

Monolitik Zirkonyanın Optik Özellikleri Üzerine Isıtma Hızının Etkisinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effect of Heating Rate on the Optical Properties of Monolithic Zirconia

 Ersan ÇELİK^a,
 Caner ÖZTÜRK^b

^aProtetik Diş Tedavisi ABD,
Ordu Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ordu, TÜRKİYE

^bProtetik Diş Tedavisi ABD,
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Hatay, TÜRKİYE

Received: 25 Oct 2018

Received in revised form: 08 Jan 2019

Accepted: 11 Jan 2019

Available online: 28 Jan 2019

Correspondence:

Ersan ÇELİK
Ordu Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi ABD, Ordu,
TÜRKİYE/TURKEY
ersancellik@gmail.com

ÖZET Amaç: Sinterleme parametrelerinden ısıtma hızının monolitik zirkonyanın translüsensi ve opasitesi üzerine etkisini değerlendirmektir. **Gereç ve Yöntemler:** Kırk adet başlangıç boyutları 10x8x1,4 mm olan presinterize monolitik zirkonya örnekler bilgisayar destekli tasarım yazılımında tasarlanıp ardından bilgisayar destekli üretim cihazı kullanılarak üretildi. Örnekler, sinterleme fırınının ısıtma hızına göre (Grup 1: 15°C/dk, Grup 2: 20°C/dk ve Grup 3: 40°C/dk) ve kontrol grubu ile birlikte her grupta 10 örnek olacak şekilde dört alt gruba ayrıldı. Kontrol grubu üretici firmanın direktifleri doğrultusunda, diğer gruplar sinterleme fırınının ısıtma hızı göz önüne alınarak, sinterleme sıcaklığı 1.500°C ve sinterleme sıcaklığında bekleme süresi 90 dk olacak şekilde sinterleme fırını kullanılarak sinterlendi ve final boyutları 8x6,4x1 mm olan örnekler elde edildi. Örneklerin L*, a* ve b* değerleri, D65 illuminant aydınlatma koşulları altında sırasıyla siyah ve beyaz zemin üzerinde spektrofotometre cihazı kullanılarak ölçüldü. Her grup için translüsensi parametresi ve opalesans parametresi hesaplandı, elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi testi kullanılarak p<0,05 anlamlılık düzeyinde değerlendirildi. **Bulgular:** Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre kontrol grubu ile diğer gruplardan elde edilen translüsensi parametresi ve opalesans parametresi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Diğer gruplardan elde edilen translüsensi parametresi ve opalesans parametresi değerleri arasındaki farkların ise yine istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi. **Sonuç:** Zirkonyanın translüsensi parametresi ve opalesans parametresi değerleri üzerinde sinterleme parametrelerinden ısıtma hızının anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Isıtma hızı artırılarak zirkonya materyalinin optik özellikleri değişmeden daha kısa toplam sinterleme sürelerinde restorasyonlar üretilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isıtma hızı; monolitik zirkonya; opasite; sinterleme parametreleri; translüsensi

ABSTRACT Objective: The aim of this study is to evaluate the effect of heating rate, which is a sintering parameter, on the translucency and opacity of monolithic zirconia. **Material and Methods:** A total of 40 presintered monolithic zirconia samples in size of 10x8x1.4 mm were designed at computer-aided design software and manufactured with computer-aided manufacturing device. The samples are divided into 4 subgroups according to the heating rate (Group 1: 15°C/m, Group 2: 20°C/m and Group 3: 40°C/m) of the sintering furnace and 10 samples obtained in each group. The control group was sintered in accordance with the manufacturer's recommendations, and the other groups were sintered considering the heating rate of the sintering furnace, with the sintering temperature of 1500°C and the holding time of 90 minutes. Samples final dimensions 8x6.4x1 mm were obtained. The L*, a* and b* values of the samples were evaluated by a spectrophotometer on a black and white background, respectively under D65 illuminant lighting conditions. Translucency parameter and opalescence parameter were calculated for each group and the data were evaluated by one-way analysis of variance (One-way ANOVA) at p<0.05 significance level. **Results:** According to the results of the statistical analysis, there was no statistically significant difference between the control group and the translucency parameter and opalescence parameter values obtained from the other groups and also differences between translucency parameter and opalescence parameter values obtained from other groups were not statistically significant. **Conclusion:** The heating rate which is a sintering parameter, has no significant effect on the translucency parameter and opalescence parameter values of zirconia. Restorations can be manufactured in less time without changing the optical properties of zirconia material by increasing the heating rate.

