

Özgün araştırma makalesi

# Üst yapı porseleni uygulamasının yarı ve tam sinterize zirkonya alt yapıların bükülme dayanıklılıklarına etkisi

Melek Kavasoglu,\* Cihan Akçaboy

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı,  
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara, Türkiye

## ÖZET

**AMAÇ:** Bu çalışmanın amacı, ısı işlemi ve üst yapı porseleni uygulamasının yarı ve tam sinterize zirkonya alt yapıların bükülme dayanıklılıklarına etkisinin incelenmesidir.

**GEREÇ VE YÖNTEM:** Yarı ve tam sinterize bloklardan 15 mm çapında ve 1 mm kalınlığında 54 adet disk şeklindeki örnek bilgisayar destekli tasarım ve üretim tekniği (CAD/CAM) kullanılarak hazırlandı. Gruplar uygulanan işlemlere göre, kontrol grubu, ısı uygulanmış grup ve üst yapı porseleni uygulanmış grup olarak ayrıldı (n=9). Tüm örnekler iki-eksenli bükülme dayanıklılığı testi (üç top üzerinde piston) uygulandı. Veriler tek yönlü varyans analizi yöntemi ile değerlendirildi.

**BULGULAR:** Yarı sinterize zirkonya örneklerde kontrol grubu ile ısı uygulanan ve üst yapı porseleni uygulanan gruplar arasında biaksiyel bükülme dayanıklılığı yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı (sırasıyla  $p=0.227$  ve  $p=0.351$ ). Tam sinterize zirkonya örneklerde ısı uygulaması bükülme dayanıklılığını kontrole ve üst yapı porseleni uygulanan gruplara göre belirgin olarak azalttı (sırasıyla  $p=0.022$  ve  $p<0.001$ ); üst yapı porseleni uygulanan grup ile kontrol grubu arasında ise anlamlı fark bulunamadı ( $p=0.211$ ).

**SONUÇ:** Tüm grupların ortalama bükülme dayanıklılığı değerleri incelendiğinde, en yüksek bükülme dayanıklılığını üst yapı porseleni uygulanan tam sinterize zirkonya örnekler, en düşük bükülme dayanıklılığını ısı uygulaması yapılan yarı sinterize zirkonya örnekler gösterdi.

**ANAHTAR KELİMELE:** Dental porselen; seramikler; yttria stabilize dörtgen zirkon

**KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:** Kavasoglu M, Akçaboy C. Üst yapı porseleni uygulamasının yarı ve tam sinterize zirkonya alt yapıların bükülme dayanıklılıklarına etkisi *Acta Odontol Turc* 2015;32(1):12-8

**YAYIN HAKKI:** © 2015 Kavasoglu ve Akçaboy Bu eserin yayını hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

Makale gönderiliş tarihi: 07 Nisan 2014; Yayına kabul tarihi: 13 Temmuz 2014  
\*İletişim: Melek Kavasoglu, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 82. sokak, 06510, Emek, Ankara, Türkiye; e-posta: dt\_melek@hotmail.com

## GİRİŞ

Tam seramik restorasyonların üretiminde farklı sistemler ve materyaller kullanılmaktadır. Tam seramik restorasyonlar tek bir seramik tabakadan oluşabildiği gibi iki tabakalı (geleneksel üst yapı seramiğini destekleyen güçlü bir alt yapı seramiği) sistemlerden de meydana gelebilmektedir.<sup>1,2</sup> Diğer tam seramik sistemlere göre yüksek dayanıklılık, kimyasal ve boyutsal stabilite gösteren zirkonya alt yapı sistemler, tam seramik sistemlerin güvenilirliğini arttırmıştır.<sup>1,3</sup> Yttrium-tetragonal zirkonya polikristalleri (Y-TZP), oda sıcaklığında tetragonal fazda zirkonya ve stabilize edici oksit olarak yttrium oksit içermektedir. Yttrium oksit ( $Y_2O_3$ ), saf zirkonya ağırlığının %2-3'ü oranında bulunmaktadır. Y-TZP restorasyonların üretimi, yarı sinterize blokların frezeleme ile şekillendirilmesi ve yüksek sıcaklıklarda sinterize edilmesi ya da tam sinterize blokların şekillendirilmesiyle gerçekleşmektedir.<sup>4</sup> Tam sinterize alt yapılar çok sert, yoğun ve yüksek dayanıklılıkta, yarı sinterize alt yapılar ise daha az yoğun yapıda materyallerdir. Tam sinterize alt yapılar yoğun ve sert yapılarından dolayı daha uzun işleme sürecine maruz kalmakta, aynı zamanda frezeleme ünitesinde ve aşındırıcı frezeler üzerinde de daha fazla hasara neden olmaktadır. Blokların aşındırılması esnasında materyalin mekanik özellikleri azalabilmekte, yüzey çatlakları oluşabilmekte ve materyalin tanecik yapısında düzensizlikler açığa çıkabilmektedir.<sup>5</sup>

