

FARKLI SERAMİK KOR YAPILARININ VENEER PORSELEN RENGİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

The Influence of Different Ceramic Bases on the Veneering Colour

Şule Nur MACİT*
Ayhan GÜRBÜZ***

Serkan ORUÇ**
Mehmet Ali KILIÇARSLAN***

Abstract

Introduction: Today, rapid progress in the development of restorative materials also allow using various material in dentistry. The development of advanced dental material technologies, the increased demand for esthetic restorations has resulted in the use of all-ceramic restorations in several applications. The ability of ceramics to match natural dentition and the good physical and optical properties of ceramics make them the material of choice for patients with high esthetic expectations. The aim of this in vitro study is, according to the formulation that determined by CIE, to compare the influence of different core structures on the final ceramic restoration colors and analyze the noticeability of these colors.

Material and method: Zirconium oxide ceramic (Cercon) and lithium disilicate glass ceramic (IPS Empress 2) which were square forms (5 × 5 × 1.5) were used in order to imitate the core framework. Cercon Ceram S and d.Sign ceramics whose color scale were A1; were applied over core specimens respectively. The colors of all the samples were measured with chromameter. All specimens were evaluated according to CIELAB formula, which is based on three colours that called "tristimulus coordinates": red (x), green (y), and blue (z), accepted by CIE system. The reason of the preference of CIELAB system for the measurement of discolouration is the sensitivity for measurement of the minimum colour differences.

Result: Mean and standard deviation for L*, a*, b* data were calculated for each group. These

results showed that colour difference of these two ceramics (ΔE), were beyond the same perception of colour match. The colour difference of lithium disilicate (IPS Empress 2, ΔE : 4,97) is significant changes in clinical applications. Zirconium oxide (Cercon, ΔE : 1,99), has noticeable color differences.

Conclusion: One of the most important handicap of dental clinicians is known as the mismatch of selected colour in the clinic and the produced restoration colour in the laboratory. The high translucency ceramic materials that are considered better esthetical results, can be affected by the environmental effects more and show more colour differences.

Key word : Porcelain veneering materials, translucency, CIE, color measurement

Özet

Giriş: Günümüzde restoratif materyallerin gelişimindeki hızlı ilerlemeler diş hekimliğinde çok çeşitli materyallerin kullanımına izin vermektedir. Dental materyal teknolojisinin gelişmesiyle estetik restorasyonlara talebin artması birçok uygulamada tam seramik restorasyonların kullanılmasına sebep olmaktadır. Tam seramiklerin doğal dişlerle uyum kabiliyeti, yüksek fiziksel ve optik özelliklerinden dolayı seramikler yüksek estetik beklentili hastalar için tercih edilmektedir. Yaptığımız in vitro çalışmanın amacı; CIE'nin belirlediği formülasyona göre farklı kor yapılarının final restorasyon rengine etkilerini karşılaştırmak ve bu renklerin farkedilebilirliğini incelemektir.

* Dt., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

** Dr. Dt., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

*** Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Materyal ve Metod: Kor yapısını taklit etmek amacıyla kare formda ($5 \times 5 \times 1,5$) hazırlanmış zirkonyum oksit (Y-TZP) içerikli Cercon ve lityum disilikat içerikli IPS Empress 2 materyalleri kullanılmıştır. A1 skala renginde Cercon Ceram S ve d.Sign seramikleri; kor yapılar üzerine yığılmış, tüm örneklerin rengi kromametre ile ölçülmüştür. Örneklerin hepsi CIELAB sistemi tarafından kabul edilen kırmızı (x), yeşil (y) ve mavi (z) 3 rengin isimlendirildiği tristimulus koordinatlarının baz alındığı CIELAB formülüne değerlendirilmiştir. Renk değişimlerinin değerlendirilmesinde CIELAB sisteminin tercih edilme sebebi minimum renk farklılıklarının ölçümündeki hassasiyettir.

Bulgu: Her bir grupta L^* , a^* , b^* verileri için ortalama ve standart sapma hesaplanmıştır. Sonuçlar; iki farklı seramik grubundaki renk farklılığının (ΔE) renk eşleştirmesinde aynı algılanmasından öte olduğunu göstermektedir. Lityum disilikat örneklerin (IPS Empress 2, ΔE : 4,97) renk değişikliği klinik uygulamalarda belirgin farklılığı ifade etmektedir. Zirkonyum oksit (Cercon, ΔE : 1,99) içerikli örnekler ise algılanabilir renk farklılığına sahiptir.