Keywords: Heating rate; monolithic zirconia; opacity; sintering parameters; translucency

Diş hekimliğinde, bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim [computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM)] tekniklerinin kullanımı ile birlikte gelişen tek seans diş hekimliği uygulamaları ve hastaların artan estetik beklentileri kısa sürelerde üretilebilen, üstün estetik ve mekanik özelliklere sahip restorasyonlara olan gereksinimi gün geçtikçe artırmaktadır.

Doğal dişlerle uyumlu bir restorasyonun üretilmesi için dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri kullanılacak restoratif materyalin optik özellikleridir. Diş hekimliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan zirkonya restorasyonların ise üstün mekanik özelliklere sahip olmalarına karşın optik özellikleri hâlâ tartışmalıdır.¹

Tam seramik restorasyonların optik özelliklerinin en temel belirleyicilerinden biri translüsensisidir.² Zirkonyanın translüsensisi, materyal yüzeyine gelen ışığın büyük oranda saçılması ile birlikte bir bölümünün materyalden geçmesidir. Bir seramiğin üzerine gelen ışığın büyük çoğunluğu yansımakta ve difüz olarak dağılırsa materyal opak görünmektedir. Işığın sadece bir kısmı dağılmakta, büyük çoğunluğu seramikten doğrudan geçer ise materyal translüsent görünmektedir. Ayrıca; emilen, yansıyan ve iletilen ışık miktarı materyalin içindeki kristal ve kimyasal bileşenlerin miktarına, türüne, parçacıkların büyüklüğüne, sinterleme sıcaklığına, sinterleme işlemi sırasındaki atmosfer koşullarına ve ısıtma yöntemlerine bağlıdır.³ Seramiği güçlendirmek için kullanılan polikristal içerikler, farklı kırılma indisleri ve kristallerin homojen olmaması nedeni ile translüsensi özelliğini azaltmaktadır.³ Bu durum zirkonyanın opak görünümüne yol açmaktadır. Özellikle, sinterleme sıcaklığı ve kullanılan ısıtma yöntemi, zirkonyanın yoğunluk, gözeneklilik ve tanecik büyüklüğünü, dolayısıyla materyalin mekanik ve optik özelliklerinin doğrudan belirleyen faktörlerdendir.²

Zirkonyanın en büyük dezavantajı opak karakteridir. Bu sebeple restorasyonların estetik özelliğini artırabilmek için kor yapı olarak kullanılan zirkonya, veneer seramiği ile kaplanmaktadır. Veneer seramiğinde ise en sık karşılaşılan başarısızlık türü meydana gelen “chipping problemleri”dir.⁴ Bu

problemin önüne geçebilmek için monolitik zirkonya restorasyonların kullanımı gündeme gelmiştir. Monolitik zirkonya restorasyonların avantajları, CAD-CAM tekniğinde kullanılan önceden sinterlenmiş homojen bloklar ile artan malzeme kalitesi, daha kısa üretim süresi ve düşük maliyetidir. Ayrıca, yüksek mekanik mukavemet nedeni ile, 0,5 mm malzeme kalınlığına izin verilmesi, dişlerin preparasyon sırasında korunmasına katkıda bulunmakta ve interoklüzal alanın sınırlı olması durumunda tam seramik restorasyonların kullanılmasına olanak sağlamaktadır.⁵