Zirkonya alt yapılar doğal diş benzer translüenslikte üretilemedikleri için üst yapı porselenleriyle veneerlenmektedirler.<sup>1,6</sup> Üst yapı porseleni temel olarak estetik nedenlerle uygulansa da, restorasyonun mekanik özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır.<sup>7</sup> Tam seramik sistemlerin son dayanımı, üst yapı porseleni ile alt yapı materyalinin birleşiminden oluşan örneklerin mekanik davranışının değerlendirilmesiyle belirlenebilmektedir.<sup>7-9</sup> Zirkonya alt yapılar üst yapı porseleni uygulaması sırasında, alt yapı materyali ısıya ve neme maruz kalmaktadır. Bu süreçte ayrıca restorasyon yüksek sıcaklıklarda fırınlanmakta ve soğutulmaktadır. Zirkonya alt yapıya uygulanan üst yapı porseleni uygulama

işlemi, materyal yüzeyinde faz transformasyonuna neden olabilmekte ve bu durum da materyalin dayanıklılığını etkileyebilmektedir.<sup>10-12</sup>

Y-TZP restorasyonların ağız içerisinde kullanılabilmesi için yeterli dayanıklılığa sahip olmaları gerekmektedir. Dayanıklılık, materyalin kırıldığı andaki kaydedilen en yüksek stres olarak tanımlanır ve dental seramikler gibi kırılabilir materyallerin başarısını belirleyen önemli bir mekanik özelliktir.<sup>13,14</sup> Tek eksenli ve iki eksenli bükülme testleri, dayanıklılığı etkileyen değişik faktörlerin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan materyaller fonksiyon esnasında çok yönlü aksiyel yüklemeye maruz kalmaktadır. Bu nedenle iki eksenli bükülme testlerinin yapılması materyallerin dayanımının tespiti için daha etkin bir yöntemdir.<sup>13,15</sup>

ISO 6872 standardında iki eksenli bükülme testlerinden üç top üzeri piston testi tek tabakalı dental seramiklerin dayanıklılığını ölçmek için tanımlanmıştır.<sup>16</sup> Kor yapıların üst yapı porseleni ile kaplandığı birden çok tabakalı yapıların dayanıklılığını değerlendirmek için ise farklı hesaplama formülleri geliştirilmiştir.<sup>13,17-19</sup>

Literatürde, çeşitli yüzey ve ısı işlemlerinin tek tabakalı zirkonya örneklerin dayanıklılığına etkisini inceleyen çok sayıda araştırma<sup>1,20-22</sup> mevcut iken, üst yapı porseleni uygulamasının yarı sinterize ve tam sinterize zirkonya alt yapıların dayanıklılığına etkisinin incelendiği çalışma sayısı sınırlıdır.<sup>23,24</sup> Bu çalışmanın amacı; üst yapı porseleni ve ısı uygulamasının aynı sisteme ait yarı ve tam sinterize zirkonya alt yapıların biaksiyel bükülme dayanımlarına etkisinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

### Örneklerin hazırlanması

Bu çalışmada alt yapı materyali olarak Everest (Kavo Dental GmbH, Biberach, Almanya) sistemine ait ZS yarı sinterize non-HIP bloklar ve ZH tam sinterize HIP bloklar, üst yapı porseleni olarak IPS e.max Ceram porseleni (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) kullanıldı. Kavo Everest CAD/CAM sistemi ile ZS yarı sinterize

non-HIP bloklardan ve ZH tam sinterize HIP bloklardan ISO 6872 standardına<sup>16</sup> uygun olarak 15 mm çapında ve 1 mm kalınlığında 27 adet yarı sinterize ve 27 adet tam sinterize disk şeklinde örnekler elde edildi. Örnek boyutları dijital kumpas (Alpha-tools, Mannheim, Almanya) kullanılarak kontrol edildi. Yarı ve tam sinterize örnekler kendi içinde rastgele olarak üç gruba ayrıldı. Kontrol grubundaki (1. Grup) örneklere (n=9) herhangi bir işlem uygulanmadı. İkinci gruptaki örnekler (n=9) üretici firmanın önerdiği üst yapı porseleninin fırınlama talimatlarına uygun olarak Programat P300 (Ivoclar Vivadent AG) fırını kullanılarak liner, dentin ve glaze tabakalarının uygulama ısılarında fırınladı. Everest sistem için IPS e.max Ceram (Ivoclar Vivadent AG) üst yapı porseleninin fırınlama şartları Tablo 1'de gösterilmektedir.<sup>25</sup> Üçüncü gruptaki yarı ve tam sinterize disk şeklindeki örnekler (n=9) üst yapı porseleni uygulamasından önce su ve buhar püskürtülerek temizlendi. Üretici firma tarafından önerilen IPS e.max Ceram üst yapı porseleninin liner, dentin ve glaze tabakaları, firma talimatlarına uygun olarak ve belirtilen fırınlama derecelerinde programlanabilen vakumlu porselen fırınında pişirildi. Zirliner (IPS e.max Zirliner, Ivoclar Vivadent AG), likit (IPS e.max Ceram Build All Around liquid, Ivoclar Vivadent AG) ile karıştırılarak fırça ile örneklerin üzerine uygulandı ve alt yapı örnekleri fırınladı. Dentin tozu (IPS e.max Dentin/Body powder, Ivoclar Vivadent AG) ve likiti (IPS e.max Ceram Build-up liquid, Ivoclar Vivadent AG) karıştırılarak, 1 mm kalınlığında üst yapı porseleni fırça ile örneklerin üzerine uygulandı. Uygulama sonrası örnek boyutları dijital kumpas yardımıyla kontrol edildi. Yarı ve tam sinterize alt yapı örnekleri firma talimatlarına uygun olarak fırınladı. Glaze patı (IPS e.max Ceram Glaze paste, Ivoclar Vivadent AG) ve likiti (IPS e.max Ceram Glaze and Stain Liquid, Ivoclar Vivadent AG) karıştırılarak örneklere fırça ile uygulandı (Resim 1) ve fırınlama işlemi gerçekleştirildi.

