

Maksiller Ön Bölge Dişleri Arasındaki Renk İlişkisi

Color Relationship Between Maxillary Anterior Teeth

Erdal EROĞLU,^a
H. Cenker KÜÇÜKEŞMEN,^a
Pelin ÖZAT^a

^aProtetik Diş Tedavisi AD,
Süleyman Demirel Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Isparta

Geliş Tarihi/Received: 21.04.2011
Kabul Tarihi/Accepted: 08.07.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:
Erdal EROĞLU
Süleyman Demirel Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD, Isparta,
TÜRKİYE/TURKEY
prostodontist@hotmail.com

ÖZET Amaç: Üst ön bölge dişlerinin restorasyonu, diş hekimini en çok zorlayabilecek tedavi süreçlerinden biridir. Bu dişler arasındaki renk ilişkisinin ayrıntılı olarak tanımlanması, eksik diş ya da dişlerin protetik restorasyonu sırasında önemli bir estetik rehber teşkil edecektir. Bu çalışmanın amacı, genç bir nüfusun maksiller ön dişleri arasındaki renk ilişkisinin spektrofotometrik ölçüm yöntemi ile değerlendirilmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğrencileri arasından seçilen 101 kadın ve 100 erkek olmak üzere toplam 201 gönüllü birey üzerinde gerçekleştirildi. Katılımcıların üst sağ ve sol santral, lateral ve kanin dişlerinde spektrofotometrik (Easysshade, Vita-Zahnfabrik) ölçüm yapıldı. Rengin boyutları olarak CIE L*a*b* değerleri ve renk farklılıklarını tanımlayan ΔE değerleri kullanıldı. İstatistiksel değerlendirme için 2-yönlü Student t testi kullanıldı ($p < 0.05$). **Bulgular:** Bireylerin santral ve lateral dişleri arasındaki renk farklılığı ($\Delta E: 2,277$) algılanabilir seviyede çıktı. Ancak santral ve lateral dişlerle kanin dişler arasında klinik olarak çok belirgin renk farklılığı ($\Delta E: 8,52 - \Delta E: 6,29$) olduğu gözlemlendi. Ölçüm yapılan dişlerin ortalama L* değeri santralden kanin dişe doğru azalırken (sırasıyla 8, 81,713, 78,908), a* (sırasıyla -1,14, -0,221, 1,034) ve b* değerlerinde (sırasıyla 21,925, 23,651, 29,122) ise artış saptandı ($p < 0,05$). **Sonuç:** Üst ön bölgedeki estetik restoratif uygulamalarda santral ve lateral dişler arasındaki renk farklılığının algılanabilir seviyede olduğu, ancak kanin dişin her iki kesici dişe göre çok belirgin renk farklılığı gösterdiği, bu farklılığın da özellikle sarı renk tonundaki artıştan (b*) kaynaklandığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Renk algılama; diş

ABSTRACT Objective: Restoration of maxillary anterior teeth is one of the most challenging treatment protocols for the dentist. Assessment of the color relation between these teeth will be a valuable esthetic reference point in prosthetic restoration of missing teeth. The aim of this study was to evaluate the color relation of maxillary anterior teeth using a spectrophotometric method in a young population. **Material and Methods:** This study was carried out on volunteers recruited among students from the Süleyman Demirel University Faculty of Dentistry and included 201 individuals (100 males and 101 females). Spectrophotometric measurements (Easysshade, Vita-Zahnfabrik) were done on left and right central and lateral incisors and canine teeth. CIE L*a*b* values were used to determine the dimensions of color and ΔE was used to differentiate color differences. Student's t test (two-paired) was used for statistical analyses ($p < 0.05$). **Results:** Color difference between central and lateral incisors of individuals was clinically perceivable ($\Delta E: 2.277$). However, there was extremely marked color difference between central and lateral incisors, and canine teeth ($\Delta E: 8.52$ and $\Delta E: 6.29$ respectively). Mean L* value of the measured teeth decreased significantly from central incisor to canine (82.918, 81.713, 78.908 respectively), while value a* (-1.14, -0.221, 1.034 respectively) and value b* showed a significant increase (21.925, 23.651, 29.122 respectively) ($p < 0.05$). **Conclusion:** The results of this study showed that color difference between maxillary incisor teeth was perceivable while canine teeth showed extremely marked color difference with these teeth. This difference most likely was due to the increased yellowish color tone (b*).

