

# İn Vitro Yöntemlerle Tam Seramiklerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Translusensinin Değerlendirilmesi: Derleme\*

Evaluation of the Surface Roughness and Translucency For All Ceramics by in Vitro Testing Methods: Review

## ÖZ

Tam seramik restorasyonların ışık iletimi doğal diş yapısına benzer biçimde olduğu için üstün bir estetik sonuç sağlar. Tam seramiklerin yüzey pürüzlülüğü klinik başarı ve ışığı yansıtması açısından önemlidir. Klinik kullanımdan önce yüzey pürüzlülüğü ve translusensi ile ilgili in vitro araştırmaların yapılması önemlidir. İn vitro çalışmalarda çeşitli yöntemler ile farklı değişkenlerin kullanımı ile klinik kullanıma benzerlik sağlayarak araştırmacılara bilgi vermek amaçlanır.

**Anahtar sözcükler:** In Vitro, Tam Seramikler, Translusensi, Yüzey Pürüzlülüğü

## ABSTRACT

All ceramics restorations, that mimic natural teeth's optical properties, to provide the esthetic results in the dental practice. Surface roughness in all ceramics, are important in clinical success and translucency of the light. In vitro tests of the surface roughness and translucency is important before clinical usage. Different techniques and data usage in the in vitro studies could show the clinical properties and give an idea of the researchers about the materials.

**Key words:** In Vitro, Full Ceramic, Surface Roughness, Translucency

Kübra DEĞİRMENCI

Ayşe KOÇAK BÜYÜKDERE

Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği  
Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi  
Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 09.06.2016

Kabul tarihi / Accepted: 07.12.2016

DOI: 10.21306/jids.2016.1.17

## GİRİŞ

Tam seramiklerin diş yapısını taklit eden optik özellikleri vardır. Homojen yapı gösteren tam seramik restorasyonların doğal dişin görünümünü taklit etmesi tam seramiklere önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında, tam seramiklerin kırılma olmaları en büyük dezavantajlarıdır(1,2). Bu dezavantajı elimine etmek için tam seramiklerin mikroyapılarında değişiklikler yapılmaktadır(3,4). Geliştirilen tam seramiklerin, klinisyenlere daha çok bilgi sağlayabilmesi için klinik koşulların taklit edildiği ve materyalin özelliklerinin değerlendirildiği in vitro çalışmalardan yararlanılır(5).

Yüzey pürüzlülüğü ve translusensi, materyalin biyouyumluluğu, estetik özelliği ve restorasyonun devamlılığı açısından önem taşıdığı için in vitro çalışmalarda sıklıkla değerlendirilen materyal özellikleridir(6,7).

\* Bu makalede bahsi geçen konu ile ilgili herhangi bir ilişki, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

## İletişim Adresi/Corresponding Adress:

Ayşe KOÇAK BÜYÜKDERE  
Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
41190 Yuvacık, Başiskele, Kocaeli, Türkiye  
Tel/Phone: 0 532 316 5759  
E-posta/e-mail: a.buyukdere@yahoo.com

## TARTIŞMA

Yüzey pürüzlülüğü özel bir yüzeydeki düzensizlikleri ifade eder(8). Diş hekimliği uygulamalarında restorasyonun klinik olarak düzenlenmesinden sonra pürüzlü bir yüzey oluşur, yüzeyi pürüzsüz hale getirmek için cila işlemi ve/ve ya glaze işlemi yapılır. Restorasyonlarda pürüzlü bir yüzey olması mikroorganizmaların adhezyon ve retansiyona sebep olur, bunun sonucu çürük ve periodontal hastalık riskini artırır (9,10). Ayrıca yüzey pürüzlülüğü karşıt dişin aşınmasına, restorasyonun pigmentasyonuna, dikey boyut kaybına sebep olabilir(6). Yüzey pürüzlülüğünün seramiklerin yapısal dayanıklılığını nasıl etkilediği de önemli bir araştırma konusudur. Yüzey pürüzlülüğü ile yapısal dayanıklılık arasındaki ilişki ile ilgili farklı sonuçlar sunan çalışmalar bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda yüzey pürüzlülüğünün dental seramiğin dayanıklılığını negatif etkilediği gösterilmiştir(9). Pürüzlülük ölçümünün doğru ve hassas yapılmasının yanında hangi pürüzlülük parametrelerinin kullanılacağına doğru tespiti ve bunların doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Hazırlanan numunelerin bir standart oluşturması ile in vitro çalışmalarda karşılaştırma yapmak daha kolay olmaktadır. Numunelerde standart oluştururken ISO değerlerinden yararlanılmalıdır (10).