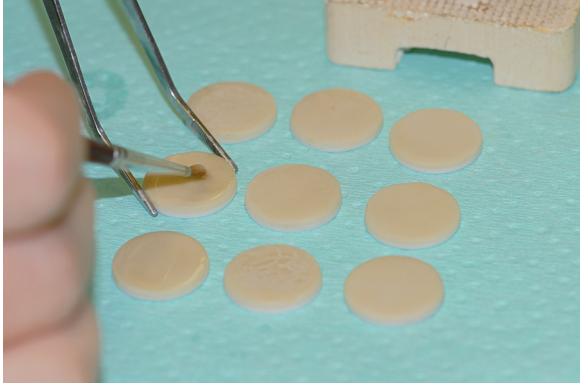
### İki eksenli bükülme dayanıklılığı testi

İki eksenli bükülme dayanıklılığı testi, ISO 6872 standardına<sup>16</sup> uygun olacak şekilde, çekme-basma mekanik cihazı (Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirildi. Örnekleri desteklemek için, 3

**Tablo 1.** Liner, dentin ve glaze fırınlama ısıları

	P (°C)	D (dk)	t (°C/dk)	F (°C)	H (dk)	V1 (°C)	V2 (°C)
IPS e.max Ceram liner	403	4	40	960	1	450	959
IPS e.max Ceram dentin	403	4	40	750	1	450	749
IPS e.max Ceram glaze	403	6	60	725	1	450	724

P: Ön ısıtma derecesi, D: Ön kurutma süresi, t: Fırın ısısının 1 dakikada yükselme derecesi, F: Pişirme derecesi, H: Pişirme derecesinde durma süresi, V1: Vakum başlangıç ısı, V2: Vakum bitiş ısı



Resim 1. Alt yapı örneklerine liner, dentin ve glaze tabakalarının uygulanması



Resim 2. Deney örneklerinin kırılması

adet 3.2 mm çapında küre şeklinde paslanmaz çelik top 10 mm çapında daire şeklindeki taşıyıcı bir tabla üzerine yerleştirildi. Küre şeklinde paslanmaz çelik toplar, dairenin merkezine göre 120 derece açı ile konumlandırıldı. Örnek, merkezi piston ile aynı eksen üzerinde olacak şekilde topların üzerine yerleştirildi. Örneklerin işleme tabi tutulan yüzeylerine 1.4 mm çapında silindirik şeklindeki basma ucu ile gerilim uygulandı (Resim 2). Cihazın yükleme hızı 0.15 mm/dak olarak ayarlandı. Her bir örneğin kırıldığı anda gözlenen yük kaydedildi.

Üç top üzerinde piston testi uygulanan tek tabakalı örnekler için bükülme dayanıklılığı değerleri aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı.<sup>15,26</sup>

$$S = -0,2387 P(X-Y)/d^2$$

S: (MPa-Megapaskal) merkezdeki en yüksek gerilim stresi

P: (N-Newton) kırılmayı saptayan yük

$$X = (1+v) \ln(r2/r3)^2 + [(1-v)/2] (r2/r3)^2$$

$$Y = (1+v) [1 + \ln(r1/r3)^2] + (1-v) (r1/r3)^2$$

v: Poisson oranı (seramiğin Poisson oranı bilinmiyor ise 0.25 değerinin kullanılması ISO 6872 standardında önerilmektedir<sup>16</sup>)

r1: (mm) destek topların üzerinde konumlandığı dairenin yarıçapı

r2: (mm) yüklenen alanın yarıçapı

r3: (mm) örneğin yarıçapı

d: (mm) kırık merkezinde örneğin kalınlığı

Üç top üzerinde piston testi uygulanan iki tabakalı örnekler için bükülme dayanıklılığı değerleri aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı.<sup>13,17-19</sup>

$$\sigma_1 = \frac{-E_1(z-z^*)P}{8\pi(1-v_1)D^*} \left\{ 1 + 2 \ln \left( \frac{a}{c} \right) + \frac{1-v}{1+v} \left[ 1 - \frac{c^2}{2a^2} \right] \frac{a^2}{R^2} \right\}$$

$\sigma_1$ : (MPa-Megapaskal) iki tabakalı örnekteki kor tabakanın merkezindeki en yüksek gerilim stresi

