

# Değişen sinterleme sürelerinin dental zirkonyanın optik özellikleri üzerine etkisi

## The effect of changing sintering time on the optical properties of dental zirconia

**Yrd. Doç. Dr. M. Emre Coşkun**  
Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi A. D., Sivas

**Yrd. Doç. Dr. Fatih Sarı**  
Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi A. D., Gaziantep

**Geliş tarihi:** 17 Ekim 2017

**Kabul tarihi:** 21 Aralık 2017

**doi:** 10.5505/yeditepe.2018.22932

### Yazışma adresi:

Yrd. Doç. Dr. Fatih Sarı  
Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi A.D. Üniversite Bulvarı 27310  
Şehitkamil / Gaziantep  
Tel: +903423609600 / 4505  
Fax: +903423610346  
E-posta: fatihsa00@hotmail.com

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı farklı sinterleme sürelerinin zirkonyanın optik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılmasıdır.

**Gereç ve Yöntem:** Kısmi olarak sinterlenmiş translüsent Y-TZP bloklardan (10x10x1mm) hazırlanan 60 adet örnek aynı sıcaklıkta farklı sinterleme sürelerinin uygulandığı 3 farklı gruba (1. grup 1510 °C'de 180 dk, 2. grup 1510 °C'de 120 dk, 3. grup 1510 °C'de 30 dk) ayrıldı (n: 20). Sinterleme işlemi sonrasında profilometre kullanılarak yüzey pürüzlülük değerleri ölçüldü. Sonrasında örneklerin translüsensi değerleri ve kontrast oranları spektrofotometre, Easyshade, cihazı kullanarak tespit edildi.

**Bulgular:** Zirkonya örneklerine uygulanan farklı sinterleme sürelerinin yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde herhangi bir istatistiksel farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Kontrast oranları ve translüsensi değerlerindeki değişiklikler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunmazken, bu iki parametre arasında negatif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Sinterleme süresinin kısaltılması yapılan restorasyonlarda optik özellikler bakımından klinik olarak tespit edilebilecek herhangi bir olumsuzluğa neden olmamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Zirkonya, sinterleme, translüsensi, kontrast oranı, yüzey pürüzlülüğü

### SUMMARY

**Aim:** The purpose of this study is to investigate the effect of different dwelling time of sintering on optical properties of zirconia.

**Materials and Methods:** Sixty specimens (10x10x1mm), prepared from the translucent partial sintered Y-TZP disc, were divided into three groups (n=20) according to the sintering dwelling time (1. group 1510 °C for 180 min, 2. group for 120 min and 3. group for 30 min). Surface roughness were measured by using profilometer after sintering procedure and then translucency parameters and contrast ratios were measured by spectrophotometer, Easyshade.

**Results:** It has been found that the different sintering times applied to the zirconia samples do not make any statistically significant difference on the surface roughness. While no statistically significant difference was detected in contrast ratio and translucency, negative correlation was found between these two parameters.

**Conclusion:** The shortening of the sintering time does not cause any clinically perceptible deterioration in optical properties in the restorations made.

**Keywords:** Zirconia, sintering, translucency, contrast ratio, surface roughness

### GİRİŞ

Diş hekimliğinde uzun yıllardır kullanılan metal destekli sabit protezlere, estetik, biyouyumluluk ve kimyasal stabilite gibi