Sonuç: Dental klinisyenlerin en önemli handikaplarından birisi laboratuvarında üretilmiş restorasyon rengi ile seçilen renk arasında uyumsuzluk olarak bilinmektedir. Estetik olarak daha iyi sonuçlar elde edilebileceği düşünülen yüksek translüensli seramik materyallerin çevresel etkilerden daha fazla etkilenip daha fazla renk farklılığı gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar kelimeler : Porselen veneer materyalleri, translüensite, CIE, renk ölçümleri

GİRİŞ

Restoratif ve protetik diş hekimliğinin temel işlevi, dokuların devamlılığı ve bütünlüğünün korunması ile herhangi bir nedenle kaybedilmiş olan fonksiyon, fonasyon ve estetiğin hastaya iade edilmesidir (1). Özellikle anterior bölgedeki diş kayıplarının giderilmesinde veya restoratif gereksinimlerin karşılanmasında fonksiyonla birlikte estetiğin üst düzeyde rehabilite edilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde restoratif materyallerin gelişimindeki hızlı ilerlemeler diş hekimliğinde çok çeşitli materyallerin kullanımına izin vermektedir.

Sabit protezlerde kullanılan materyallerdeki ilerlemelerle birlikte; metal destekli sera-

mik restorasyonların internal, marjinal adaptasyonu ve mekanik özellikleri yüksek başarı göstermektedir (2,3). Yüksek ısı iletkenliği, marjinlerde metal yansıma riski (4,5,6), galvanizm, toksisite (7,8) gibi olumsuz etkilerini büyük oranda elimine eden yüksek estetik özelliğe sahip tam seramik restorasyonlar popülerite kazanmıştır (9). Ayrıca tam seramiklerde dayanıklı seramik kor yapısı ve daha zayıf veneer porselenin iki tabaka halinde uygulanmasıyla (10) tamir zorluğu, yüksek kırılma ve düşük basma direnci gibi uzun dönem idamesini önemli derecede etkileyen problemlerin üstesinden gelinmiştir (11).

90'lı yılların başında yitrium oksitle kısmen stabilize edilmiş tetragonal zirkonya polikristallerin (Y-TZP) tam seramiklerde kor materyali olarak kullanılmasıyla beraber seramik restorasyonlar daha yüksek estetik ve mekanik özelliklere sahiptirler. Diğer seramiklerle kıyaslandığında Y-TZP ler stresle indüksiyonlanmış sertleştirme mekanizmasıyla (stress-induced transformation toughening mechanism) üstün sertlik, kırılma dayanıklılığı ve hasara karşı geniş tolerans göstermektedir (12,13).

Yine 1990'lı yıllarda presleme tekniğiyle lösitle güçlendirilmiş cam seramikler üretilmiş ve bu sistemin geliştirilmesiyle daha dayanıklı bir materyal olan lityum disilikat cam seramikler geliştirilmiştir (14). Zirkonya içerikli seramiklere göre daha yüksek translüensiteye sahip olan lityum disilikatlar estetik bölgeler için oldukça iyi bir seçenek olarak görülmektedir. Dayanıklılıklarının arttırılmasıyla birlikte cam seramikler, yüksek ışık geçirgenliği ve düşük opasite ile mükemmel estetik sunabilmektedirler (15).

Malzemenin boyanmaya direnci kadar yapısal özelliklerinden kaynaklanan optik uyum da restorasyonun estetik başarısında ilk sırayı almaktadır. Restorasyonun uzun dönem başarısında yegane faktörlerden olan optik uyum; kullanılan restoratif materyal ile komşu doğal dişler ya da çevre dokuların renk eşleştirmesindeki kalite ve benzerlikle bağlantılıdır (16,17). Buna bağlı olarak restorasyonun renk seçiminde; materyalin şeffaflığı, porselen kalınlığı, kor materyali, renk skala seçenekleri,

