteki YZ ve KTN sistemleri ile kontrol grubu arasında anlamlı fark bulunamamış, A2 ve A3.5 renklerdeki örneklerde ise kontrol grubundan daha opak olduğu belirlenmiştir. Hedeflenen ile sonuç renk arasındaki en düşük ΔE (renk değişim) değerleri YZ sistemine ait örneklerde olduğu, A1 renkteki KTN örnekleri hariç tüm örneklerin hedef ve sonuç renkleri arasındaki farkın klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir (46).

Cristina Greta ve ark., 153 dişte yaptıkları metal seramik, lityum disilikat preslenmiş seramik ve zirkonya alt yapı seramik kuronları renk açısından karşılaştırmışlardır. Renk parametreleri; renk skalaları (Vita Classic ve Vita 3D Master) ve dental spektrofotometre (Vita easshade Advance 4.0) kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda lityum disilikat preslenmiş seramik kuronların referans dişlerle en iyi renk uyumunu sağladığı sonucuna varılmıştır. Ancak her restorasyon ile referans diş arasındaki renk farkının algılanabilirlik eşiğini aştığı yine de spektrofotometre tarafından "uygun/makul" olarak kaydedildiği belirtilmiştir (47).

Görsel ve aletsel renk seçimi arasında karşılaştırma yapılan bir çalışmada 10 gözlemci seçilmiştir. VitaLumin Skala ve bilgisayar eşleştirme uygulaması spektrofotometre kullanılarak karşılaştırılmıştır. Gözlemciler renk seçimini aynı şartlar altında yaparken, uygulama dijital kamera ile alınan görüntüyü taramaktadır. Sonuç olarak gözlemcilerin eşleştirme yeteneğinde büyük farklılıklar olduğu, tüm CIE L*, a* ve b* renk koordinatları için spektrofotometre ile dijital kamera arasında çok yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğu, dijital kameranın klinikte renk ölçümleri için kullanılabileceği ve bilgisayar kullanılarak yapılan renk tespitinin diş hekimi-laboratuvar iletişimini iyileştirebileceği belirtilmiştir (48).

Corciolani ve ark.'nın çalışmasında iki farklı seramik sisteminden üretici tanımına uygun olarak, 3D-Master renk skalası kullanılarak seçilen renk tonları spektrofotometre ile değerlendirilmiştir. Kullanılan seramik sistemleri VITA Omega 900 ve VITA VM 13 (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya)' tür. Çalışma için 2 farklı katmanlama şemasıyla 60 örnek üretilmiştir. Sonuç olarak VITA 3D-Master renk skalası, hem VITA VM 13 hem de VITA Omega 900 seramik sistemleri için, klinik kabul edilebilirlik sınırları dahilinde amaçlanan renk tonuna göre farklılıklar göstermiştir. VM 13, istatistiksel olarak daha iyi bir renk uyumu göstermiş, katmanlama şeması, restorasyonun kesin rengini etkilemiştir (49).

SUMMARY / SONUÇ

Bu literatür derlemesi, sınırlamaları dahilinde, dental seramiklerde rengin doğru seçilmesinde bir çok faktörün etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bunların başında ölçüm yöntemi ve materyalin özellikleri gelmektedir. Rengin belirlenmesinde; günümüz renk seçim teknolojilerinden yararlanarak, renk değerlendirmesinin özneliği en aza indirilebilir ve bir restorasyonun renginin doğru teşhisi daha kolay oluşturulabilir. Vita System 3D-Master, hue, value ve chroma değerlerini kullanarak ideal bir renk seçimine izin verir. Ancak doğal dişlerde bulunan kişiye özel kriterler dahil edilemediği için renk skalalarının sınırlamaları

vardır. Renk seçiminde farklı dijital teknolojilerinin kullanılması ise, seçimin özneliğini ortadan kaldırmaktadır.

Tam seramik restorasyonların final görünümünde; restorasyon materyalinin kalınlığı ve siman rengi etkili faktörler olmakla birlikte; seramiğin kimyasal yapısı, kristal parçacıkların boyutu, opalasens, fluoresans ve yarı saydamlık gibi materyale özgü özellikler de rengin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. In-vitro çalışmalardan elde edilen sonuçların doğrulanması ve seramiğin renk stabilitesi uzun dönem klinik çalışmalarla araştırılmalıdır. Bu bilgilerin yanında farklı renk seçim yöntemlerinin belirli bir tam seramik restorasyon materyali için karşılaştırıldığı çalışmalar sınırlıdır ve bu konuda gelecek çalışmalara ihtiyaç vardır.

Acknowledgements / Teşekkür

Bana olan tüm desteği ve yönlendirmeleri için danışmanım Sn. Dr. Sibel Dikicier'e teşekkür ederim.

References / Referanslar

1. Shahmiri R, Standard OC, Hart JN, Sorrell CC. Optical properties of zirconia ceramics for esthetic dental restorations: A systematic review. The Journal of prosthetic dentistry. 2018 Jan;119(1):36-46.
2. Joiner A. Tooth Colour: a Review of the Literature. J Dent . 2004;32(1):3-12.
3. 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.
4. Munsell AH. A Color Notation . 11th ed. Baltimore: Munsell Color Company, Inc; 1961. 15 p.
5. McLean JW. The science and art of dental ceramics. Operative dentistry. 1979;23:19-153.
6. Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. Journal of endodontics. 1998 Dec;24(12):786-90.
7. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. The International journal of periodontics & restorative dentistry. 2003 Oct;23(5):467-79.
8. O' Brien WJ. Color and appearance. In: Dickson A, editor. Dental Materials and Their Selection. 3rd ed. Canada: Quintessence Publishing; 2002. p. 24-36.
9. Karamouzou A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. Journal of oral rehabilitation. 2007 Aug;34(8):613-21.
10. Rosentritt M, Esch J, Behr M, Leibrock A, Handel G. 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.
11. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. The Journal of prosthetic dentistry. 2002 Jun;87(6):657-66.
12. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. The Journal of Prosthetic Dentistry. 1986 Jul;56(1):35-40.

13. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standards. *Journal of dental research*. 1985 May;64(5):837-41.
14. Altunsoy S. Farklı post-core materyalleri ve siman renkleri kullanılarak, In-Ceram ve IPS Empress tam seramik restorasyonlardaki renk değişikliğinin incelenmesi. [Ankara]; 2001.
15. Lichter JA, Solomowitz BH, Sher M. Shade selections: Communicating with a laboratory technician. *New York State Dent*. 2000;(66):42-447.
16. Keyf F, Etikan I. Evaluation of gloss changes of two denture acrylic resin materials in four different beverages. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2004 Mar;20(3):244-51.
17. Powers JM, Sakaguchi RL. Optical, thermal, and electrical properties. In: *Craig's Restorative Dental Materials*. 12th ed. USA: Mosby; 2006. p. 27-35.
18. Anusavice KJ, Phillips RW, Skinner EW. Physical properties of dental materials. In: Anusavice KJ, editor. *Phillips' Science of Dental Materials*. 10th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p. 37-44.
19. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998 Dec;80(6):642-8.
20. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2002 Dec;88(6):585-90.
21. Hindle JP., Harrison A. Tooth colour analysis by a new optoelectronic system. *Eur J Prosthodont Restor Dent* . 2000;8(2):57-61.
22. Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *Journal of oral rehabilitation*. 2006 Mar;33(3):221-8.
23. Knispel G. Factors Affecting the Process of Color Matching Restorative Materials of Natural Teeth. . *Quintessence Int*. 1991;22:525-31.
24. Ishikawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsuruta O, Weber H-P. Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005 Feb;93(2):129-37.
25. Analoui M, Papkosta E, Cochran M, Matis B. Designing visually optimal shade guides. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2004 Oct;92(4):371-6.
26. Berksun S. Esthetic principles in prosthodontics. *TDBD*. 2004;(83):61-7.
27. Öngül D, Şermet B, Balkaya MC. Visual and instrumental evaluation of color match ability of 2 shade guides on a ceramic system. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2012 Jul;108(1):9-14.
28. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *Journal of dentistry*. 2009;37 Suppl 1:e2-6.
29. Sadowsky SJ. An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2006 Dec;96(6):433-42.
30. Kurtulmus-Yilmaz S, Ulusoy M. Comparison of the translucency of shaded zirconia all-ceramic systems. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. 2014;6(5):415.
31. Mizrahi B. The anterior all-ceramic crown: a rationale for the choice of ceramic and cement. *British dental journal*. 2008 Sep 13;205(5):251-5.

32. Pires LA, Novais PMR, Araújo VD, Pegoraro LF. Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017 Jan;117(1):144-9.
33. Sevmez H, Bankoğlu Güngör M, Yılmaz H. Resin Matrix Ceramics. *Turkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*. 2019;25(3):351-9.
34. Chaiyabutr Y, Kois JC, LeBeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2011 Feb;105(2):83-90.
35. della Bona A, Pecho OE, Ghinea R, Cardona JC, Pérez MM. Colour parameters and shade correspondence of CAD-CAM ceramic systems. *Journal of dentistry*. 2015 Jun;43(6):726-34.
36. Ebrahimpour A, El-Mowafy O. Does Selection of Different Restorative Materials Affect the Amount of Tooth Structure Saved for Crown Preparations? <https://www.oralhealthgroup.com/features/does-selection-of-different-restorative-materials-affect-the-amount-of-tooth-structure-saved-for-crown-preparations/>. 2018.
37. Miyajiwala J, Kheur M, Patankar A, Lakha T. Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2017;17(3):273.
38. Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*. 16(2):93-100.
39. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009 Mar;101(3):193-9.
40. Lehmann K, Igiel C, Scheller H. Reliability of Two Vita Easyshade Compact Shade Selection Devices. *The European Journal of Esthetic Dentistry*. 2011;6(4).
41. Celik G, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Ozturk O, Goktug G. The effect of repeated firings on the color of an all-ceramic system with two different veneering porcelain shades. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2008 Mar;99(3):203-8.
42. Ferroukhi R, S El Dein El-Mahallawi O, Naguib M Hussien A. Impact of Digital Photography and Conventional Method on the Accuracy of Shade Matching in the Esthetic Zone (In Vivo Study). *Acta Scientific Dental Sciences*. 2020 Sep 26;4(10):82-94.
43. Sailer I, Holderegger C, Jung RE, Suter A, Thiévent B, Pietrobon N, et al. Clinical study of the color stability of veneering ceramics for zirconia frameworks. *The International journal of prosthodontics*. 20(3):263-9.
44. Kurtulmuş S, Ulusoy M. Farklı zirkonya tam seramik sistemlerinin translusensi ve renk özelliklerinin karşılaştırılması. [Lefkoşa]; 2011.
45. Greța DC, Gasparik C, Colosi HA, Dudea D. Color matching of full ceramic versus metal-ceramic crowns - a spectrophotometric study. *Medicine and pharmacy reports*. 2020 Jan;93(1):89-96.
46. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British Dental Journal*. 2005 Jul 9;199(1):43-9.
47. Corciolani G, Vichi A, Louca C, Ferrari M. Color match of two different ceramic systems to selected shades of one shade guide. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2011 Mar;105(3):171-6