Key Words: Color perception; tooth

İnsan yaşamında estetik değerlerin giderek önem kazanması, diş hekimliğinde estetik amaçlı teknikleri ve tedavi süreçlerini de doğrudan etkilemektedir.^{1,2} Toplumsal iletişimin en önemli yolları arasında yer alan gülme ve konuşma sırasında doğrudan görüş alanı içinde yer aldıkları için maksiller ön bölge dişleri de bu anlamda özel bir önem kazanmıştır. Bu dişlerin büyüklükleri ve formları hem yüz, hem de diş estetiği için önem taşımaktadır.³ Ancak diş hekimliğindeki en önemli estetik belirleyicilerden biri de renktir.⁴ Sürekli gelişen restoratif diş hekimliğinde başarıya ulaşmak için renk bilimini, renk algısını, rengin karakteristiğini ve modifikasyonlarını anlamak önemlidir.⁵⁻⁷

Renk seçimi sırasında kullanılan ışık ve ortam rengi gibi çevresel faktörlerin yanı sıra, renk seçimi yapacak kişinin yaşı, beslenme alışkanlıkları, duygusal durumu, düzenli olarak kullandığı ilaçlar, renk algılama bozuklukları, görsel yorgunluk düzeyi ve renk seçimi sırasında hangi gözünü kullandığı da eşleştirme işlemi üzerinde etkili olabilir.⁸⁻¹² Dolayısıyla renk algısı kişiden kişiye veya aynı kişinin kendi içinde bile farklılıklar gösterebilen öznel bir olgudur.

Kullanılacak restoratif malzemenin optik özellikleri de renk uyumunu sağlayabilmek için çok önemlidir. Malzemenin ışık geçirgenliği ya da opaklığı da taklit edilmek istenen doğal dişlere benzer renklerde üretilebilmeleri üzerinde etkilidir.⁸ Diş hekimliğinde renk seçimi ve seçilen renkteki malzemenin üretilebilmesine yönelik çalışmaların temel amacı, doğal dişe benzer görünümde restorasyonlar üretebilmektir. Ancak histolojik ve morfolojik yapıları, doğal dişlerin optik özelliklerini taklit edilmesi güç hale getirmektedir. Mine ve dentin tabakalarının farklı organik içerikleri ve kalınlıkları, dişe gelen ışığın bir kısmının geçişine, bir kısmının emilimine, bir kısmının ise farklı yönlerde yansıtılmasına yol açar.¹³ Dentin dişin ana renginin belirlenmesinde, mine ise yüzey özellikleri, geçirgenlik miktarı ve kalınlığı ile renk parlaklığına etki etmektedir.^{8,14-19} Bütün bu değişkenler, başarılı bir renk seçimi için kullanılacak yöntemleri ve ölçütleri daha da önemli hale getirmektedir.

Diş hekimliğinde renk seçim ve ölçümleri görsel ve/veya aletsel yöntemlerin kullanımıyla gerçekleştirilmektedir.²⁰ Dental renk rehberlerinin

kullanımıyla gerçekleştirilen görsel diş rengi eşleştirmesi, diş hekimliği kliniğinde en çok kullanılan yöntemdir.^{3,17,21-24} Renk rehberlerinin kullanılması, kişisel renk eşleştirebilme özelliği, renk seçim şartları ve renk seçim yöntemi gibi bazı faktörler, görsel renk eşleştirme kalitesini etkileyebilir.²¹ Fakat diş rengi tespitinin görsel olarak belirlenmesi son derece özeldir.^{2,17,25}