özelliklere sahip tam seramikler alternatif olarak gösterilmektedir.<sup>1</sup> Zirkonya, sahip olduğu yüksek kırılma direnci ve kırılma dayanımı gibi mekanik özelliklerden ötürü posterior dişlerin rehabilitasyonunda da alt yapı materyali olarak kullanılmaktadırlar.<sup>2-4</sup> Literatürde bu amaçla kullanılan zirkonyada kırığın nadiren oluştuğundan bahsedilirken, daha çok 'chipping' olarak adlandırılan seramik ile zirkonya bağlantısının kopması şeklinde problemlerin oluştuğu vurgulanmaktadır.<sup>5-9</sup> Bu başarısızlığın ilk beş yıl için %15 oranında oluştuğu belirtilmektedir.<sup>7</sup> Klinik uygulamalarda karşılaşılan bu sorunun üstesinden gelebilmek için monolitik uygulamalar yapılmaktadır. Bu sayede daha az diş kesimi yapıldığı içim daha konservatif bir yaklaşım sergilenirken, ortaya çıkan maliyetlerin de asgariye indirilmesi amaçlanmaktadır.<sup>10</sup> Fakat bu tip restorasyonlar zirkonyanın opak yapısından dolayı anterior bölge için estetik beklentileri karşılamamaktadır. Literatürde zirkonyanın sahip olduğu opaklığı giderebilmek için sinterleme öncesinde renklendirici metal oksit ilavesi yapımı veya klorid solüsyon uygulamalarından bahsedilmektedir.<sup>11</sup> Zirkonyanın üzerine düşen ışığın dalga boyu (380-780 nm) maddenin tanecik boyutundan küçük olursa opak bir görüntü oluşur. Zirkonyanın ışık geçirgenliğinde değişiklik yapabilen için tanecik boyutunun görünür ışığın dalga boyundan daha küçük bir hale getirilmesiyle gerçekleştirilen farklı çalışmalar bulunmaktadır.<sup>12</sup> Bu uygulamalardan bir tanesinde yttria içeriğinin artırılarak tetragonal taneciklerin yerine kübik taneciklerin oluşumunu sağlamaktadır. Bu değişim hem optik özellikleri iyileştirir hem de tam sinterize bir materyalin elde edilmesini sağlar.<sup>13</sup> Fakat elde edilen materyal optik özellikleri bakımından daha üstün olmasına rağmen tetragonal faza oranla daha zayıf ve kırılmalı bir yapıya sahip olur.

Ayrıca kullanılan zirkonyanın içerisine ilave edilen farklı maddelerde (sinterleme işlemini kolaylaştırmak için eklenen Alüminyum), yansıtma indekslerinin farklılığından ötürü, ışık geçirgenliği üzerinde etkili rol oynar.<sup>14</sup>

Seramiklerde ışık geçirgenliği kalınlığa ve sahip olduğu kristal yapısına göre değişiklik göstermektedir.<sup>15-18</sup> Kristal yapı ise uygulanan sinterleme parametrelerinden etkilenmektedir. Uygulanan son sıcaklık değeri ve burada kalış süresi malzemenin çekirdek boyutunu artırır ve daha yoğun bir malzemenin oluşmasını sağlayarak translüsensiyi artırırken, artan granüler boyut ise mekanik özelliklerden ödün verilmesine neden olur.<sup>19</sup>

Genel olarak yapılan zirkonya restorasyonların estetik görünüşleri translüsensi, kontrast oranı, renk ve opaklığından direkt olarak etkilenmektedir. Translüsensi ise tercih edilen zirkonyanın markasından, ulaştığı fazdan, sinterleme protokolünden, yüzey pürüzlülüğü miktarından, kontrast oranından ve partikül boyutundan etkilenmektedir. Kontrast oranı ise kalınlıktan, translüsensiden, sinterleme protokolünden ve partikül boyutundan etkilenmektedir.

Her geçen gün uygulamaya konulan farklı sinterleme protokolleri sayesinde sinterleme süresinin kısaltılması amaçlanmaktadır. Bu da kısalan sinterleme sürelerinin zirkonyanın moleküler yapısı üzerine etkileri ile ilgili olan çalışmaların artmasına neden olmaktadır. Literatürde birçok araştırmacı, sinterleme süresi ve ulaşılan ısının zirkonyanın optik ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır.<sup>20-23</sup> Bütün bu ilgiler ışığında sinterlemenin optimizasyonu sağlanarak zirkonyanın opaklığının azaltılması sağlanabilir.

Bu çalışmanın amacı, son dönemde uygulamaya başlanan kısa süreli sinterleme işlemlerinin zirkonyanın yüzey pürüzlülüğü, translüsensi ve kontrast oranı üzerine etkilerini araştırmaktır. Bu noktada; süredeki değişimin translüsensi ve kontrast oranı ve pürüzlülük değerinin değişimine neden olacağı hipotezi kuruldu.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Kısmi olarak sinterlenmiş translüsent zirkonya disklerden (Optima, Lianoning Upcera, China) son sinterleme işlemi sonrasında gerçekleşecek boyutsal büzülme hesaba katılarak son hali 10x10x1 mm ebatlarında olacak şekilde 60 adet örnek CAD-CAM sistemi (Yenadent, Ankara, Türkiye) kullanılarak hazırlandı. Hazırlanan numuneler uygulanacak sinterleme işlemlerine göre rastgele 3 gruba ayrıldı. 1.grupta 1510°C' de 180 dk, 2.grupta 1510 °C' de 120 dk, 3.grupta 1510 °C' de 30 dk olacak şekilde sinterleme protokolleri tercih edildi. Sinterleme fırınından (Sirona inFire HTC Speed, Bensheim, Germany) çıkarılan örnekler oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı ve ardından yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü gerçekleştirildi. Pürüzlülük değerlerinin (Ra, µm) tespitinde profilometre (Mitutoyo SurfTest SJ-301, Tokyo, Japan) cihazı kullanıldı. Her örneğin her iki yüzeyinden 4 farklı ölçümler gerçekleştirilerek ortalama değerler tespit edildi.