Sinterleme sıcaklığı (heat treatment temperature), sinterleme sıcaklığında bekleme süresi (holding time), ısıtma ve soğutma hızı (heating-cooling rate) zirkonyanın sinterleme işleminin ısıl işlem basamakları olarak ifade edilmektedir. Isıtma hızı, istenilen sinterleme sıcaklığına ulaşana kadar sinterleme fırınının dakikadaki sıcaklık artış miktarıdır. Daha sonra zirkonya belirlenen sinterleme sıcaklığında belirlenen süre kadar sinterlenmekte ve oda sıcaklığına ulaşınca kadar ya kontrollü şekilde ya da müdahale edilmeden natürel olarak soğumaya bırakılmaktadır. Zirkonyanın sinterleme parametrelerindeki farklılıklar mikroyapısı ve kristalin fazı üzerine etki ederek optik özelliklerini doğrudan etkilemektedir.³ Bu etkinin kapsamı, özellikle kısa sinterleme döngülerinin üreticiler tarafından tanıtımının ardından zirkonyayla ilgili araştırmaların ilgi odağı hâline gelmiştir. Birçok araştırmacı, sinterleme sıcaklığı ve sinterleme sıcaklığındaki bekleme süresi ve sıcaklığındaki değişikliklerin zirkonya kor seramiğinin optik özellikleri üzerine etkilerini araştırmalarına rağmen bu değişikliklerin monolitik zirkonya üzerindeki etkileri hâlâ soru işaretidir.⁶⁻⁸

Bu çalışmada, sinterleme parametrelerinden ısıtma hızının monolitik zirkonyanın translüsensi ve opasitesi üzerine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızın sıfır hipotezi; “Isıtma hızı değişiklikleri monolitik zirkonyanın optik özellikleri üzerine etkili değildir” olarak belirlenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmamızda, 40 adet başlangıç boyutları 10x8x1,4 mm olan presinterize kendinden renkli (A2) mo-

monolitik zirkonya (Upcera, Shenzhen Upcera Co., Ltd, Shenzhen, Çin) örnekler CAD yazılımında (Dentalwings Client Software, Dental Wings Inc., Montreal, Kanada) tasarlanıp ardından CAM cihazı (Yenadent D40; Yenadent, ZenoTec, İstanbul, Türkiye) kullanılarak üretildi. Örnekler, sinterleme fırınının ısıtma hızına göre (Grup 1: 15°C/dk, Grup 2: 20°C/dk ve Grup 3: 40°C/dk) ve kontrol grubu ile birlikte her grupta 10 örnek olacak şekilde dört alt gruba ayrıldı. Kontrol grubu üretici firmanın direktifleri doğrultusunda, diğer gruplar sinterleme fırınının ısıtma hızı göz önüne alınarak, sinterleme sıcaklığı 1.500°C ve sinterleme sıcaklığında bekleme süresi 90 dk olacak şekilde sinterleme fırını (Vita Zyrcomat 6000 MS, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) kullanılarak sinterlendi (Tablo 1). Sinterleme işlemi sonrasında final boyutları 8x6,4x1 mm olan örnekler elde edildi. Örnekler 5 dk boyunca izopropil alkol içinde ultrasonik olarak ve daha sonra buhar kullanılarak temizlendi. Glaze materyalinin örnekler üzerindeki olası etkisi düşünülerek örnekler bu işlem uygulanmadı. Örneklerin L*, a* ve b* değerleri, özel olarak hazırlanmış olan ortam içerisinde D65 illuminant aydınlatma koşulları altında sırasıyla siyah (L*7,13; a*-1,29; b*-6,43) ve beyaz (L*91,9; a*0,87; b*1,26) zemin üzerinde her örneğin merkezinden üçer ölçüm yapılacak şekilde spektrofotometre (Easyshade compact, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) cihazı kullanılarak ölçüldü. Her ölçüm sonrası cihaz üretici firma direktifleri doğrultusunda kalibre edildi.