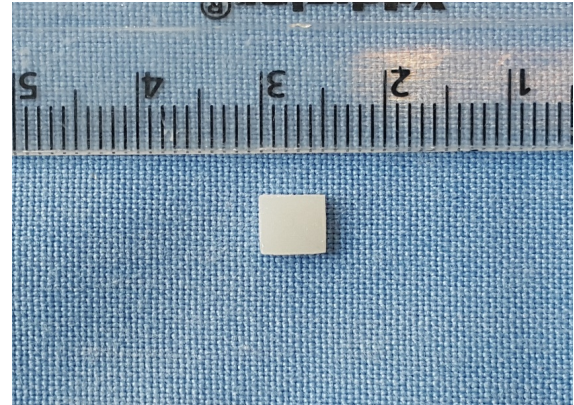
üretim ve fırınlama aşamaları göz önünde bulundurulmalıdır (18,19). Ayrıca seçilen rengin doğal dişlerde görülen floresans, metamerizm, yüzey düzensizliği, dental tabakaların farklı iç yapıları gibi spesifik özelliklerden etkilendiği bir çok çalışmada kanıtlanmıştır (20,21,22,23). Genel olarak sabit protetik tedavilerde yapılan seramik restorasyonların % 44 ila % 63 (24,25) oranında göstermiş olduğu renk uyumsuzluklarını daha da aşağılara çekebilmek için renk tespitinde görsel renk skala kullanımının yanında enstrümantal ölçümler de yapılmaktadır.

Rengin skala yardımıyla görsel olarak belirlenmesi subjektif olup yetersiz sonuçlar gösterebilen zor bir aşamadır. Diş rengi seçiminde klinisyene yardımcı olması amacıyla dizayn edilmiş kolorimetreler, spektrofotometreler, dijital renk ölçücüler ve kombine cihazların kullanıldığı enstrümantal sistemler ise objektif, sayılabilir ve hızlı elde edilebilir sonuçlar vermektedir (26). Elde edilen bu enstrüman tabanlı renk parametreleri Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) tarafından belirlenen renk düzeni sisteminde kullanılmakta ve daha doğru sonuçlara ulaşılmaktadır (27).

Yaptığımız in vitro çalışmanın amacı da; CIE'nin belirlediği formülasyona göre tam seramiklerin üretim aşamasında kullanılan farklı kor yapıların, aynı evrensel renk skalasında seçilen veneer porselemlerle birlikte final restorasyon rengine ve bu renklerin algılanabilirliğine etkilerini incelemektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, 30 adet yitrium oksitle stabilize edilmiş tetragonal zirkonyum polikristal (Y-TZP) içerikli diskler (Cercon; Degussa Dental, Hanau, Germany) ve 30 adet lityum disilikat cam seramik içerikli diskler (IPS Empress 2; Ivoclar, Vivadent, Shaan, Leichtenstein) olmak üzere toplam 60 adet seramik örnek kor yapılarını taklit etmek amacıyla kullanılmıştır. Kare formda hazırlanmış bu altyapılar 5 mm. kenar uzunluğunda 1,5 mm. kalınlığındadır (Şekil 1). Üretici firmaların direktifleriyle her Y-TZP (Cercon) örnek üzerine Cercon Ceram S (Degussa Dental, Hanau, Germany) ve her lityum disilikat (IPS Empress) örnek üzerine d.Sign (Ivoclar, Vivadent, Shaan, Leichtenstein) firmalarının A1 renk skalalı porselemleri yapılmıştır (Tablo 1).



Şekil 1. Veneer restorasyonu taklit etmek amacıyla hazırlanmış örnek

Tablo 1. Materyaller

Kor yapı içerikleri	Üretici firma	Porselen içerikleri	Üretici firma	Renk
IPS Empress 2 Lityum disilikat	Ivoclar, Vivadent, Shaan, Leichtenstein	d.Sign	Ivoclar, Vivadent, Shaan, Leichtenstein	A1
Cercon Yitrium oksitle stabilize edilmiş tetragonal zirkonyum polikristal	Degussa Dental, Hanau, Germany	Cercon Ceram S	Degussa Dental, Hanau, Germany	A1

Tüm örneklerin renkleri kromametre (MINOLTA CR321, Japonya), (Şekil 2) yardımıyla ölçülüp test edilmiştir. 'Tristimulus koordinatları' yani insan gözünün renk algılama işlemini matematiksel olarak simüle edilebilen ve bir takım hesaplarla elde edilen x, y, ve z renk koordinatları CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) sistemi tarafından kabul edilen CIELAB formülünce değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Kromametre