Sonrasında translüsensi (TP) ve kontrast oranlarının (KO) CIE L\*a\*b\* koordinatlarının ölçümleri spektrofotometre (Easysshade advance, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) cihazı yardımıyla ölçüldü. Her ölçüm öncesinde cihazın üzerinde bulunan seramik kalibrasyon bloğuyla kalibrasyon gerçekleştirildi. Cihaz üzerinde bulunan D65 ışık kaynağı olduğu için ölçümler esnasında ek bir ışık kaynağı kullanılmadı. Bütün ölçümler günün aynı saatinde, kuzey cepheye bakan bir odada toplamda 8 ölçüm olacak şekilde siyah (CIE L\*= 1.1 a\*=13.8 b\*=52.2) ve beyaz arka plan (CIE L\*= 17.6 a\*=2.0 b\*=6.6) kullanılarak 4 farklı noktadan gerçekleştirildi ve ortalama değerleri alındı.

## Translüsensi parametresi

TP değerinin hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanıldı:

$$TP=[(LS - LB)^2 + (aS - aB)^2 + (bS - bB)^2]^{1/2} \quad (1) \text{ Formülde}$$

kullanılan S ve B harfleri kullanılan arka plan renkleri olan siyah ve beyazı temsil etmektedir. TP değeri ne kadar yüksek olursa cisim o kadar yüksek ışık geçirgenliğine sahip demektir. L (value), açıklık ve koyuluk değeri temsil ederken en yüksek olan '100' değeri beyazı için tanımlanır, en düşük '0' değeri ise siyahı tanımlar. a\* değeri kırmızı/yeşil rengi temsil eder. Negatif a\* değeri yeşili temsil ederken pozitif a\* değeri ise kırmızı rengi ifade eder. b\* değeri ise sarı/mavi renkleri temsil eder. Negatif b\* değeri mavi rengi temsil ederken pozitif b\* değeri ise sarı rengi ifade eder.

### Kontrast Oranı

KO' nun hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanıldı:

$$KO = YS / YB \quad (2)$$

Y' nin hesaplanmasında kullanılan denklem ise:

$$Y = [(L_* + 16) / 116] \times 100 \quad (3)$$

YS siyah zemin üzerinde elde edilen ölçüm değerini ifade ederken, YB ise beyaz zemin üzerinde yapılan ölçümleri ifade etmektedir. En yüksek 1.0 değeri cismin tam opak olduğunu ifade ederken, 0.0 değeri ise transparan bir yapıya sahip olduğunu gösterir.

Sinterleme işlemi sonrasında elde edilen örneklerin optik özellikler üzerine etkisi olan yüzey pürüzlülük (YP) değerlerinin (Ra, µm) tespitinde profilometre (Mitutoyo SurfTest SJ-301, Tokyo, Japan) cihazı kullanıldı. Her örneğin her iki yüzeyinden 4 farklı ölçüm gerçekleştirildi ve elde edilen veriler kullanılarak ortalama değerler tespit edildi.

### İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen KO ve TP verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile test edildi. Normal dağılmayan değişkenlerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi kullanıldı. Sayısal değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman rank korelasyon katsayısı ile test edildi. Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değerlendirilmesinde ise One-Sample T Testlerinden yararlanıldı. Analizlerde SPSS 22.0 (SPSS INC, Chicago, IL, USA) paket programı kullanıldı. p<0,05 anlamlı kabul edildi.

### BULGULAR

Elde edilen ölçümlerin ortalama değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılmaları Tablo 1' de belirtildi.

**Tablo 1.** TP, KO ve YP ölçümlerinin ortalama, standart sapma ve istatistiksel analizleri

Sinterleme süresi	TP	KO	YP
1. Grup (30 dk)	6,83±0,81	0,83±0,02	0,60±0,10
2. Grup (60 dk)	6,72±0,75	0,84±0,02	0,58±0,11
3. Grup (120 dk)	6,80±1,32	0,84±0,06	0,55±0,10
Sig*	p>0,05	p>0,05	p>0,05

\* p<0,05 seviyesinde anlamlı.