Her grup için translüsensi parametresi (TP), örneklerden siyah ve beyaz zemin üzerinde elde edilen L*, a* ve b* değerleri ile aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

$$TP = \sqrt{(L^*_S - L^*_B)^2 + (a^*_S - a^*_B)^2 + (b^*_S - b^*_B)^2}$$

Grupların opalesans parametresi (OP) değerleri ise örneklerden siyah ve beyaz zemin üzerinde elde edilen a* ve b* değerleri ile aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı.

$$OP = \sqrt{(a^*_S - a^*_B)^2 + (b^*_S - b^*_B)^2}$$

Formüllerdeki “S” siyah zemini, “B” ise beyaz zemini temsil etmektedir.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi bir bilgisayar yazılımı (Spss version 20, SPSS INC, Chicago, IL, ABD) yardımıyla yapıldı. Gruplardan elde edilen verilerin normalliği Shapiro Wilks testi ile değerlendirildi. Verilerin dağılımının normal olduğu saptandı ve gruplardan elde edilen TP ve OP değerleri One-way ANOVA testi kullanılarak p<0,05 anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

BULGULAR

Çalışmamızın bulgularına göre gruplardan elde edilen TP ve OP değerleri Tablo 2, Şekil 1, Şekil 2’de görülmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, kontrol grubu ile diğer gruplardan elde edilen TP ve OP değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (p>0,05). Diğer gruplardan elde edilen TP ve OP değerleri arasındaki farkların ise yine istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi (p>0,05).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı ısıtma hızına bağlı olarak translüsent monolitik zirkonya materyalinin optik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızın bulgularına göre, ısıtma hızı değişikliklerine bağlı olarak, gruplardan elde edilen TP ve OP değerleri ayrı ayrı incelendiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı saptanmıştır (p>0,05). Dolayısıyla çalışmamızda “Isıtma hızı değişiklikleri monolitik zirkonyanın optik özellikleri üzerine etkili değildir” hipotezi kabul edilmiştir.

Restoratif materyallerin translüsensi değerleri üç farklı yöntemle değerlendirilebilmektedir. Bunlar; direkt transmisyon, tam transmisyon ve spektral yansımadır.⁹ Spektral yansıma, diş hekimliğinde

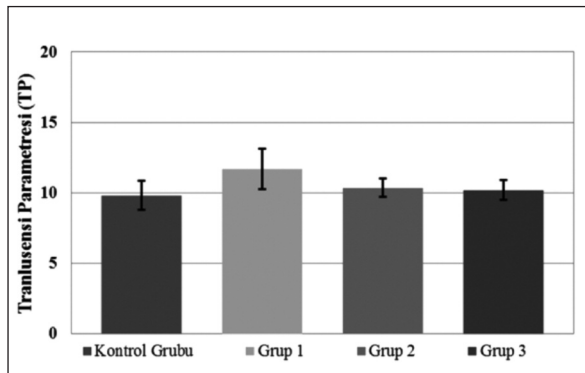
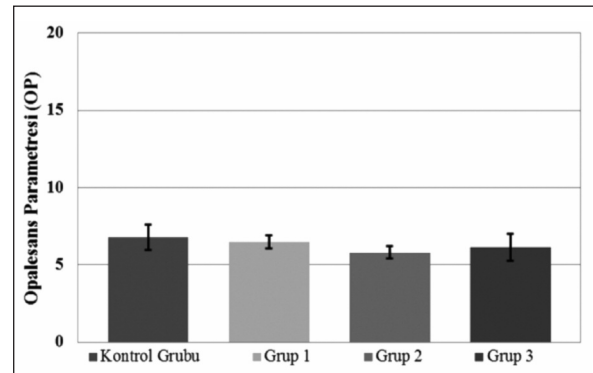
TABLO 1: Grupların sinterleme prosedürleri.