Diş renginin belirlenmesinde kullanılan diğer yöntem ise, ağız içi renk ölçüm cihazlarıdır ve bu cihazlar, kendi içlerinde kolorimetre ya da spektrofotometre adı altında çeşitlendirilmiştir. Bu cihazlar "Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)" adlı komisyon tarafından belirlenen sistematik renk ölçüm yöntemlerini kullanırlar. İlk kez renk ölçüm sistematigi 1931 yılında CIE tarafından önerilmiştir ve bu sistem, prensipleri değişmeden günümüze kadar gelmiştir.²⁶ Spektrofotometreler, bir nesnenin ışığı iletmesi veya yansıtmasına göre bir seferde bir dalga boyunu ölçebilir ve görünür spektrumda ağızdaki veya çekilmiş dişlerin renginin ölçülmesinde kullanılırlar.^{27,28}

Bu çalışmanın amacı, genç bir popülasyonda üst ön bölge dişlerine ilişkin renk dağılımının spektrofotometrik analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma için Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden etik kurul onayı alındı. Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde eğitim görmekte olan öğrenciler arasından bu çalışmaya katılmak isteyen gönüllülere aydınlatılmış onam formu imzalatıldı. Bu çalışma, 101 kadın 100 erkek olmak üzere toplam 201 gönüllü katılımcı ile gerçekleştirildi. Bu katılımcıların çalışmaya dâhil edilme kriterleri, renk eşleştirilmesi yapılacak doğal dişlerin (üst sağ ve sol santral dişler, üst sağ ve sol lateral dişler ve üst sağ ve sol kanin dişler) restorasyonsuz olması, ortodontik tedavi görmemiş olması, ağartma işlemi yapılmamış olması ve aşırı rotasyonlu olmaması şeklinde belirlendi. Bu kriterlere sahip olmayan bireyler çalışmaya dâhil edilmedi.

RENK ÖLÇÜM İŞLEMİ

Ölçümleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde görevli, Vita Easyshade spekt-

rofotometresini kullanmayı bilen ve bunun için yeterli tecrübeye sahip öğretim üyelerinden biri gerçekleştirildi.

Diş rengi eşleştirmesi yapılacak kişiden, her tespit seansından önce, standart ve tek kullanımlık bir diş fırçası ile (Practico, Isparta, TÜRKİYE) dişlerini bir dakika boyunca fırçalaması istendi. Klinikte kullanılan standart diş ünitlerinden biri (Anthos A4, Imoda, ITALY), çalışma boyunca kullanılmak üzere ayrıldı. Reflektör, aynı uzaklıktan hastanın üst ön çenesini dik olarak aydınlatacak şekilde sabitlendi. Diş rengi eşleştirmesi amacıyla Vita Easyshade spektrofotometre kullanıldı. Her katılımcı için ayrı bir enfeksiyon bariyeri cihazın ucuna takılıp, cihazın üzerinde mevcut olan kalibrasyon bölümünde kalibre edildi. Daha sonra eşleştirme yapılacak her bir dişin orta üçlüsünden üç kez ölçüm yapılarak, bu üç ölçümün ortalaması alındı. Buna göre, her bir bireyin üst çenesinde, sağ ve sol santral, lateral ve kanin dişleri olmak üzere 6 ölçüm değeri elde edildi. Ölçüm sonuçları olarak CIE L*a*b* değerleri ve renk farklılıklarını ortaya koyan ΔE değeri incelenmek üzere kaydedildi.