In vitro çalışmalarda materyalin yüzey pürüzlülüğü değerlendirilirken kullanılabilen parametreleri incelediğimizde; ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), maksimum pürüzlülük derinliği (Rp) en derin pik (Rv) ve her ikisinin toplamı (Rt) kullanılır. Kullanılan bu parametreler arasında çalışmalarda en çok Ra değeri kullanılır çünkü yüzey düzensizliği hakkında daha iyi bilgi vermesinin yanında standart oluşturarak daha doğru kıyaslama yapabilme imkanı da sunar (11).

Yapılan in vitro çalışmalarda örnekler hazırlandıktan sonra standart oluşturmak için örnek yüzeyleri sırasıyla 100 grit, 220 grit, 240 grit, 400 grit, 600 grit, 800 grit, 1000 grit, 1200 grit zımpara kağıdı ile aşındırılır, bu işlemlerle standart oluştururken örneklerin inceltmemesi amaçlanır (12-14).

Bazı çalışmalarda cila ve glaze işlemlerinin pürüzsüz yüzey sağlayarak yapısal dayanıklılığını arttırdığını savunulur. Üretim sırasında seramiklerin yapısında oluşan çatlakların seramik yüzeyindeki pürüzlülüğe neden olduğu ve materyalin dayanıklılığını azalttığı bildirilmiştir. Glaze tabakasının ise mikro çatlakları doldurarak daha sert bir yüzey tabakası oluşturduğu bulunmuştur (15). Seramik yapıdaki çatlaklar stres birikimine neden olarak kırıkların başlangıç noktası

olarak düşünülmektedir. Ağız ortamında seramik yapıdaki mikro çatlakların zamanla kırılmalara yol açabileceği belirtilmektedir (16).

Bununla beraber, bazı araştırmacılar ise glaze işleminin porselendeki dayanıklılığı geliştirmediği sonucuna varmıştır (17). Glaze işleminin yapısal sağlamlığı değiştirmediği bu açıdan cila işleminin yeterli olduğunu belirtmiştir (18). Araştırılan diğer bir konu ise glaze ve cila işleminin yüzey pürüzlülüğüne olan etkilerinin karşılaştırılmasıdır. Bu konuda da farklı görüşler sunan araştırmalar bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar glaze ile pürüzsüz yüzey elde edildiğini bazı araştırmacılar ise cilalama işlemi ile de pürüzsüz yüzey oluştuğunu savunmaktadır (19-25).

Lityum disilikat seramiğe uygulanan profilaktik cila patının translusensi üzerine etkisini değerlendiren bir çalışma yapılmıştır ve cila patının seramiğin translusens özelliğini azalttığı ortaya konmuştur (26). Literatürde seramik restorasyonların yüzey pürüzlülüğünün değerlendirildiği çalışmalarda, çok sayıda değişkenin elde edilen sonuçları etkilediği belirtilmiştir. Bununla beraber cila işlemleri için bir konsensüs kararı belirtilmemiştir (27-31).

Yüzey pürüzlülüğü kavramı materyalin translusensini, ışık yansımaları da etkilediği için materyalin estetiğini de etkilediği belirtilmiştir (32). Yapılan bir çalışmada farklı kor-veneer kalınlıklarındaki tam seramik materyallerin translusens özelliklerini karşılaştırılmış ve sonuçlarının yüzey pürüzlülüğünden etkilenmediğini gösterilmiştir (14).

Başka bir çalışmada ise feldpsar porselenin yüzey özelliklerinin translusensi üzerindeki etkisini değerlendirmişler. Yüzey pürüzlülüğünün, Ra ışık geçirgenliği ve yansımaya ters orantılı olduğu belirtilmiştir (13).

Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirilen çalışmalarda yüzey pürüzlülüğü ölçümünde sıklıkla mekanik profilometreler, interferometreler, atomik kuvvet mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu kullanılmaktadır. Profilometre kullanılarak yapılan ölçümler belli bir alanda birkaç defa tekrarlanır ve Ra değerleri hesaplanır. Ancak profilometre ölçümleri tüm yüzeyleri değil bazı alanları ölçtüğü için özellikle seramiklerin değerlendirildiği çalışmalarda ölçümün taramalı elektron mikroskobu kullanılarak da desteklenmesi faydalı olacaktır. Optik interferometreler ile daha hassas ölçümlerde ışıktan yararlanılmaktadır (8,15,33-35).

Estetik restorasyon seçiminde önemli bir etken olan translusensi kavramı, transparanlık ve opasite arasındaki

bir derece olarak tarif edilebilmektedir ve aynı zamanda materyalin birim kalınlığından geçen ışığın izafi miktarı olarak da tanımlanır (36). Translusensi, birincil renk niteliğinin tanımlanmasında önemli rol oynar(37). Uluslararası kabul edilebilirliği, güvenilirliği ve uygulama kolaylığı açısından çalışmalarda en çok tercih edilen sistemler Munsell ve CIE L\*a\*b\* [Commission Internationale de l'Eclairage (uluslararası aydınlatma komisyonu)] renk sistemleridir (38-40). Munsell renk sistemi en eski renk belirleme sistemidir. Munsell renk sisteminde renkler, uzaysal olarak silindiriksel koordinatlarda gösterilmektedir. Munsell rengin 3 boyutunu renk tonu (*hue*), renk değeri (*value*) ve renk yoğunluğu (*chroma*) olarak tanımlamıştır (41). CIEL\*a\*b\* renk sisteminin, Munsell renk sistemine göre avantajı, klinik olarak yorumlanabilmesi, renk farklılıklarının tanımlanabilmesidir. Tam seramik restorasyonların optik özelliklerini değerlendirildiği çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir sistemdir (42,43). Translusensiyi arttırmak göze geri dönen ışık miktarı da azalttığı için renk değerini azaltmaktadır. Translusensiyi tarif edilmesinde çeşitli indeksler kullanılmıştır. Toplam veya direkt iletim katsayısı ( $t_c$ ), translusensi parametresi (TP), kontrast oranı (*contrast ratio*-CR) sıklıkla kullanılmaktadır (44). Translusensi değerlendirmesi yapılan çalışmalarda genellikle CR veya TP belirlenmektedir (45).

Diş hekimliğinde kullanılan tam seramiklerin translusensi özelliği aydınlatma koşulları, materyal özellikleri, alt yapı seramiğin rengi veya dişin renginden etkilenmektedir (46).

Yapılan bir çalışmada, venter restorasyonların translusensilerinin alt yapı olan dentinin renginin spektrofotometre ile değerlendirilmesinde, renklenmiş dentinden etkilendiği belirtilmiştir (47).

Tam seramik restorasyonlarda, maskeleme özelliği dikkate alındığında restorasyonun kalınlığı <1.5 mm ise alt yapının renginden etkilediği, kalınlığı >2.0 mm ise etkilenmediği görülmüştür (48). Genel olarak dental seramiklerin yapısındaki kristalin boyutları görünür ışığın boyutlarından daha küçükse (400-700 nm) cam transparan gözükecektir (49-51). Yüksek dayanıklılığa ve artmış kristalin içeriğine sahip seramikler daha opaktır (52).

Yapılan in vitro çalışmalarda örneklerin ölçümlerinin yapıldığı zeminin rengi translusensi parametresinin ölçülmesinde önemli bir faktördür. Siyah, beyaz ve nötral gri zeminlerde ton değeri olmadığı için restorasyonun renginde porselen kalınlığının etkisinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır(53,54). Translusensi ölçümü

aydınlatma koşullarından da etkilenmektedir. Bundan dolayı, CIE, renk ölçüm cihazları ile yapılan ölçümlerde hassasiyet ve doğruluğu sağlamak için aydınlatma ve görüş koşulları ile ilgili bazı standartlar belirtilmiştir. Standart olarak D65 kullanılır (55). Gözlemlenen ışığın izlediği yol ve açı renk ölçümünde de önemli bir etken olduğu için CIE yansıtan cisimlerin renk ölçümlerinin yapılmasında dört aydınlatma ve dört farklı görüş açılarından birisinin kullanılmasını tavsiye etmektedir (55-57).