CIELAB değerleri; her örnekteki farkedilebilir renk değişikliklerinin değerlendirilmesine imkan sağlayan ölçümlerdir. CIELAB renk skalası; tristimulus koordinatlarının L, a ve b koordinatlarına dönüştürülmesiyle oluşturulmuş 3 boyutlu renk düzeneğidir. Genel renk farklılığı ise aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

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

Örneklerden elde edilen L, a, b değerlerinden hesaplanan ΔL , Δa , Δb ve nihai renk değişimini belirleyen ΔE değerleri SPSS programında istatistiksel olarak değerlendirilmek üzere kaydedilmiştir. Kullandığımız örneklerin

homojenitesinin araştırılması amacıyla tek örneklem Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış ve homojen dağılım gösteren örnekler için Student T testi, homojen olmayan dağılımlı örnekler için Mann-Whitney testi kullanılmıştır. Son olarak her iki grup için Spearman's Rho testiyle ΔL , Δa ve Δb değerleri ile ΔE değeri arasında korelasyon hesaplanmıştır.

BULGULAR

Her bir gruptaki L^* , a^* , b^* verileri için ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Tablo 2). Tablo 2'de görüldüğü gibi lityum disilikat içerikli örneklerde ortalama değerler (IPS Empress 2); ΔL (-4,09), Δa (-0,41), Δb (-2,52) ve ΔE (4,97) ile Y-TZP içerikli örneklerden (Cercon), (ΔL :0,80; Δa :0,39; Δb :-0,30; ΔE :1,99) daha yüksek değerler göstermektedir.

Verilerin homojenitesinin belirlenmesinde kullanılan Kolmogorov-Smirnov testinde her iki grup için ΔL , Δb , ΔE değerleri normal dağılım gösterirken Δa 'nın dağılımı normal bulunmamıştır. Homojen olan ΔL , Δb ve ΔE değerleri için uygulanan Student T testi ($p < 0,001$), lityum disilikat (IPS Empress) ve Y-TZP (Cercon) arasında anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir. Normal olmayan dağılıma bağlı olarak Δa değerleri için uygulanan Mann-Whitney testi de ($p < 0,001$) her iki grup (IPS Empress, Cercon) arasında anlamlı farklılık olduğunu belirtmektedir. Spearman's Rho testiyle ise ΔL , Δa ve Δb değerleri ile ΔE 'nin mutlak değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Ortalama istatistiksel veriler

	LİTYUM DİSİLİKAT (IPS EMPRESS 2)			ZİRKONYUM OKSİT (CERCON)		
	Min.	Max.	Ortalama / Standart Sapma	Min.	Max.	Ortalama / Standart Sapma
Koordinatlar^a						
ΔL	-5,97	-0,67	- 4,09 ± 1,15	-1,97	3,63	0,80 ± 1,68
Δa	-0,99	0,11	- 0,41 ± 0,25	0,21	0,61	0,39 ± 0,12
Δb	-4,35	-1,05	- 2,52 ± 0,95	-2,15	1,35	-0,30 ± 0,96
ΔE	3,09	6,81	4,97 ± 0,88	0,86	3,88	1,99 ± 0,74

a. CIELAB formülünde kullanılmak üzere renk özelliklerini bildiren koordinatlardır

Verilerin homojenitesinin belirlenmesinde kullanılan Kolmogorov-Smirnov testinde her iki grup için ΔL , Δb , ΔE değerleri normal dağılım gösterirken Δa nın dağılımı normal bulunmamıştır. Homojen olan ΔL , Δb ve ΔE değerleri için uygulanan Student T testi ($p < 0,001$), lityum disilikat (IPS Empress) ve Y-TZP (Cercon) arasında anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir. Normal olmayan dağılıma bağlı olarak Δa değerleri için uygulanan Mann-Whitney testi de ($p < 0,001$) her iki grup (IPS Empress, Cercon) arasında anlamlı farklılık olduğunu belirtmektedir. Spearman's Rho testiyle ise ΔL , Δa ve Δb değerleri ile ΔE 'nin mutlak değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuçlar; görsel olarak aynı renkte hazırlanan farklı iki kor yapıları veneerlerde renk eşleştirmelerinin aynı algılanacağı beklentisinden ziyade materyallerde renk farklılığının olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA

Özellikle anterior sabit restorasyonlu hastalarda restorasyonun ağızda mevcut diğer dişlerle renk uyumu büyük önem taşımaktadır. Diş hekimliğinde renk uyumunun sağlanması bilimsel ve sanatsal birçok unsuru içeren kompleks bir işlemdir. Günümüzde bu uyumu sağlayabilmek adına renk seçiminde görsel değerlendirme veya enstrümantal renk analizi kullanılmaktadır (28). *Pecho ve ark.* renk seçiminde genel olarak renk skalalarıyla yapılan görsel renk seçiminin en çok kullanılan metod olduğunu ve sıklıkla VITA Classical ve VITA 3D master skalalarının kullanıldığını belirtmişlerdir (29). Bu sebeple çalışmamızda veneer porselen renk seçiminde Michigan üniversitesinin biyomateryal veritabanında belirtilen VITA A1 standart renk değerleri (L: 79,57; a: -1,61; b: 13,05) baz alınmıştır (Biomaterials Properties Database, University of Michigan, Quintessence Publishing, 1996).

Doğal diş rengi, dentinden dağılan ve mine yüzeyinden yansıyan ışığın kombinasyonu sonucu oluşur. Bu sebeple rengin esas kaynağı dentin olup minenin kalınlığı ve translüsensi bu rengi tamamlamaktadır (28). Sabit protetik

tedavilerde kullanılan seramik restorasyonlarda ise bu görevi dentin ve mineye benzetilen kor ile veneer porselen yapısı üstlenmektedir. *Kelly ve ark.* kor yapılarının translüsensliğinin; estetiğin sağlanmasında ve materyal seçiminde primer faktör olduğunu belirtmişlerdir (30). *O'Keefe ve ark.* ise porselen veneerlerde opasite ve kalınlığın ışık geçirgenliğini etkileyen en önemli iki faktör olduğunu belirterek, kalınlığın ışık geçirgenliğine etkisi olduğunu ancak opasiteyi etkilemediğini vurgulamışlardır (31).

Işık geçirgenliği ya da translüsensi; tam seramik sistemlerin en önemli optik özelliklerinden olup arka plandaki renklerden etkilenmektedir. Bazı endodontik tedavili ya da renklenmiş dişlerin klinik tedavisinde önerilmeleriyle birlikte kor materyalinin maskelemedeki yeteneğinin final estetik sonucu etkilediği açıktır. Lityum disilikat içerikli kor yapıları, translüsensilerinden dolayı estetik beklentinin karşılanabilmesi için alüminyum ve zirkonyum içerikli kor yapılarına alternatif olarak üretilmiştir. Ancak bu özelliğinden dolayı lityum disilikat içerikli korların çevresel renklerden etkilenerek diğer seramiklere oranla daha fazla renk farklılığı gösterebileceği belirtilmiştir (32).

1976 yılından beri; materyalin parlaklık değerini belirten "L" koordinatları ile kırmızı-yeşil (a) ve sarı-mavi (b) aks aralığındaki renk yoğunluğunu (chroma) belirten "a", "b" koordinatlarından oluşturulan CIE formülleri; iki obje ya da nesne arasındaki renk farklılıklarını hesaplamada kullanılmaktadır. Bu renk farklılıkları ΔE olarak ifade edilmektedir (33).

Azer ve ark. algılanabilir renk değişkenlik sınırlarını 1,0 ile 2,0 arasında, kabul edilebilir sınırların ise 2,6 ile 3,7 arasında olduğunu bildirmektedirler (34). *Gómez-Polo ve ark.* ise çalışmalarında ΔE^*ab ; 1,0 ile 3,7 arasındaki renk farklılık değerlerinin klinik olarak algılanabildiğini; 2,7 ile 6,8 arasındaki değerlerin ise kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu belirtmişlerdir (35). *O'Brien ve ark.* ise renk değişiminin 3,5 ΔE birimine kadar klinik olarak kabul edilebilir olduğunu tespit etmişlerdir. *National Bureau of Standards* tarafından belirlenmiş NBS kriterlerine uygun ΔE değerleri ve klinik eşleştirmeleri ise tablo 3'de gösterilmektedir (36). Çalışmamızda değerlendirme kriteri

olarak NBS' nin belirlediği renk değerlendirme skalası kullanılmıştır.