VİTA EASYSHADE SPEKTROFOTOMETRE

Günümüzde kullanılmakta olan spektrofotometre sistemlerinden biri de Vita Easyshade (VİTA Zahnfabrik, Germany) spektrofotometredir. Cihaz, diş rengini Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) tarafından belirlenen CIE La*b* renk uzayı sistemine göre tanımlamaktadır. Bu sistem, belirlenen bir doğal diş ile eşleştirme yapılan obje arasındaki renk farkını (ΔE) tanımlamak için kullanılır. "L" eksenini dişteki parlaklığı ifade edip siyah-beyaz (0-100) arasında ölçüm verirken, "a*" eksenini yeşil-kırmızı (artı değerler kırmızı, eksi değerler yeşil) seviyesini, b* eksenini ise sarı-mavi (artı değerler sarı, eksi değerler mavi) seviyesini belirler. Renk farklılığı (ΔE) ise şu formüle göre hesaplanmaktadır:⁸

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

RENK FARKLILIĞININ (ΔE) KLİNİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), renk farklılıklarının (ΔE) değerlendirilebilmesi için bir sınıflama yapmıştır. Bu sınıflamaya göre: ΔE'nin

0,0-0,5 arasında olduğu değerler çok hafif renk değişikliğini, 0,5-1,5 arasında olduğu değerler hafif renk değişikliğini, 1,5-3,0 arasında olduğu değerler algılanabilir renk değişikliğini, 3,0-6,0 arasında olduğu değerler belirgin renk değişikliğini, 6,0-12,0 arasında olduğu değerler çok belirgin renk değişikliğini, 12,0 ya da daha büyük olduğu değerler ise bir başka rengi ifade etmektedir.²⁹

Ölçümlerimizin sonuçları, SPSS 15.0 istatistik programı kullanılarak Student t testi (two-paired samples t testi) ile değerlendirildi (α: 0.05).

BULGULAR

Renk eşleştirme işlemine 101 kadın ve 100 erkek olmak üzere toplam 201 gönüllü katıldı. Her bir katılımcı için hem sağ bölgeden hem de sol bölgeden olmak üzere toplam 6 dişten ölçüm gerçekleştirildi. Dişler, üst santral, lateral ve kanin dişleri şeklinde gruplandırılarak, her bir grup için 402 ölçümün verileri kaydedildi. Rengin boyutları olarak CIE L*a*b* ve renk farklılıklarını tanımlayan ΔE değerleri kullanıldı.

Ölçüm yapılan dişler rengin boyutlarını oluşturan L*a*b* değişkenleri açısından incelendiğinde, santral ve lateral dişler arasında tüm değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır (sırasıyla p= 0,011; p= 0,000; p= 0,000). Saptanan bu farklılık (ΔE: 2,277), algılanabilir renk değişikliği olarak tanımlanmaktadır (1,5 ≤ ΔE ≤ 3,0).

L*a*b* ve ΔE değerleri açısından santral - kanin diş karşılaştırmasında da tüm değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır (sırasıyla p= 0,000; p= 0,000; p= 0,000). Saptanan bu farklılık (ΔE: 8,52), çok belirgin renk farklılığı sınıflamasına girmektedir (6,0 ≤ ΔE ≤ 12,0).

Lateral-kanin diş karşılaştırmasında L*a*b* ve ΔE değerleri açısından tüm değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır (sırasıyla p= 0,000; p= 0,000; p= 0,000). Saptanan bu farklılık da tıpkı santral-kanin karşılaştırmasında olduğu gibi ΔE: 6,297 birimlik değeri ile çok belirgin renk farklılığı sınıflamasına girmektedir (6,0 ≤ ΔE ≤ 12,0).

L*, a* ve b* ölçümlerine ilişkin ΔE değerleri Tablo 1'de verilmiş olup, ölçümlerin minimum de-

TABLO 1: Üst ön keser dişler arasındaki renk farklılıkları (ΔE).

Birbiriyle İlişkileri İncelenen Dişler	ΔE
Santral-Lateral	2,277
Santral-Kanin	8,52
Lateral-Kanin	6,297

n= 1206.