Ölçüm yapılırken kullanılan aletler olarak, RGB (renk uzayı 'Red' 'Green' 'Blue', 'Kırmızı' 'Yeşil' 'Mavi') cihazları, spektrofotometre, kolorimetre, spektroradiometre, digital kamera ve software olarak bildirilmiştir (58,59). RGB kullanılan aletler içinde en basit olanıdır ve standart gün ışığında renk belirlemede kullanılabilir ancak kesin renk belirlenmesi ile ilgili detayları kaydedemezler (60). Kolorimetrenin detektöründe insan gözündeki kon tipi hücrelere benzer şekilde 3 farklı sensör bulunmaktadır. Kolorimetreler ile metamerizm belirlenememesi bir dezavantajdır (61). Spektroradyometreler, diş hekimliğinde de son zamanlarda tercih edilen bir cihazdır. Diş yüzeylerinin düz olmaması ve dişlerin translusent yapıları nedeniyle renk ölçümünde diğer cihazlara göre tercih nedenidir (62). Spektrofotometreler ise bir obje tarafından yansıtılan ya da iletilen görünür enerjinin miktarını, her seferinde sadece bir dalga boyu olacak şekilde value, chroma ve hue için ayrı ayrı ölçüp kaydeder (63). Bu aygıtların dezavantajları pahalı olmaları, komplike olmaları ve in vivo olarak kullanılmalarının zor olmasıdır. Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik) birçok spektrofotometre arasında en fazla tekrarlanan renk belirlemesi ile güvenilir bir aygıt olduğu belirtilmiştir (64,65). Dijital kameralar kullanılan cihazlar arasında gittikçe popüler hale gelmektedir. Yöntemin popüler olması ile beraber, başarısında fotoğrafın görüntü kalitesinin de önemli olduğu bildirilmektedir. Dijital kamera ile yapılan ölçüm, fotoğraflar ancak uygun koşullarda ve uygun cihazlarla ölçüm yapıldığında faydalı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca fotoğraftan elde edilen değerlendirmelerin tamamen subjektif olduğu ve yeterli olmayabileceğine dair görüşler de bulunmaktadır (66,67).

Tam seramiklerin yüzey pürüzlülüğünü iyi bir cilalama ve/ve ya ardından glaze ile engellenip, yeterli malzeme kalınlığı ile restorasyonun translusensliği ve ışık geçirgenliğini etkileyip estetik üstünlük sağlar.

**SONUÇ**

Doğal dişi taklit edebilen optik özellikleri ile translusensi özelliği bakımından dişi en iyi taklit edebilen materyal olması tam seramiklerin öne çıkan özelliğidir. Translusens özelliğini etkileyen faktörlerden biri olan yüzey pürüzlülüğü restorasyonların klinik başarılarında translusensi ile beraber önemli rol oynar.