Tablo 3. NBS renk değerlendirme skalası

ΔE	Klinik Renk Eşleşmesi
0,0 – 0,5	Son derece önemsiz değişiklik
0,5 – 1,5	Önemsiz değişiklik
1,5 – 3,0	Farkedilebilir değişiklik
3,0 – 6,0	Belirgin değişiklik
6,0 – 12,0	Aşırı derecede belirgin değişiklik
12,0 >	Farklı bir renge geçiş

SONUÇ

Çalışmamız da Y-TZP (Cercon) ve lityum disilikat (IPS Empress 2) gruplarından elde edilen ΔE^* ab değerlerine göre; porselen ilavesi sonrasında Y-TZP (Cercon) için farkedilebilir ($\Delta E:1,99$); lityum disilikat (IPS Empress 2) için ise belirgin renk değişikliği ($\Delta E:4,97$) bulunmuştur. Y-TZP (Cercon) grubundaki renk farklılığı; NBS değerlendirmelerine göre farkedilebilir olup klinik olarak kabul edilebilir sınırlardadır. Ancak lityum disilikat içerikli kor yapıda bu durum uyumsuz olarak nitelendirilebilir.

Lityum disilikat içerikli (IPS Empress 2) seramik örnekler zirkonyum içerikli (Cercon) örneklere göre daha translüsensi olmasına rağmen, çevresel faktörlerden etkilenerek daha fazla renk değişikliği gösterebilmektedir. Bu durum final restorasyon renginde istenilen estetiğin sağlanamamasına sebep olabilir.

Ayrıca bu çalışmanın sınırları içerisinde bu çalışmaya dahil edilmeyen başka faktörlerde final restorasyon rengini etkilemektedir. Bu faktörler belirlenerek daha fazla araştırma ışığında daha yeni seçenekler ve tercihler kaydedilebilir.

KAYNAKLAR

1. St-Georges AJ, Sturdevant JR, Swift EJ Jr, Thompson JY. Fracture Resistance of Prepared Teeth Restored with Bonded Inlay Restorations. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 551-557.
2. Walton TR. A 10-Year Longitudinal Study Offixed Prosthodontics: Clinical Charac-

teristics and Outcome of Single-Unit Metal-Ceramic Crowns. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 519-526.

3. Nakamura T, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S. Influence of Abutment Substrate and Ceramic Thickness on the Colour of Heat-Pressed Ceramic Crowns. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 805-809

4. Rosenstiel SL, Land MF, Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontics* (ed 4). St. Louis, Missouri, Mosby Elsevier 2006

5. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT, Raffener O, Meredith HR, Foser HP. A Clinical Investigation on Three-Unit Fixed Partial Dentures Fabricated with a Lithium Disilicate Glass-Ceramic. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1999; 11: 95-106; quiz 08

6. Silness J. Periodontal Conditions in Patients Treated with Dental Bridges. 3. The Relationship Between the Location of the Crown Margin and the Periodontal Condition. *J Periodontal Res* 1970; 5: 225-229

7. Raigrodski A, Chiche GJ. The Safety and Efficacy of Anterior Ceramic Fixed Partial Dentures: A Review of the Literature. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 520-525.

8. Năpănkangas R, Raustia A. An 18-Year Retrospective Analysis of Treatment Outcomes with Metal Ceramic Fixed Partial Dentures. *Int J Prosthodont* 2011; 24: 314-319

9. Malkondu O, Tinastepe N, Kazazoğlu E. Influence of Type of Cement on the Color and Translucency of Monolithic Zirconia. *J Prosthet Dent* 2016 pii: S0022-3913(16)30127-5.

10. Isgro G, Pallav P, Van Der Zel JM, Feilzer AJ. The Influence of the Veneering Porcelain and Different Surface Treatments on the Biaxial Flexural Strength of a Heat-Pressed Ceramic. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 465-473.