Yüzey pürüzlülüğü açısından farklı sinterleme protokollerinin örnekler üzerine etkileri değerlendirildiğinden en düşük pürüzlülük değeri uzun süreli sinterleme grubunda tespit edildi fakat gruplar arası farklılık istatistiksel olarak

anlamlı bulunmadı (p=0,978)

TP değerleri açısından en yüksek değer 1.grupta tespit edildi. Gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p=0,951).

Elde edilen KO değerlerinin incelenmesi sonucunda ise gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p=0,731).

TP ile KO arasındaki korelasyon değerlendirmesinde 1, 2 ve 3. grupta negatif yönlü bir korelasyon tespit edildi (Tablo 2) (p=0,001).

**Tablo 2.** TP, KO ölçümleri arasındaki korelasyon

Sinterleme süresi	TP	KO	Spearman's R	p**
1. Grup (30 dk)	6,83±0,81	0,83±0,02	-,985	,0001
2. Grup (60 dk)	6,72±0,75	0,84±0,02	-,906	,0001
3. Grup (120 dk)	6,80±1,32	0,84±0,06	-,985	,0001

\*\* Korelasyon değerleri p<0,01 seviyesinde anlamlı.

### TARTIŞMA

Sinterleme sonrasında zirkonyanın fiziksel özelliklerinin geliştiği literatürde yapılan birçok çalışmayla desteklenmektedir.<sup>24,25</sup> Protetik tedavileri daha hızlı bir şekilde sonuçlandırmak adına her geçen gün daha kısa süreli sinterleme protokollerinin uygulanabildiği fırınlar geliştirilmektedir. Bu çalışmanın amacı kısalan sinterleme sürelerinin elde edilecek zirkonya restorasyonların optik özellikleri üzerinde herhangi bir değişime neden olup olmadığını tespit edilmesidir. Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında kurulan hipotez reddedildi.

Optik özellikler üzerine yapılan çalışmalarda spektrofotometre kullanımı ve renklerin sayısal değerleri üzerinden incelenmesi ve karşılaştırılması diş hekimliği araştırmalarında sıklıkla tercih edilen ve güvenilir olarak kabul edilen bir yöntemdir.<sup>26,27</sup> Bu çalışmada da optik özelliklerin belirlenmesinde spektrofotometre cihazı kullanılarak elde edilen verilerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada tercih edilen son sıcaklık değeri sinterleme işleminin gerçekleştirildiği fırında kullanılabilecek en kısa süreli programlardan biridir. Bu programın, farklı çalışmalarda zirkonyanın tanecik boyutu<sup>28</sup>, mekanik özellikleri ve farklı yüzey işlemleri sonrası seramik ile bağlantısı<sup>29</sup> üzerine etkileri araştırılmış ve faz geçişlerinin tamamlandığı belirtilmiştir. Bu amaçla bu çalışmada ekstradan x-ışını difraksiyon (XRD) incelemesi yapılmamıştır.

Elde edilen KO karşılaştırılması sadece istatistiksel bir değerlendirmeyle yorumlanması değerlendirilmenin eksik olarak yapılmasına neden olur. Klinik olarak objeler arasındaki KO farkının ayırt edilebilmesi için gözün algılayabileceği değerler üzerinde olmalıdır. Bu değerler noktasında Min-Chieh Liu ve arkadaşlarının<sup>30</sup> yapmış olduğu çalışmada cisimler arasındaki KO değerleri arasındaki farkın 0,07 olması halinde ayırt edilebildiği belirtilirken bu değerün üniversitelerde 0,04 kadar düştüğü, diş hekimliği öğrencilerinde ise 0,09' a kadar çıktığı vurgulanmıştır. Yaptığı-

mız çalışmada ise farklı sürelerin uygulandığı sinterleme sonrasında elde edilen KO oranları arasındaki farklılık 0,01 değerlerinde kaldığından gözün algılayabileceği sınırların altında olarak tespit edilmiştir.