P: (N-Newton) kırılmayı saptayan yük

a: (mm) destek topların üzerinde konumlandığı dairenin yarıçapı

c: (mm) yüklenen alanın yarıçapı

R: (mm) örneğin yarıçapı

z: üst tabaka ve alt tabaka arasındaki vertikal düzlemdeki mesafe

$z^*$ ,  $D^*$  ve  $v$ 'nin fiziksel anlamları sırasıyla nötral düzlem pozisyonu, bükülme rijiditesi ve ortalama Poisson oranıdır.

$$z^* = \frac{E_1 t_1^2 / 2(1-v_1^2) + E_2 t_2^2 / 2(1-v_2^2) + E_2 t_1 t_2 / (1-v_2^2)}{E_1 t_1 / (1-v_1^2) + E_2 t_2 / (1-v_2^2)}$$

$$D^* = \frac{E_1 t_1^3}{3(1-v_1^2)} + \frac{E_2 t_2^3}{3(1-v_2^2)} + \frac{E_2 t_1 t_2 (t_1 + t_2)}{1-v_2^2} - \frac{[E_1 t_1^2 / (2(1-v_1^2)) + E_2 t_2^2 / (2(1-v_2^2)) + E_2 t_1 t_2 / (1-v_2^2)]^2}{E_1 t_1 / (1-v_1^2) + E_2 t_2 / (1-v_2^2)}$$

$$v = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

$E_1$  ve  $E_2$  sırasıyla kor ve veneer materyalinin elastisite modülü (GPa),  $t_1$  ve  $t_2$  sırasıyla kor ve veneer tabakanın kalınlığı (mm),  $v_1$  ve  $v_2$  sırasıyla kor ve veneer materyalinin Poisson oranıdır.

### İstatistiksel analiz

Yarı ve tam sinterize zirkonya örnek grupları içerisinde, uygulanan işlemler arasında ortalama bükülme dayanıklılığı değerleri yönünden farkın önemliliği Bonferroni düzeltmeli tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile değerlendirildi. Varyans analizi sonucunun önemli bulunması halinde bu farka neden olan işlemleri tespit etmek amacıyla post hoc Tukey HSD testi kullanıldı.  $p < 0.025$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Kontrol grubu, ısı uygulaması ve üst yapı porseleni uygulaması yapılan gruplar içerisinde yarı ve tam sinterize örnek grupları arasında ortalama bükülme da-

yanıklılığı değerleri yönünden farkın önemliliği ise Bonferroni düzeltmeli Student's t testiyle araştırıldı. Sonuçlar  $p<0.017$  için istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

Uygulanan işlemlere ve test gruplarına göre ortalama bükülme dayanıklılık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de gösterildi. Yarı sinterize örnekler için kontrol grubu ile ısı uygulanan ve üst yapı porseleni uygulanan gruplar arasında ortalama bükülme dayanıklılığı değerleri yönünden anlamlı fark bulunmadı ( $p=0.227$  ve  $p=0.351$ ). Isı uygulaması yapılan gruba göre üst yapı porseleni uygulaması yapılan grubun ortalama bükülme dayanıklılığı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ( $p=0.013$ ). Tam sinterize örnekler için kontrol grubu ile üst yapı porseleni uygulanan grup arasında ortalama bükülme dayanıklılığı değerleri yönünden anlamlı fark bulunmadı ( $p=0.211$ ). Isı uygulaması yapılan gruptaki ortalama bükülme dayanıklılığı değerleri, kontrol grubuna ve üst yapı porseleni uygulaması yapılan gruba göre belirgin olarak daha düşük saptandı ( $p=0.022$  ve  $p<0.001$ ). Hiçbir işlem uygulanmayan örnekler içerisinde yarı sinterize (ZS) zirkonya örneklerden oluşan kontrol grubuna göre tam sinterize (ZH) zirkonya örneklerden oluşan kontrol grubunun bükülme dayanıklılığı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulundu ( $p=0.004$ ). Isı uygulanan örnekler içerisinde yarı sinterize (ZS) zirkonya örnek grubu ile tam sinterize (ZH) zirkonya örnek grubu arasında bükülme dayanıklılığı yönünden anlamlı fark görülmedi ( $p=0.070$ ). Üst yapı porseleni uygulanan örnekler içerisinde, yarı sinterize (ZS) zirkonya örnek grubuna göre tam sinterize (ZH) zirkonya örnek grubunda bükülme dayanıklılığı istatistiksel olarak belirgin derecede düzeyde yüksek bulundu ( $p<0.001$ ).

## TARTIŞMA

Zirkonya alt yapılar opak yapılarından dolayı restorasyonun estetiğini arttırmak amacıyla feldspatik düşük ısı porselenleriyle ya da zirkonya alt yapı için özel olarak