Gruplar	Isıtma hızı (Heating rate) (C°/dk)	Sinterleme sıcaklığı (Sintering temperature) (C°)	Sinterleme sıcaklığında bekleme süresi (Holding time) (dk)	Soğutma hızı (Cooling rate) (C°/dk)	Toplam sinterleme süresi (dk)
Kontrol grubu	10°C/dk	1.500°C	90 dk	Natürel soğuma	235 dk
Grup 1	15°C/dk	1.500°C	90 dk	Natürel soğuma	186 dk
Grup 2	20°C/dk	1.500°C	90 dk	Natürel soğuma	163 dk
Grup 3	40°C/dk	1.500°C	90 dk	Natürel soğuma	126 dk

TABLO 2: Gruplardan elde edilen translüsensi parametresi ve opalesans parametresi ortalama ve standart sapma değerleri.

		n	Ortalama	Standart sapma
Translüsensi parametresi	Kontrol	10	9,82 ^a	1,03
	Grup 1	10	11,23 ^a	1,12
	Grup 2	10	10,37 ^a	0,66
	Grup 3	10	10,21 ^a	0,70
Opalesans parametresi	Kontrol	10	6,79 ^a	0,84
	Grup 1	10	6,48 ^a	0,42
	Grup 2	10	5,80 ^a	0,40
	Grup 3	10	6,15 ^a	0,85

Farklı üst simge harfler gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılığı ifade eder (p<0,05).

**ŞEKİL 1:** Gruplardan elde edilen TP değerleri.**ŞEKİL 2:** Gruplardan elde edilen OP değerleri.

kendini kanıtlamış bir yöntem olarak kabul edilmekte ve bir materyalin siyah ve beyaz zemin üzerinde yansıttığı renklerin farkı olarak tanımlanan TP değeri kullanılarak ölçülmektedir.¹⁰ Bu sebeple bu çalışmada, TP değeri kullanılarak zirkonya örneklerin spektral yansımaları spektrofotometre cihazı kullanılarak saptanmıştır. Spektrofotometre cihazı ise araştırmalarda dental materyallerin CIE-LAB koordinatlarının tespit edilip materyallerin renk ve translüsensi özelliklerinin değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan, tekrarlanabilir-

liği ve güvenilirliği kanıtlanmış bir cihazdır.¹¹ Bu sebeple çalışmamızda renk ölçümleri spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Spektrofotometre cihazı ile yapılan ölçümlerde, translüsent materyallerin translüsensi ve yüzey yapısı gibi özelliklerine bağlı olarak gelen ışığın bir kısmının absorbe edilmeden kenarlardan yayılması ve cihaz tarafından ölçülmemesi “edge loss” etkisi olarak adlandırılmakta ve cihazın ölçüm güvenilirliğini etkilemektedir.¹² Çalışmamız, D65 illuminant aydınlatma koşulları altında ve boyutları cihazın

sahip olduğu ölçüm penceresinden daha büyük hazırlanan düz yüzeyli örnekler üzerinde yürütülerek olası "edge-loss" etkisi minimize edilmiştir.

Sinterleme prosedürü kapiller kuvvetler tarafından ortaya çıkan atomik difüzyon ile granüler materyallerdeki partiküller arasındaki boşlukların elimine edilmesini sağlamaktadır.^{3,13} Rhodes ile Denry ve ark., zirkonyanın özelliklerini belirleyen esas faktörün sinterleme sıcaklığı olduğunu belirtmişlerdir.^{14,15} Ayrıca, Jiang ve ark., nanozirkonya partiküllerinin ideal densite özelliği gösterebilmeleri için sinterleme sıcaklığının 1.450-1.500°C arasında olması gerektiğini bildirmişlerdir.³ Çalışmamızda bütün örnekler 1.500°C'de sinterlenmiştir ve çalışmamızda elde edilen bulgulara göre gruplar arasında TP ve OP değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Çalışmamızın bulgularına göre, ideal sıcaklıklarda sinterlenen zirkonya materyali için, sinterleme parametrelerinden olan ısıtma hızının doğrudan zirkonyanın final tanecik boyutu, partiküller arası boşluk yapısı ve dolayısıyla materyalin optik özellikleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna varılabilmektedir. Bu doğrultuda, ısıtma hızı üzerinde yapılacak olan değişikliklerle daha kısa süreli sinterleme prosedürleri kullanılarak materyalin optik özellikleri etkilenmeden restorasyonların üretilebilmesi mümkün olabilmektedir.