Her iki kavram ile ilgili yapılan in vitro çalışmalarda farklı materyal ve metot kullanımı farklı değişkenler kullanımı söz konusu olduğu için çalışmalar direkt olarak kıyaslanamasa da klinik kullanıma dair ön bilgi veren çalışmalar oldukları için literatürdeki yerleri önemlidir. Yapılan çalışmalar yüzey pürüzlülüğünün translusensiği etkilediği bunda restorasyonun devamlılığı açısından önemli olduğu görülmüştür. Restorasyonların üzerinde yapılan işlemler sonrasında yüzey pürüzlülüğünün cila, glaze veya her ikisi ile düzeltilmesi klinik olarak daha uzun bir kullanım sağlayacağını belirtilmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Boening , KW,Wolf BH, Schmidt AE,Kastner K, Walter MH. Clinical fit of procera all-ceram crowns, J Prosthet Dent 2000;84:419-24
- Türkoğlu P, Bultan Ö, Öngül D. Tam Seramik Restorasyonlarda Dayanıklılığı Etkileyen Faktörler. İstanbul Üniv. Dişhek. Fak. Derg. 2010;44:45-53
- Kelly, J.R., Nishimura, I. ve Campbell, S.D. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. Journal of Prosthetic Dentistry, 1996;75:18-32.
- Rosenblum, M.A. ve Schulman, A. A review of all-ceramic restorations. Journal of American Dental Association, 1997;128: 297-307
- Sadighpour L., Geramipناه F., Raeesi B. In vitro Mechanical Tests for Modern Dental Ceramics. Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. 2006;3:143-152
- Sarıkaya I., Güler AU. Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains, J Appl Oral Sci. 2010;18:10-6.
- Albakrya M., Guazzato M., Swaina MV. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. Journal of Dentistry. 2004;32:91-99.
- Oliveira-Junior OB, Buso L, Fujij FH, Lombardo GH, Campos F, Sarmiento HR, Souza RO. Influence of polishing procedures on the surface roughness of dental ceramics made by different techniques. Gen Dent. 2013;6:4-8.
- Flury S, Lussi A, Zimmerli B. Performance of Different Polishing Techniques for Direct CAD/CAM ceramic Restorations Operative Dentistry, 2010;35:470-481.
- Aravind P, Razak PA, Francis PG, Issac JK , Shanoj RP , Sasikumar TP. Comparative Evaluation of the Efficiency of Four Ceramic Finishing Systems. J Int Oral Health. 2013; 5:59-64.
- Curd ML, Paul Lambrechts P , Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. Dent Mater 1997;13:258-269.
- Han GJ, Kim JH, Lee MA, Chae SY, Lee YH, Cho BH. Performance of a novel polishing rubber wheel in improving surface roughness of feldspathic porcelain. Dent Mater J. 2014;33:739-48.
- Wang H, Xiong F, Zhenhua L. Influence of varied surface texture of dentin porcelain on optical properties of porcelain specimens. J Prosthet Dent. 2011;105:242-8.
- Kursoglu P, Karagoz Motro P, Kazazoglu E. Translucency of ceramic material in different core-veneer combinations. J Prosthet Dent 2015;113:48-53.
- Aksoy G, Polat H, Polat M ,Coskun G. Effect of various treatment and glazing (coating) techniques on the roughness and wettability of ceramic dental restorative surfaces. Colloids and Surf Biointerfaces 2006;53:254-259.
- Nakamura Y, Hojo S, Sato H. Effects of thermal cycling and surface roughness on the Weibull distribution of porcelain strength. Dent Mater J 2009; 28:433-437.
- Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Thompson WO. The effect of glaze on porcelain strength. Dent Mater J 1992;8:203-7.
- Ahmad R, Morgano SM, Wu BM, Giordano RA. An evaluation of the effects of handpiece speed, abrasive characteristics, and polishing load on the flexural strength of polished ceramics. J Prosthet Dent 2005;94:421-9
- Klausner LH, Cartwright CB, Charbeneau GT. Polished versus autoglazed porcelain surfaces. J Prosthet Dent 1982;47:157-62.
- Sulik WD, Plekavich EJ. Surface finishing of dental porcelain. J Prosthet Dent 1981;46:217-21.
- Brewer JD, Garlapo DA, Chippis EA, Tedesco LA. Clinical discrimination between autoglazed and polished porcelain surfaces. J Prosthet Dent 1990;64:631-4.
- Scurria MS, Powers JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. J Prosthet Dent 1994;71:174-7.
- al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: A literature review. J Can Dent Assoc 1998;64:580-3.
- Pascal M, Belser U. Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition. Chicago: Quintessence Publishing; 2002;p:203-5.