geliştirilmiş ve her sistem için farklı olan üst yapı porselenleri ile veneerlenmektedirler.<sup>23,27,28</sup> Üst yapı materyali aynı zamanda, restorasyonun mekanik özellikleri üzerinde önemli rol oynayarak stres dağılımını ve dayanıklılığı etkileyebilmektedir.<sup>7</sup> İlgili literatür incelendiğinde, örneklerin şekillerine ve dayanıklılığı değerlendirilmek için kullanılan test metodlarına bağlı olarak materyalin dayanıklılık değerleriyle ilgili değişik sonuçların bildirildiği görülmektedir.<sup>13,14</sup> Dental seramiklerin bükülme dayanıklılığını belirlemede kullanılan tek eksenli bükülme testleriyle karşılaştırıldığında ISO 6872 standardı<sup>16</sup> tarafından önerilen iki eksenli bükülme testlerinde yüklem örneklerin merkezinden yapıldığı için dayanıklılık değerleri, örnek kenarlarındaki çatlaklardan etkilenmektedir. Bu nedenle örnek yüzeylerindeki küçük hatalar göz ardı edilebilmektedir.<sup>28</sup> Piddock ve ark.<sup>29</sup> iki eksenli bükülme testlerinin, farklı yüzey işlemleri uygulanan seramiklerin dayanıklılığının değerlendirilmesinde uygun olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ısı ve üst yapı porseleni uygulanmış yarı ve tam sinterize zirkonya örneklerin bükülme dayanıklılığını belirlemek için iki eksenli bükülme testlerinden üç top üzerinde piston testi kullanılmıştır.

ISO 6872 standardında<sup>16</sup> iki eksenli bükülme testlerinden üç top üzeri piston testi dental seramiklerin dayanıklılığını ölçmek için tanımlanmıştır. Buna rağmen ISO 6872 standardı tek tabakalı diskler ile sınırlandırılmıştır. Tam seramik dental restorasyonlar, üst yapı porseleni ile birlikte tabakalı yapılar olarak üretilmektedirler. Kor yapıların üst yapı porseleni ile kaplandığı birden çok tabakalı diskler için ISO 6872 standardı yeterli değildir.<sup>13,19</sup> Literatürde biaksiyel bükülme testi uygulanan birden çok tabakalı örneklerdeki kırılma streslerini hesaplamak için bir çok analitik çözümlerle bildirilmiştir.<sup>13,17-19</sup> Hsueh ve ark.<sup>17</sup> tek tabakalı disk şeklindeki örnekler için var olan hesaplama formüllerini geliştirerek, çok tabakalı disk şeklindeki örneklerde kırılma dayanımını hesaplamak için analitik çözümlerle bildirmişlerdir. Bu yöntemle, kor ve üst yapı porseleninde oluşan kırılma stresleri ayrı ayrı hesaplanabilmektedir. Çalışmamızda üst yapı porseleni uygulanmış zirkonya alt ya-

**Tablo 2.** Uygulanan işlemlere göre örnek gruplarına ait bükülme dayanıklılığı değerlerinin istatistik değerlendirmesi

İşlemler	Yarı sinterize zirkonya (ZS)	Tam sinterize zirkonya (ZH)	p-değeri**
Kontrol	904.1±53.3 <sup>AB</sup>	1029.2±97.4 <sup>A</sup>	0.004
Isı Uygulaması	843.3±95.0 <sup>A</sup>	922.7±77.9 <sup>B</sup>	0.07
Üst Yapı Porseleni Uygulaması	954.8±74.1 <sup>B</sup>	1093.9±55.5 <sup>A</sup>	<0.001
p-değeri*	0.017	<0.001	

\* Tek Yönlü Varyans Analizinde (One-Way ANOVA), test grupları içerisinde yapılan işlemler arasındaki karşılaştırmaları ifade etmektedir. Tek Yönlü Varyans Analizinde, Bonferroni düzeltilmesine göre  $p<0.025$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Aynı kolon içerisinde aynı büyük harflerle gösterilen gruplar arasında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ( $p>0.025$ ).

\*\* Student's t testinde yapılan işlemler içerisinde kullanılan test grupları arasındaki karşılaştırmaları ifade etmektedir. Student's t testinde, yapılan işlemler içerisinde kullanılan test grupları karşılaştırıldığında, Bonferroni düzeltilmesine göre  $p<0.017$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

pları iki eksenli bükülme dayanıklılığı Hsueh ve arkadaşlarının<sup>17</sup> formülüne uygun olarak, tek tabakalı zirkonya örneklerin bükülme dayanıklılığı ise ISO 6872 standardında belirtilen formüle uygun olarak hesaplanmıştır.<sup>16-18</sup> Yılmaz ve ark.<sup>13</sup> mekanik yorulmanın farklı zirkonya sistemlerine ait iki tabakalı örneklerin biaksiyel bükülme dayanımına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, zirkonya kor yapılarındaki maksimum stresi bizim çalışmamızla benzer olarak Hsueh ve arkadaşlarına<sup>17</sup> ait formülü kullanarak hesaplamışlardır.