KO, cismin siyah zemin üzerindeki yansıtma miktarının ve beyaz zemin üzerindeki yansıma miktarına oranı olarak ifade edilmektedir. TP ise cismin renginin siyah ve beyaz zemin üzerindeki farklılık miktarını belirtir. Barizon ve ark.<sup>31</sup> yaptığı çalışmada bu iki değer arasında negatif yönlü bir korelasyon varlığını tespit etmişlerdir. Bu ilişki artan TP değeri ne karşılık olarak azalan bir KO'nun elde edilmesi anlamı taşımaktadır. Çalışmamızda elde edilen verilerde TP ile KO arasında negatif korelasyon varlığını göstermekte olup yapılan çalışmalar ile bir birini destekler niteliktedir.

Mi-Jin ve arkadaşları<sup>32</sup> tanecik boyutu ve translusensi üzerine çıkılan son sıcaklıkta bekletme sürelerinin (20 dk, 2, 10 ve 40s) etkilerini araştırdıkları çalışmada kısalan sinterleme süresiyle birlikte tanecik boyutunun küçüldüğünü ve bu sayede daha translusent bir yapının elde edildiğini vurgulamışlardır. Başka bir çalışmada ise Ebeid ve arkadaşları<sup>33</sup> hem sıcaklık değerleri hem de bu değerlerde bekletme sürelerini değiştirmişler ve bu değişikliklerin tanecik boyutu, KO ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında sıcaklık olarak 1460, 1530 ve 1600 °C tercih ederken bu sıcaklıkta bekletme süreleri olarak 1, 2 ve 4 saati tercih etmişlerdir. Elde ettikleri veriler sonucunda çıkılan sıcaklık ve bekletme süresinde ki artışla birlikte tanecik boyutunun arttığını, KO ve yüzey pürüzlülüğünü azalttığını vurgulamıştır. Yaptığımız çalışmada sıcaklık sabit tutularak bekletme sürelerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu süreler dahilinde herhangi bir KO, TP ve yüzey pürüzlülük değerlerinde bir farklılık tespit edilmemiştir. Bunun nedeni olarak bekletme süresindeki farklılığın Ebeid' in tercih ettiği süre aralığına göre daha kısa olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Cismin yüzey pürüzlülüğü aynı cismin KO üzerine etki eden bir faktördür. Artan pürüzlülük miktarı KO'nun da artmasına ve cismin daha opak görünmesine neden olur.<sup>34</sup> Bu çalışmada elde edilen verilere göre YP değerleri arasındaki değişim anlamlı olarak tespit edilmemiştir. Bu sonucun bekletme süreleri arasındaki farklılığın fazla olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Birbirleriyle etkileşim halinde olan pürüzlülük değerleri ve KO değerleri her bir bekletme süresi açısından kendi içlerinde anlamlı bir farklılık göstermediği için bu durum birbirini destekler niteliktedir.

Bu çalışmanın en önemli limitasyonları; farklı marka zirkonyum blokların kullanılmamış olması, yaşlandırma işleminin yapılmamış olması ve optik özelliklerin farklı cihazlarla ölçülmemiş olmasıdır.

## SONUÇ

Kullanıma sunulan yeni sinterleme fırını sayesinde elde edilen sinterleme sürelerindeki kısaltmalar yapılacak zirkonya restorasyonların optik özellikleri üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Anusavice KJ. Recent developments in restorative dental ceramics. J Am Dent Assoc 1993; 124: 72-74.
2. Hannink RHJ, Kelly PM, Muddle B. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics. J Am Ceram Soc 2000; 83: 461-487.
3. Fischer J, Stawarczyk B. Compatibility of machined Ce-TZP/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposite and a veneering ceramic. Dent Mater 2007; 23: 1500-1505.
4. Aboushelib MN, Feilzer CJ, Feilzer AJ. Evaluation of a high fracture toughness composite ceramic for dental applications. J Prosthodont 2008; 17: 538-544.
5. Vult von Steyern PV, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC Zircon technique: a 2-year clinical study. J Oral Rehabil 2005; 32: 180-187.
6. Raigrodski AJ et. al. The efficacy of posterior -unit zirconium-oxidebased ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. J Prosthet Dent 2006; 96: 237-244.
7. Sailer I et. al. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. Int J Prosthodont 2007; 20: 383-388.
8. Edelhoff D, Florian B, Florian W, Johnen C. HIP zirconia fixed partial dentures – clinical results after 3 years of clinical service. Quintessence Int. 2008; 39: 459-471.
9. Schmitt J et. al. Zirconia posterior-fixed partial dentures: a prospective clinical-year follow-up. Int J Prosthodont. 2009; 22: 597-603.
10. Ilie N, Stawarczyk B. Quantification of the amount of blue light passing through monolithic zirconia with respect to thickness and polymerization conditions. J Prosthet Dent 2015; 113: 114-121.
11. Shah K, Holloway JA, Denry IL. Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color, and flexural strength of 3Y-TZP. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2008; 87 :329-337.
12. Zhang Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. Dent Mater 2014; 30: 1195-1203.
13. Lange FF. Transformation toughening: experimental observations in the ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system. J Mater Sci 1982; 17: 240-246.
14. Zhang Y, Griggs JA, Benham AW. Influence of powder/liquid mixing ratio on porosity and translucency of dental porcelains. J Prosthet Dent 2004; 91: 128-135.
15. Heffernan MJ et. al. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. J Prosthet Dent