İdeal bir restoratif materyalin mine ve dentin dokusuna benzer TP ve OP değerlerine sahip olması beklenmektedir.¹⁶⁻¹⁸ Yu ve ark.nın çalışmasında, 1 mm kalınlığındaki mine ve dentin için TP değeri sırasıyla 18,7 ve 16,4 olarak saptanmıştır.¹⁹ Çalışmamızın sonuçlarına göre gruplardan elde edilen TP değerlerinin 9,82-11,23 arasında, OP değerlerinin ise gruplarda 5,80-6,79 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde Wang ve ark., 1 mm kalınlığındaki beş farklı ticari zirkonya materyali (Cercon Base, Zenotec Zr Bridge, Lava Standard, Lava Standard FS3 ve Lava Plus High Translucency) için TP değerlerinin 5,5-13,5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.²⁰ Günel ve ark., çalışmamıza benzer yöntemlerle ölçtükleri 1 mm kalınlığındaki zirkonya örnekler (Prettau Anterior) için TP ve OP değerlerinin 9,72 ve 4,39 olduğunu bulmuşlardır.²¹ Kurtulmuş-Yılmaz ve Ulusoy, 0,5

mm kalınlığında, A1, A2 ve A3,5 rengindeki üç farklı zirkonya kor materyalinin (In-Ceram YZ, ICE Zirkon ve Katana) TP değerlerinin 24,04-17,06 arasında değiştiğini; en yüksek TP değerlerinin A1, en düşük TP değerlerinin ise A3,5 rengindeki zirkonya kor materyalinde saptandığını bildirmişlerdir.²² Baldissara ve ark., farklı CAD-CAM sistemleriyle üretilen farklı zirkonya kor materyallerinin TP değerlerini inceledikleri çalışmada, 0,5 mm kalınlığındaki Lava Frame zirkonya kor materyalinin TP değerinin Procera AllZircon, DigiZon, DC Zircon, VITA YZ ve IPS e.max ZirCAD zirkonya kor materyallerinden daha yüksek olduğunu, fakat aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir.²³ Literatürdeki çalışmalar ve çalışmamızdan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, zirkonya materyalinin doğal dentin ve mine dokusuna göre daha düşük translüsenzi özelliklerine sahip olduğu ve özellikle estetik gereksinimlerin fazla olduğu restorasyonların üretiminde bu durumun göz ardı edilmemesi gerektiği sonucuna varılabilmektedir.

Bir restorasyonun uzun dönem başarısı materyalin mekanik, optik ve mikroyapısal özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Sinterleme parametreleri ise doğrudan zirkonyanın mekanik, optik ve mikroyapısal özelliklerini etkilemektedir. Çalışmamızın tek ticari zirkonya materyal üzerinde yürütülmesi ve sinterleme parametrelerinin zirkonyanın sadece optik özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi bu çalışmanın limitasyonları olarak değerlendirilebilmektedir. Bu sebeple zirkonya materyalinin uzun dönem başarısına etki edecek diğer sinterleme parametrelerinin ve materyal özelliklerinin değerlendirilmesi için daha ileri çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmanın limitasyonları dâhilinde;

- Zirkonyanın TP ve OP değerleri üzerinde sinterleme parametrelerinden ısıtma hızının anlamlı bir etkisi yoktur ($p>0,05$).

- Isıtma hızı artırılarak zirkonyanın toplam sinterleme süresinin kısaltılması materyalin optik özelliklerini etkilememektedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Ersan Çelik, Caner Öztürk; **Tasarım:** Ersan Çelik, Caner Öztürk; **Denetleme/Danışmanlık:** Ersan Çelik; **Analiz ve/veya Yorum:** Ersan Çelik, Caner Öztürk; **Kaynak Taraması:** Caner Öztürk; **Makalenin Yazımı:** Ersan Çelik, Caner Öztürk; **Eleştirel İnceleme:** Ersan Çelik, Caner Öztürk; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Ersan Çelik, Caner Öztürk.