25. Anmol C, Soni S. Effect of two different finishing systems on surface roughness of feldspathic and fluorapatite porcelains in ceramo-metal restorations: Comparative in vitro study. *J Int Soc of Prev Community Dent.* 2014; 4:22-8.
26. Monaco C, Arena A, Özcan M. Effect of prophylactic polishing pastes on roughness and translucency of lithium disilicate ceramic. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.* 2014;34:26-9
27. Silva TM, Salvia AC, Carvalho RV. Polishing for glass ceramics: Which protocol? *J Prosthodont Res.* 2014;58:160-70.
28. Kim IJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effect of surface topography on the color of dental porcelain. *J Mater Sci Mater Med* 2003;14:405-9.
29. Boaventura JM, Nishida R, Elossais AA, Lima DM, Reis JM, Campos EA, de Andrade MF. Effect finishing and polishing procedures on the surface roughness of IPS Empress 2 ceramic. *Acta Odontol Scand* 2013;71:438-443.
30. Haywood VB, Heymann HO, Kusy RP, Whitley JQ, Andreus SB. Polishing porcelain veneers: an SEM and specular reflectance analysis. *Dent Mater* 1988;4:116-21.
31. Patterson CJ, McLundie AC, Stirrups DR, Taylor WG. Refinishing of porcelain by using a refinishing kit. *J Prosthet Dent* 1991;65:383-8.
32. Boaventura JM, Nishida R, Elossais AA, Lima DM, Reis JM, Campos EA, de Andrade MF. Effect finishing and polishing procedures on the surface roughness of IPS Empress 2 ceramic. *Acta Odontol Scand* 2013;71:438-443.
33. Brunot-Gohin C, Duval JL, Azogui EE, Jannetta R, Pezron I, Laurent-Maquin D, Gangloff SC, Egles C. Soft tissue adhesion of polished versus glazed lithium disilicate ceramic for dental applications. *Dent Mater.* 2013;29:205-212.
34. Bottino MA. Polishing methods of an alumina-reinforced feldspar ceramic. *Braz Dent J.* 2006;17:285-9.
35. Karayazgan B, Atay A, Saraçlı MA, Günay Y. Evaluation of *Candida albicans* formation on feldspathic porcelain subjected to four surface treatment methods. *Dent Mater J* 2010; 29: 147-153.
36. Bosch JJ, Coops JC. Tooth Color and Reflectance as Related to Light Scattering and Enamel Hardness. *J Dent Res.* 1995;74:374-80
37. Xiong F, Chao Y, Zhu Z. Translucency of newly extracted maxillary central incisors at nine locations. *J Prosthet Dent.* 2008;100:11-17
38. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am.* 2004; 48:341-358.
39. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont.* 1995; 8:79-86.
40. Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res* 1981;60:890-894.
41. O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. *Dental Materials,* 1991;7:170-173.
42. Lee YK. Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *J of Biomed Optics* 2015;20: 1-7.
43. Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, Qian F, Cobb DS, Gratton DG, Geraldini S. Ceramic materials for porcelain veneers. Part I: correlation between translucency parameters and contrast ratio. *J. Prosthet. Dent.* 2013;110:397-401.
44. Johnston WM. Review of translucency determinations and applications to dental materials. *J Esthet Restor Dent.* 2014;26:217-223.
45. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand* 2009;67:57-64.
46. O'Brien WJ. Double layer effect and other optical phenomena related to esthetics. *Dent Clin North Am.* 1985;29:667-772.
47. Charisis D, Koutayas SO, Kamposiora P, Doukoudakis A. Spectrophotometric Evaluation of the Influence of Different Backgrounds on the Color of Glass-Infiltrated Ceramic Veneers. *Eur J Esthet Dent.* 2006;1:142-56.
48. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet. Dent.* 2000; 83:412-7.
49. Tada Y, Kawano F, Kon M, Matsumoto N, Asaoka K. Influence of crystallization on strength and color of castable glass-ceramics containing two crystals. *Biomed Mater Eng.* 1995;5:233-243.
50. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Llie N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent.* 2015;113:534-40.
51. van Noort R. *Introduction to dental materials - 4th Edition:* Elsevier Inc. Mosby Ltd; 2013. p:231-46.
52. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent* 2014;111:42-50.
53. Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 2003;90:563-70.
54. Shokry TE, Shen C, Elhosary MM, Elkhodary AM. Effect of core and veneer thicknesses on the color parameters of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2006;95:124-9.
55. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). *Colorimetry 3rd ed.* Publication CIE No. 15.3. Vienna, Austria: Central Bureau of the CIE, 2004.

56. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent*. 2009;37:2-6.
57. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69:1180-3.
58. Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res*. 1980;59:70-5.
59. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res*. 1989;68:1755-9.
60. Trakyalı G. Diş Rengi Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler EÜ Dişhek Fak Derg 2013; 34: 1-10.
61. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic Color Training in Dentistry*. 2004 St. Louis: Elsevier Mosby. p: 27-28.
62. Schmitter M, Musotter K, Hassel A. Interexaminer reliability in the clinical measurement of L\*c\*h\* values using a laminar spectrophotometer. *Int J Prosthodont*. 2008;21:422-4.
63. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammenle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81:578-82.
64. Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohainy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont* 2007; 16:93-100.
65. Yuan K, Sun X, Wang F, Wang H, Chen JH. In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments. *Oper Dent* 2012;37:219-27.
66. Silva J, Park S, Weber HB, Shigemi IN. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent*. 2008;99:361-68.
67. Lim HN, Yu B, Lee YK. Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials. *J Prosthet Dent*. 2010;104:239-46.