Farklı üretim yöntemlerinin kullanılmasının bir sonucu olarak yarı ve tam sinterize zirkonya alt yapı materyallerinin mikroskopik yapıları değişiklik göstermektedir.<sup>30</sup> Yarı sinterize zirkonya bloklar soğuk izostatik basınç tekniği ile, tam sinterize zirkonya bloklar ise sıcak izostatik basınç tekniği ile üretilmektedir.<sup>12,31</sup> Hangi tekniğin daha iyi sonuçlar getireceği konusu tartışmalı olmakla birlikte yapılan *in vitro* çalışmalar hem sıcak izostatik basınç tekniği ile üretilen tam sinterize zirkonya blokların hem de soğuk izostatik basınç tekniği ile üretilen yarı sinterize zirkonya blokların yüksek kırılma tokluğu ve bükülme dayanımına sahip olduğunu göstermiştir.<sup>3,4,32</sup> Bu çalışmada Everest sistemine ait yarı ve tam sinterize zirkonya örnekler alt yapı materyali olarak kullanılmıştır. Örnek grupları içinde; hiçbir işlem uygulanmayan yarı sinterize zirkonya örneklerden oluşan kontrol grubuna göre tam sinterize zirkonya örneklerden oluşan kontrol grubunun bükülme dayanıklılığı daha yüksek bulunmuştur.

Kohorst ve ark.<sup>5</sup> tam sinterize alt yapıların yarı sinterize alt yapılara göre bükülme dayanıklılıklarının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada, Mitov ve ark.<sup>31</sup> tam ve yarı sinterize zirkonya alt yapıların mekanik özelliklerini değerlendirmişler ve bu çalışmayla benzer olarak Everest sisteme ait ZH alt yapıların ZS alt yapılara göre daha yüksek bükülme dayanıklılığına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Zirkonya alt yapılara, üst yapı porseleni uygulaması sırasında uygulanan ısı işlemi zirkonya alt yapıların mekanik özelliklerini ve faz transformasyonunu etkileyebilmektedir.<sup>1,20,23,33</sup> Isı uygulaması; zirkonya alt yapıların üretim sürecinde oluşabilecek olan pörözitelerin şeklinin değişmesine, materyalin içerisindeki yapısal düzensizliklerin artmasına ve çatlak ilerlemesinin kolaylaşmasına neden olabilmektedir.<sup>20,21</sup> Ayrıca materyalin çatlak oluşumunu önleyen tetragonal-monoklinik faz dönüşüm kapasitesinin azalabileceği de öne sürülmektedir. Üst yapı porseleni uygulama sıcaklıkları Y-TZP yapıların stabil olduğu sıcaklıklar içerisinde, buna rağmen tetragonal fazda transformasyon görülebilmektedir. Zirkonya alt yapılara üst yapı porseleni ve ısı uygulamasının, mekanik özellikleri etkileyebileceği bildirilmiştir.<sup>1,20</sup>

Guazzato ve ark.<sup>1</sup> yüzey ve ısı işlemlerinin tam sinterize Y-TZP seramiklerin bükülme dayanıklılığına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, aşındırma ve kumlama sonrası yapılan fırınlama işleminin mekanik dayanıklılığı azalttığını belirtmişler ve fırınlanan örneklerde monoklinik faz oranını önemsenmeyecek kadar düşük bulmuşlardır. Bu çalışmada da benzer olarak ısı uygulaması tam sinterize zirkonya örneklerin bükülme dayanıklılığında azalmaya neden olmuştur. De Kler ve ark.<sup>33</sup> çalışmalarında veneerleme sırasında yapılan ısı uygulamasının, zirkonya örneklerde monoklinik fazın tekrar tetragonal faza dönüşmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Øilo ve ark.<sup>20</sup> ise, tekrarlanan fırınlama uygulamasının tam sinterize zirkonya kor yapıların mekanik özelliklerine olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında, ilk fırınlama sonrasında yapılan diğer fırınlamaların zirkonyanın mekanik özelliklerini etkilemediğini, ilk fırınlama sonrasında dayanıklılıktaki azalmanın zirkonyanın tersine faz dönüşümüne bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Üst yapı porseleni uygulama işleminde zirkonya alt yapı, ısı ve neme maruz kalmaktadır.<sup>25</sup> Alt yapıya üst yapı porseleni uygulama işlemi kalınlığı arttırmaktadır. Kalınlığın artmasının; kırılma dayanımını etkilediği, ayrıca üst yapı porseleni uygulaması esnasındaki nem ve ısı faktörünün etkisini de maskeleyebileceği olasılığı göz ardı edilmemelidir.<sup>23</sup>

Yılmaz ve ark.<sup>13</sup> mekanik yaşlandırmanın iki farklı yarı sinterize Y-TZP sistemine ait iki tabakalı disklerin biaksiyel bükülme dayanımına etkisini inceledikleri çalışmalarında; mekanik yaşlandırma uygulanmayan Cercon örneklere ait bükülme dayanımını  $970.9 \pm 22.5$  olarak belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar başka bir çalışmada tek tabakalı Cercon kontrol grubu örnekleri için biaksiyel bükülme dayanımını  $917 \pm 93.78$  bulmuşlardır.<sup>15</sup> Tek tabakalı Cercon örneklerin biaksiyel bükülme dayanıklılığı, üst yapı porseleni uygulanmış iki tabakalı örneklerden daha düşüktür. Çalışmamızda da benzer olarak, üst yapı porseleni uygulanmış yarı sinterize örneklerin biaksiyel bükülme dayanımı tek tabakalı yarı sinterize örneklerinkinden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçların aksine Lin ve ark.<sup>28</sup> iki tabakalı ve tek tabakalı yarı sinterize zirkonya örneklerin biaksiyel bükülme dayanıklılıklarını değerlendirdikleri çalışmalarında iki tabakalı örneklere ait zirkonya alt yapıların biaksiyel bükülme dayanıklılıklarını daha düşük bulmuşlardır. Bunun nedeni bu araştırmada kullanılan iki tabakalı (1.5 mm) ve tek tabakalı (0.8 mm) örnek kalınlığının bizim çalışmamızda kullanılan iki tabakalı (2 mm) ve tek tabakalı (1 mm) örnek kalınlığından farklı olması ve araştırmacıların kırılma yükünü üst yapı porseleninin kırıldığı yük olarak değerlendirmesi olabilir.