Etik Onam

Bu in-vitro çalışma herhangi bir insan ve hayvan ögesi içermediğinden, herhangi bir canlıya ait biyolojik örnek kullanılmadığından ve herhangi bir kişisel veri içermediğinden etik kurul onayı gerektirmemektedir. Bu sebeple bu çalışma için etik kurul onayı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Zhang Y, Lawn BR. Novel zirconia materials in dentistry. J Dent Res. 2018;97(2):140-7. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- 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(2):161-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- 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(11):2429-35. [Crossref] [PubMed]
- Ebeid K, Wille S, Hamdy A, Salah T, El-Etreby A, Kern M. Effect of changes in sintering parameters on monolithic translucent zirconia. Dent Mater. 2014;30(12):e419-24. [Crossref] [PubMed]
- Güngör MB, Nemli SK, Çağlar A, Aydın C, Yılmaz H. Clinical study on the success of posterior monolithic zirconia crowns and fixed dental prostheses: preliminary report. Acta Odontol Turc. 2017;34(3):104-8.
- Kaizer MR, Gierthmuehlen PC, Dos Santos MB, Cava SS, Zhang Y. Speed sintering translucent zirconia for chairside one-visit dental restorations: Optical, mechanical, and wear characteristics. Ceram Int. 2017;43(14):10999-1005. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Alp G, Subaşı MG, Seghi RR, Johnston WM, Yılmaz B. Effect of shading technique and thickness on color stability and translucency of new generation translucent zirconia. J Dent. 2018;73:19-23. [Crossref] [PubMed]
- Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Donovan TE, Vallittu PK, Närhi TO, Lassila LV. The effect of staining and vacuum sintering on optical and mechanical properties of partially and fully stabilized monolithic zirconia. Dent Mater J. 2015;34(5):605-10. [Crossref] [PubMed]
- Lim HN, Yu B, Lee YK. Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials. J Prosthet Dent. 2010;104(4):239-46. [Crossref]
- Vichi A, Sedda M, Fabian Fonzar R, Carrabba M, Ferrari 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(1):32-9. [Crossref] [PubMed]
- Heydecke G, Zhang F, Razzoog ME. In vitro color stability of double-layer veneers after accelerated aging. J Prosthet Dent. 2001;85(6):551-7. [Crossref] [PubMed]
- Johnston WM. Color measurement in dentistry. J Dent. 2009;37 Suppl 1:e2-6. [Crossref] [PubMed]
- Chen IW, Wang XH. Sintering dense nanocrystalline ceramics without final-stage grain growth. Nature. 2000;404(6774):168-71. [Crossref] [PubMed]
- Rhodes WH. Controlled transient solid second phase sintering of yttria. J Am Ceram Soc. 1981;64(1):13-9. [Crossref]
- Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. Dent Mater. 2008;24(3):299-307. [Crossref] [PubMed]
- Gracis S, Thompson VP, Ferencz J, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. Int J Prosthodont. 2015;28(3):227-35. [Crossref] [PubMed]
- Tuncel İ, Turp I, Üşümez A. Evaluation of translucency of monolithic zirconia and framework zirconia materials. J Adv Prosthodont. 2016;8(3):181-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Cho MS, Yu B, Lee YK. Opalescence of all-ceramic core and veneer materials. Dent Mater. 2009;25(6):695-702. [Crossref] [PubMed]
- Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. Acta Odontol Scand. 2009;67(1):57-64. [Crossref] [PubMed]
- Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. J Prosthet Dent. 2013;110(1):14-20. [Crossref]
- Gunal B, Ulusoy MM. Optical properties of contemporary monolithic CAD-CAM restorative materials at different thicknesses. J Esthet Restor Dent. 2018;30(5):434-41. [Crossref] [PubMed]
- Kurtulmus-Yilmaz S, Ulusoy M. Comparison of the translucency of shaded zirconia all-ceramic systems. J Adv Prosthodont. 2014;6(5):415-22. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R. Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. J Prosthet Dent. 2010;104(1):6-12. [Crossref]