ğerleri, maksimum değerleri, ortalama değerleri ve standart sapma miktarları Tablo 2'de yer almaktadır. Ölçüm yapılan üst santral, lateral ve kanin dişlerin arasında L*, a* ve b* değerleri bakımından anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiş ve bunlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

TARTIŞMA

Doğal dişlerin görüntüsü çok sayıda optik fenomen sonunda ortaya çıkmaktadır. Doğal dişlerin optik

özelliklerini ortaya çıkaran ve onu taklit edilmesi güç hale sokan en önemli özelliklerden birisi, doğal diş oluşturulan farklı histolojik yapılarıdır. Optik özelliklerin oluşmasına dişin tabakaları olan mine, dentin ve pulpa katkıda bulunmaktadır. Dentin dişin ana renginin belirlenmesinde, mine ise yüzey özellikleri, geçirgenlik miktarı ve kalınlığı ile renk parlaklığında etkili olmaktadır. Mine tabakasının geçirgenliği arttıkça dentin renginin belirleyiciliği artmaktadır.^{14,16,30,31} Mine tabakasındaki hidroksiapatit kristalleri ışığın mine içinde kırılarak dağılmasına ve dentine ulaşmasına neden olur. Yarı geçirgen bu tabaka aynı zamanda dentinden yansıyan ışığın da geçişine izin vererek, doğal diş görüntüsünün oluşmasında en önemli rollerden birini oynar. Mine geçirgenliğindeki azalma da tüm rengin olduğundan başka algılanmasına yol açar.³² Renk yoğunluğundaki farklılık ise, esas olarak diş hacmindeki farklılıktan kaynaklanır.^{30,31}

TABLO 2: Tüm ölçümlerin renk koordinatlarına ait değerler.

		Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Santral	ΔL	16,2	92,5	82,91	9,22
	Δa	-2,9	3,7	-1,14	1,01
	Δb	11,4	89,7	21,92	9,43
Lateral	ΔL	29	90,5	81,71	4,95
	Δa	-2,1	5,2	-0,22	1,01
	Δb	3,6	36,5	23,65	3,81
Kanin	ΔL	65,2	89	78,9	2,99
	Δa	-1,2	4,9	1,03	0,92
	Δb	19	40,3	29,12	3,14

n= 1206.

TABLO 3: Üst ön grup dişlerin ikili karşılaştırılmaları (Student T testi).

		Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması	Anlamlılık Düzeyi (p<)
Santral-Lateral	L*	1,204	9,513	0,474	0,011
	a*	-0,918	1,025	0,511	0,000
	b*	-1,725	8,935	0,445	0,000
Santral-Kanin	L*	4,01	9,338	0,465	0,000
	a*	-2,174	1,116	0,055	0,000
	b*	-7,196	9,337	0,465	0,000
Lateral-Kanin	L*	2,805	4,5	0,224	0,000
	a*	-1,255	0,951	0,047	0,000
	b*	-5,47	2,942	0,146	0,000

n= 1206, p<0.05.

Dışlerin boyutları, şekilleri ve yüzey özellikleri tüm renkleri etkileyen ışığın yansıma modeli üzerinde etkili olmaktadır. Morfolojik olarak dentin ve minenin kalınlıkları diş rengini etkilemektedir. Buna rağmen, tüm renkleri sadece mine ve dentin kalınlıklarının etkilemediği de bilinmektedir.¹⁵ Konuyla ilgili olarak farklı insan dişlerindeki kalınlık ve renk farklılıkları,³³ ayrıca aynı dişin farklı bölgelerindeki kalınlık ve renk farklılıkları incelenmiştir.³⁴

Ön bölge dişlerinin yüzeyindeki renk dağılımları kolorimetre,³⁴ spektrofotometre,²⁷ spektrodijital kamera¹⁴ ile ölçülmüştür. Aletsel renk analizinde temel olarak spektrofotometreler ve kolorimetreler kullanılmaktadır. Bunlar, renkteki değişiklikler gözün algılama seviyesinin altına indiğinde bile tekrarlanabilir ve güvenilir sayısal ölçümler yaparak rengin istatistiksel bir veri olarak algılanabilmesini sağlarlar.³² Çalışmamızda da CIEL*a*b* renk sistemini kullanan ve ölçüm yapılan nesnenin 3 boyutlu renk uzayındaki yerini ifade edebilen bir spektrofotometre olan Vita Easyshade (VİTA Zahnfabrik, Germany) kullanılmıştır.