Sundh ve ark.<sup>23</sup> zirkonya köprülerde seramik uygulanmaksızın fırınlama, seramik uygulayarak veneerleme ve mekanik yaşlandırma sonrası kırılma

dayanımını araştırdıkları çalışmalarında; üst yapı porseleni uygulamasının ve fırınlamanın, faz transformasyon mekanizmasının ısı ile ters yönde aktive edilmesine bağlı olarak kırılma dayanımını azalttığını bildirmişlerdir.

Sundh ve ark.<sup>24</sup> yaptıkları benzer bir çalışmada ise, zirkonya kor seramiklerine üst yapı porseleni uygulaması sonucunda; dayanıklılıkta meydana gelen artışın, kor yüzeyindeki muhtemel düzensizliklerin veneer seramiği ile kapanmış olmasına ve veneer seramiğinin baskı stresleri doğurmuş olmasına bağlı olabileceğini belirtmişlerdir.

İki tabakalı örneklerin mekanik dayanım testlerinin sonuçları test edilen örneğin biçimine, şekline (üst yüzeyde alt yapı yada porselen materyalinin olması) bağlı olarak büyük ölçüde farklı olabilmektedir.<sup>9,13,32</sup> Ancak porselen tabakasının üst yüzeyde bulunması ağızdaki kuvvetlerin materyal üzerindeki etkisinin taklit edilmesi açısından yararlı olacaktır.<sup>32</sup> Bu çalışmada iki tabakalı örnekler, üst yüzeyde porselen olacak şekilde biaksiyel bükülme testi uygulanmıştır.

Literatürde bildirilen bazı çalışmaların bükülme dayanımı sonuçları N cinsinden bildirilmiştir. Bu çalışmada N cinsinden elde edilen sonuçlar ISO 6872'nin biaksiyel bükülme testi için düzenlemiş olduğu formülle MPa cinsine çevrilmiştir. Dolayısıyla bu farklı birimlerdeki sonuçları kıyaslamak standardizasyon açısından uygun değildir. Aynı zamanda yapılan birçok çalışmanın; kor ve alt yapı tasarım farklılıklarına, yüksek gerilme streslerinin etkili olduğu alanlardaki materyalin kalınlığına ve üst yapı porseleni ile alt yapının kalınlık oranlarındaki farklılıklara bağlı olarak, birbiriyle karşılaştırılmaları karmaşık olabilmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları dahilinde; zirkonya esaslı yarı ve tam sinterize alt yapı örneklerinin, ısı ve üst yapı porseleni uygulaması sonrası iki eksenli bükülme dayanıklılığı değerlendirildiğinde en yüksek dayanıklılığı üst yapı porseleni uygulanan tam sinterize zirkonya örnekler en düşük dayanıklılığı ise ısı uygulaması yapılan yarı sinterize zirkonya örnekler göstermiştir. Çalışmada kullanılan zirkonya esaslı seramiklerin ısı ve üst yapı porseleni uygulaması sonucunda fizyolojik çigneme kuvvetlerine dayanabileceği öngörülmektedir.