11. Silness J. Periodontal Conditions in Patients Treated with Dental Bridges. 3. The Relationship Between the Location of the Crown Margin and the Periodontal Condition. *J Periodontal Res* 1970; 5 :225-229

12. Garvie RC, Hannink RH, Pascoe RT. Ceramic Steel? *Nature* 1975; 258: 703–704.
13. Subbarao EC. Zirconia — an overview. *Adv Ceram* 1981; 3: 1–24
14. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM Lithium Disilicate Versus Veneered Y-TZP Crowns: Comparison of Failure Modes and Reliability After Fatigue. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 434-442
15. Sola-Ruiz MF, Lagos-Flores E, Roman-Rodriguez JL, Highsmith JD, Fons-Font A, Granell-Ruiz M. Survival Rates of a Lithium Disilicate-Based Core Ceramic for Three-Unit Esthetic Fixed Partial Dentures: A 10-Year Prospective Study. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 175-180
16. Pomarico L, Neves BG, Maia LC, Primo LG. Long – Term Clinical Performance of Aesthetic Restoration in Primary Molars: A Case Report. *Case Rep Dent* 2011; 2011: 515713.
17. Tin –Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors Influencing Patient Satisfaction with Dental Appearance and Treatment They Desire to Improve Aesthetics. *BMC Oral Health* 2011; 23: 11-16.
18. Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdees M, Vander Zel J, Feilzer AJ. The Influence of Porcelain Layer Thickness on the Final Shade of Ceramic Restorations. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 563-570
19. Douglas RD, Brewer JD. Variability of Porcelain Color Reproduction by Commercial Laboratories. *J Prosthet Dent* 2003; 90: 339-346.
20. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of Visual and Instrument Shade Matching. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 642-648.
21. Goldstein GR, Schmitt GW. Repeatability of a Specially Designed Intraoral Colorimeter. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 616-619
22. Garcia Filho E. An Innovative Direct Technique for Resin Composite Veneers for Teeth with Color Alterations. *Quintessence Int* 1998; 29: 731-735.
23. Sorensen JA, Torres TJ. Improved Color Matching of Metal-ceramic Restorations. Part I: A Systematic Method for Shade Determination. *J Prosthet Dent* 1987; 58: 133-139
24. Bergman B, Nilson H, Anderson M. A Longitudinal Clinical Study of Procera Ceramic-veneered Titanium Copings. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 135–139.
25. Haselton DR, Diaz AM, Hillis SL. Clinical Assessment of Highstrength All Ceramic Crowns. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 396-401
26. Bayındır F, Wee AG. The Use of Computer Aided Systems in Tooth Shade-Matching. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2006; 30: 40-46
27. CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE). Colorimetry - Technical Report. CIE Pub. No.15, 3rd ed. Vienna: Bureau Central de la CIE; 2004.
28. Alsaleh S, Labban M, Alhariri M, Tashkandi E. Evaluation of Self Shade Matching Ability of Dental Students Using Visual and Instrumental Means. *J Dent* 2012; 1: 82-87.
29. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual and Instrumental Shade Matching Using CIELAB and CIEDE2000 Color Difference Formulas. *Dent Mater* 2016; 32: 82-92.
30. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in Dentistry: Historical Roots and Current Perspectives. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 18-32.
31. O'keefe KL, Pease PL, Herrin HK. Variables Affecting The Spectral Transmittance of Light Through Porcelain Veneer Samples. *J Prosthet Dent* 1991; 66: 434-438
32. Dikicier SL, Ayyıldız S, Ozen J, Sipahi C. Effect of Varying Core Thicknesses and Artificial Aging on the Color Difference of Different All-Ceramic Materials. *Acta Odontol Scand* 2014; 72: 623-629

33. Kürklü D, Azer SS, Yılmaz B, Johnston WM. Porcelain Thickness and Cement Shade Effects on the Colour and Translucency of Porcelain Veneering Materials. *J Dent* 2013; 41: 1043-1050.

34. Azer SS, Rosenstiel SF, Seghi RR, Johnston WM. Effect of Substrate Shades on the Color of Ceramic Laminate Veneers. *J Prosthet Dent* 2011; 106: 179-183.

35. Gómez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 Color Difference Formulas. *J Prosthet Dent* 2016; 115: 65-70

36. Razzoog ME, Lang BR, Russell MM, May KB. A Comparison of the Color Stability of Conventional and Titanium Dental Porcelain. *J Prosthet Dent* 1994; 72: 453-456.