Doğal dişlerdeki mine ve dentin tabakalarına ilişkin kalınlık ölçümü yapılan çalışmalar, daha çok bu kalınlıkların diş kesimine yönelik etkileri açısından gerçekleştirilmiştir.^{36,37} Mine ve dentin tabakalarına yönelik bu çalışmalardan birinde Shillingburg ve ark. üst santral dişin bukkal orta bölümünde mine - dentin kalınlığını 1,0/1,4 mm olarak tespit ederken, aynı ölçüm bölgesinde lateral diş için 1,0/1,1 mm, kanin dişi için ise 0,8/2,0 mm değerlerini bildirmişlerdir.³⁷ Çalışmamızdaki istatistiksel analizler santral, lateral ve kanin dişleri için tüm L*a*b* ve ΔE değerlerinde her bir ikili eşleştirme için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar (Santral-Lateral ΔE : 2,277, Santral-Kanin ΔE : 8,52,

Lateral-Kanin ΔE : 8,52) olduğunu göstermiştir ($p < 0,005$). Bu sonuçlar, mine ve dentin tabakalarındaki kalınlık farklılıkları ile birlikte değerlendirildiğinde, mine-dentin tabakası kalınlıklarının ve oranlarının diş rengi üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. İki yüz bir birey üzerinde yaptığımız çalışmanın sonuçları ile Dozic ve ark.nın,¹⁵ 100 bireyden elde edilen fotoğrafların bilgisayarda analizi ile yaptıkları çalışmada ortaya çıkan ΔE değerleri benzerlik göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen bu sonuçlar, genç bir toplumun diş rengi özelliklerini yansıtmaktadır. Yaşla birlikte mine ve dentin tabakalarında gerçekleşen fizyolojik değişikliklerin bir sonucu olarak, özellikle kesiciler ve kaninler arasındaki bu renk farklılığı da değişebilir. Öngörülen tüm şartların uygun olduğu durumlarda, yaş arttıkça santral kesicilerin rengi daha koyu, daha kırmızımsı ve daha sarı olarak görülmektedir.³⁵ Bunun için de farklı yaş gruplarında bu çalışmaların tekrarlanması uygun olabilir.

SONUÇ

Çalışmamızda, ölçüm yapılan üst ön bölgedeki dişlerin mine ve dentin kalınlığına bağlı olarak bu dişler arasında renk açısından bir ilişki gözlemlendi. Bu ilişki, özellikle santral ve lateral dişler arasında renk benzeşmesi olarak güçlü bir şekilde kendini gösterdi. Ancak her iki kesiciyle kanin diş arasındaki ilişkide ise özellikle b* değerinden (sarı renk tonu) kaynaklanan güçlü bir renk farklılığı ortaya çıktı.