**Çıkar çatışması:** Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

## TEŞEKKÜR VE ANMA

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 03/2012-16 proje numarası ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Guazzato M, Quach L, Albakry M, Swain MV. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. *J Dent* 2005;33:9-18.
2. 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;90:465-73.
3. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater* 2004;20:449-56.
4. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dent Mater* 2011;27:83-96.
5. Kohorst P, Herzog TJ, Borchers L, Stiesch-Scholz M. Load-bearing capacity of all-ceramic posterior four-unit fixed partial dentures with different zirconia frameworks. *Eur J Oral Sci* 2007;115:161-6.
6. Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of loading method on the fracture mechanics of two layered all-ceramic restorative systems. *Dent Mater* 2007;23:952-9.
7. Studart AR, Filser F, Kocher P, Lüthy H, Gauckler LJ. Mechanical and fracture behavior of veneer-framework composites for all-ceramic dental bridges. *Dent Mater* 2007;23:115-23.
8. Studart AR, Filser F, Kocher P, Gauckler LJ. Fatigue of zirconia under cyclic loading in water and its implications for the design of dental bridges. *Dent Mater* 2007;23:106-14.
9. Borba M, de Araújo MD, de Lima E, Yoshimura HN, Cesar PF, Griggs JA, et al. Flexural strength and failure modes of layered ceramic structures. *Dent Mater* 2011;27:1259-66.
10. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20:1-25.
11. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent* 2007;35:819-26.
12. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008;24:299-307.
13. Yılmaz H, Nemli SK, Aydın C, Bal BT, Tıraş T. Effect of fatigue on biaxial flexural strength of bilayered porcelain/zirconia (Y-TZP) dental ceramics. *Dent Mater* 2011;27:786-95.
14. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials. *J Prosthet Dent* 2003;89:374-80.
15. Karakoca S, Yılmaz H. Influence of surface treatments on surface roughness, phase transformation, and biaxial flexural strength of Y-TZP ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;91:930-7.
16. International Organization for Standardization. ISO 6872:1995, Dental ceramic. Geneva: ISO; 1995.
17. Hsueh CH, Luttrell CR, Becher PF. Analyses of multilayered dental ceramics subjected to biaxial flexure tests. *Dent Mater* 2006;22:460-9.
18. Hsueh CH, Thompson GA. Appraisal of formulas for stresses in bilayered dental ceramics subjected to biaxial moment loading. *J Dent* 2007;35:600-6.
19. Hsueh CH, Kelly JR. Simple solutions of multilayered discs subjected to biaxial moment loading. *Dent Mater* 2009;25:506-13.
20. Oilo M, Gjerdet NR, Tvinnereim HM. The firing procedure influences properties of a zirconia core ceramic. *Dent Mater* 2008;24:471-5.
21. Guazzato M, Albakry M, Quach L, Swain MV. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced dental ceramic. *Dent Mater* 2005;21:454-63.
22. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater* 1999;15:426-33.

23. Sundh A, Molin M, Sjögren G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent Mater* 2005;21:476-82.
24. Sundh A, Sjögren G. Fracture resistance of all-ceramic zirconia bridges with differing phase stabilizers and quality of sintering. *Dent Mater* 2006;22:778-84.
25. Tsalouchou E, Cattell MJ, Knowles JC, Pittayachawan P, McDonald A. Fatigue and fracture properties of yttria partially stabilized zirconia crown systems. *Dent Mater* 2008;24:308-18.
26. Fischer J, Stawarczyk B, Hämmerle CH. Flexural strength of veneering ceramics for zirconia. *J Dent* 2008;36:316-21.
27. Sundh A, Sjögren G. A comparison of fracture strength of yttrium-oxide- partially-stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thickness, shapes and veneer ceramics. *J Oral Rehabil* 2004;31:682-8.
28. Lin WS, Ercoli C, Feng C, Morton D. The effect of core material, veneering porcelain, and fabrication technique on the biaxial flexural strength and weibull analysis of selected dental ceramics. *J Prosthodont* 2012;21:353-62.
29. Pidcock V, Marquis PM, Wilson HJ. The mechanical strength and microstructure of all-ceramic crowns. *J Dent* 1987;15:153-8.
30. Larsson C, El Madhoun S, Wennerberg A, Vult von Steyern P. Fracture strength of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals crowns with different design: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:820-6.
31. Mitov G, Gessner J, Lohbauer U, Woll K, Muecklich F, Pospiech P. Subcritical crack growth behavior and life data analysis of two types of dental Y-TZP ceramics. *Dent Mater* 2011;27:684-91.
32. Guazzato M, Proos K, Quach L, Swain MV. Strength, reliability and mode of fracture of bilayered porcelain/zirconia (Y-TZP) dental ceramics. *Biomaterials* 2004;25:5045-52.
33. de Kler M, de Jager N, Meegdes M, van der Zel JM. Influence of thermal expansion mismatch and fatigue loading on phase changes in porcelain veneered Y-TZP zirconia discs. *J Oral Rehabil* 2007;34:841-7.

## The effect of the veneering procedures on the biaxial flexural strength of partially- and fully-stabilized zirconia core materials

### ABSTRACT

**OBJECTIVE:** The purpose of this study was to evaluate the effect of heat treatment and veneering procedures on the biaxial flexural strength of partially- and fully-sinterized zirconia core materials.

**MATERIALS AND METHOD:** Disc-shaped specimens (n=54; 15 mm in diameter and 1 mm in thickness) were prepared from fully- and partially-stabilized zirconia blocks by using computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology. The discs were divided randomly into 6 groups, each comprising 9 samples. The groups were established as the control group, heat-treated group and veneering group. Biaxial flexural strength (piston on three balls) was determined for all specimens. The data were analyzed by using one-way ANOVA (analysis of variance) test.

**RESULTS:** In partially-stabilized zirconia specimens, differences between the mean biaxial flexural strength values of the control and the heat-treated group, and control and the veneering group were not statistically significant ( $p=0.227$  and  $p=0.351$ , respectively). For fully-stabilized zirconia specimens, the biaxial flexural strength values were significantly lower in the heat-treated group compared with the control and the veneering group ( $p=0.022$  and  $p<0.001$ , respectively). The mean biaxial flexural strength values of the control and the veneering group were not significantly different ( $p=0.211$ ).

**CONCLUSION:** When comparing the mean biaxial flexural strength values of all groups, the greatest values were found in the fully-sinterized and veneered group and the lowest values were found in the partially-sinterized and heat-treated group.

**KEYWORDS:** Ceramics; dental porcelain; yttria stabilized tetragonal zirconia