2002; 88: 4-9.

**16.** Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 18-32.

**17.** Chen YM, Smales RJ, Yip KH, Sung WJ. Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. *Dent Mater* 2008; 24: 1506-1511.

**18.** Tsukuma K, Kubota Y, Tsukidate T. Thermal and mechanical properties of Y2O3-stabilized tetragonal zirconia polycrystals. *Science and technology of zirconia II. Advances in Ceramics* 1984; 12: 382-390.

**19.** Anselmi-Tamburini U, Woolman JN, Munir ZA. Transparent nanometric cubic and tetragonal zirconia obtained by highpressure pulsed electric current sintering. *Adv Funct Mater* 2007; 17: 3267-3273.

**20.** Kim MJ, Ahn JS, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *J Adv Prosthodont.* 2013; 5: 161-166.

**21.** Stawarczyk B, et. al. The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size and contrast ratio. *Clin Oral Invest* 2013; 17: 269-274.

**22.** Hjerppe J, Narhi T, Froberg K, Vallittu PK, Lassila LV. Effect of shading the zirconia framework on biaxial strength and surface microhardness. *Acta Odontol Scand* 2008; 66: 262-267.

**23.** Jiang L, Liao Y, Wan Q, Li W. Effects of sintering temperature and particle size on the translucency of zirconium dioxide dental ceramic. *J Mater Sci Mater Med* 2011; 22: 2429-2435.

**24.** Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *J Biomater* 1999; 20: 1-25.

**25.** Matsui K, Yoshida H, Ikuhara Y. Isothermal sintering effect on phase separation and grain growth in yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal. *J Am Ceram Soc* 2009; 92: 467-475.

**26.** Vichi A, Sedda M, Fabian FR, Carrabba M, Comparison of Contrast Ratio, Translucency Parameter, and Flexural Strength of Traditional and "Augmented Translucency" Zirconia for CEREC CAD/CAM System. *J Esthet Restor Dent* 2016; 28: 32-39.

**27.** Falcone ME, Kelly JR, Rungruanganut P. In Vivo Color Relationships Between the Maxillary Central Incisors and Canines as a Function of Age. *Int J Prosthodont* 2016; 29: 496-502.

**28.** Ersoy NM, Aydoğdu HM, Değirmenci BÜ, Çökük N, Sevimay M. The effects of sintering temperature and duration on the flexural strength and grain size of zirconia. *Acta Biomater Odontol Scand* 2015; 1: 43-50.

**29.** Çelenk MF, Hızlı Ve Klasik Sinterleme Uygulanan Zirkonyanın Farklı Yüzey İşlemleri Sonrası Seramik Bağlantısının Ve Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, *Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi*, 2016.

**30.** Min-Chieh Liu, Steven Aaquilino, Peter S Lung, . Human Perception of Dental Porcelain Translucency Correlated to Spectrophotometric Measurements. *J Prosthodont* 2010; 19: 187-193.

**31.** Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, . Ceramic materials for porcelain veneers. Part I: correlation between translucency parameters and contrast ratio. *J Prosthet Dent* 2013; 110: 397-401.

**32.** Mi-Jin K, Jin-Soo A, Ji-Hwan K, Hae-Young K, Woong-Chul K. Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *J Adv Prosthodont* 2013; 5: 161-166.

**33.** Kamal Ebeida, et. al. Effect of changes in sintering parameters on monolithic translucent zirconia. *Dental materials* 2014; 30: 419-424.

**34.** Hee-Kyung K, Sung-Hun K, Jai-Bong L, Seung-Ryong H. Effects of surface treatments on the translucency, opalescence, and surface texture of dental monolithic zirconia ceramics. *J Prosthet Dent* 2016; 115: 773-779.