Üst ön bölgede gerçekleştirilecek restorasyonların renk dağılımları sırasında bu ilişkilerin gözlemlenmesi ve laboratuvar işlemlerinin bu amaca yönelik olarak gerçekleştirilmesi, doğal diş renklenmesine benzer restorasyonların üretilmesine yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Mayekar SM. Shades of a color illusion or reality? *Dent Clin North Am* 2001;45(1):155-72.
2. Eroğlu E, Kūçūkeşmen HC, Uluhan B. [Determination of tooth color distribution of the patients who appealed to the Prosthetic Clinics of S.D.Ü Faculty of Dentistry] *Journal of Selçuk University Dental Faculty* 2007;148(2):28-31.
3. Hasanreisioğlu U, Berksun S, Aras K, Arslan İ. An analyses of maxillary anterior teeth: Facial and dental proportions. *J Prosthet Dent* 2005;94(6):530-8.
4. Paravina RD. Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. *Int J Prosthodont* 2002;15(6):528-34.
5. Ahn JS, Lee YK. Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *J Prosthet Dent* 2008;100(1):18-28.
6. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002;88(6):585-90.
7. Anand M, Shetty P, Bhat SG. Shade matching in fixed prosthodontics using instrumental color measurements and computers. *J Indian Prosthodont Soc* 2007;7(4):179-83.
8. Chu SJ, Devigus A, Miesleszko. *Fundamental of Color: Technology Based Shade Matching*. Miesleszko. *Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. 1st ed. IL: Quintessence Publishing Co; 2004. p.20-49.
9. Chu SJ. Precision shade technology: contemporary strategies in shade selection. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002;14(1):79-83.
10. Ahmad I. Three-dimensional shade analysis: perspectives of color--Part II. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12(6):557-64.
11. Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *J Oral Rehabil* 2006;33(3):221-8.
12. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68(5):819-22.
13. Bentley C, Leonard RH, Nelson CF, Bentley SA. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. *J Am Dent Assoc* 1999;130(6):809-16.
14. Dozić A, Kleverlaan CJ, Aartman IH, Feilzer AJ. Relation in color of three regions of vital human incisors. *Dent Mater* 2004;20(9):832-8.
15. Dozić A, Kleverlaan CJ, Aartman IH, Feilzer AJ. Relations in color among maxillary incisors and canines. *Dent Mater* 2005;21(3):187-91.
16. Pohjola RM, Hackman ST, Browning WD. Evaluation of a standard shade guide for color change after disinfection. *Quintessence Int* 2007;38(8):671-6.
17. Joiner A. Tooth color: a review of the literature. *J Dent* 2004;32(Suppl 1):3-12.
18. ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res* 1995;74(1):374-80.
19. Pusateri SK, Brewer JD, Dunford RG, Wee AG. In vitro model to evaluate reliability and accuracy of a dental shade-matching instrument. *J Prosthet Dent* 2007;98(5):353-8.
20. Paravina RD. New shade guide for tooth whitening monitoring: visual assessment. *J Prosthet Dent* 2008;99(3):178-84.
21. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63(2):155-62.
22. Goodking RJ, Loupe MJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 1988. *J Prosthet Dent* 1992;67(5):713-7.
23. Lee YK, Yoon TH, Lim BS, Kim CW, Powers JM. Effects of colour measuring mode and light source on the colour of shade guides. *J Oral Rehabil* 2002;29(11):1099-107.
24. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater* 2009;25(2):276-81.
25. Berns RS, Bilmeyer FW, Saltzman M. *Measuring Color. Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. 3rd ed. New York: Wiley; 2000. p. 75-106.
26. Sarıkaya I, Güler AU. [Color concept in dental practice: review]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2009;15(2):118-29.
27. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81(8):578-82.
28. Ishikawa-Nagai S, Sato RR, Shiraishi A, Ishibashi K. Using a computer color-matching system in color reproduction of porcelain restorations. Part 3: A newly developed spectrophotometer designed for clinical application. *Int J Prosthodont* 1994;7(1):50-5.
29. Central Bureau of the International Commission on Illumination. *Colorimetry*. 1st ed. Vienna: CIE Publication; 1986. p.30.
30. Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987;58(5):535-42.
31. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23(5):467-79.
32. Paravina RD, Powers JM. Natural teeth and esthetic dental materials. *Esthetic Color Training in Dentistry*. 1st ed. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2004. p.53-68.
33. Kono RT, Suwa G, Tanijiri T. A three-dimensional analysis of enamel distribution patterns in human permanent first molars. *Arch Oral Biol* 2002;47(12):867-75.
34. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent* 2000;83(4):418-23.
35. Diaz DG, Johnston WM, Wee AG. Estimating the color of maxillary central incisors based on age and gender. *J Prosthet Dent* 2008;100(2):93-8.
36. Shillingburg HT, Grace CS. Thickness of enamel and dentin. *J South Calif Dent Assoc* 1973;41(1):33-6.
37. Shillingburg HT, Jacobi R, Brackett SE. *Bio-mechanical principles of preparations. Fundamentals of Tooth Preparations*. 2nd ed. IL: Quintessence Books; 1991. p.13-42.