

## ZİRKONYA ALTYAPILARIN MARJİNAL BÖLGE DİSTORSİYONLARININ İNCELENMESİ

### EVALUATION OF MARGINAL DISTORSIONS IN ZIRCONIA FRAMEWORKS

<sup>1</sup>\*Murat ESKİTAŞÇIOĞLU, <sup>2</sup>Hasan Murat AYDOĞDU, <sup>3</sup>Gülner Işıl TÜRK

<sup>1</sup>Yrd. Doç. Dr. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi A.D., VAN.

<sup>2</sup>Dr. Dt. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi A.D., VAN.

<sup>3</sup>Dt. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D., VAN.

#### Özet

Farklı programlar ile sinterlenmiş Y-TZP kron altyapılarda tekrarlayan fırınlamalar sırasında marjinal bölgedeki boyutsal değişimlerin incelenmesi.

CAI/CAD/CAM sistemi kullanılarak (CEREC 3, Sirona, Bensheim, Almanya) presinterize Y-TZP bloklardan (InCoris ZI, Sirona, Bensheim, Almanya) millenerek üretilen 30 adet tek kron altyapısı üç gruba ayrıldı (n=10) ve her grup farklı bir program ile sinterlendi (A: 8 saat, B:2 saat, C:10 dakika). Tüm altyapılar veneer porselen uygulamasını temsilen 5 kez fırınlamaya tabi tutuldu. Ölçüm mikroskobu (TM-505, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) kullanılarak tekrarlayan fırınlamalar öncesinde ve sonrasında kron altyapılarının marjinal kenarlarında belirlenen noktalar arasında bukkolingual (BL), mesiodistal (MD) ve oblik (OB A ve OB B) boyut ölçümleri yapıldı.

Veneer fırınlamaları sonrasında A grubu için MD (%0.127) ve OB B (%-0.352), B grubu için MD (%0.102) ve OB B (%-0.358), C grubu için BL (%0.177) ve OB B (%-0.181) parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişim görülmüştür. Boyut değişiklikleri için gruplar arasında yapılan karşılaştırmada OB A ve OB B parametreleri için istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır, bununla birlikte MD ve BL parametreleri için gruplar arasında farklar olduğu belirlenmiştir. Mesiodistal boyutta B (%-0.069) grubunun A (%0.127) ve C (%0.102) gruplarından, bukkolingual boyutta ise C (%0.177) grubunun A (%0.017) ve B (%-0.032) gruplarından farklılık gösterdiği görülmüştür.

Farklı ısı ve zaman aralıklarında sinterlenmiş olan Y-TZP altyapılar tekrarlayan fırınlamalar karşısında farklı davranışlar göstermişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Boyutsal stabilite, tekrarlayan fırınlama, Y-TZP, zirkonya.

#### Abstract

To evaluate the dimensional changes in marginal regions of Y-TZP single crown frameworks which were sintered with different programs.

30 single crown frameworks were manufactured with a CAI/CAD/CAM system (CEREC 3, Sirona, Bensheim, Germany) by milling of presinterized Y-TZP blocks (InCoris ZI, Sirona, Bensheim, Germany). Frameworks were randomly assigned to three groups (n=10) and each group were sinterized with a different program (A: 8 hours, B:2 hours, C:10 minutes). All frameworks were subjected to 5 firings representing veneer porcelain application. A measuring microscope (TM-505, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) was used to measure the buccolingual (BL), mesiodistal (MD) ve oblique (OB A ve OB B) dimensions between the predetermined reference points before and after the veneer firings.

Veneer firings caused significant changes in MD (0.127%) and OB B (-0.352%) for group A; MD (0.102%) and OB B (-0.358%) for group B; BL (0.177%) and OB B (-0.181%) for group C. Comparison of dimensional changes between the groups shows no significant difference for OB A and OB B, however significant difference was found for MD and BL dimensions. Group B (-0.069%) differs from groups A (0.127%) and C (0.102%) for mesiodistal dimension; group C (0.177%) differs from groups A (0.017%) and B (-0.032%) for buccolingual dimension.

Y-TZP single crowns frameworks which were sintered with different temperature and time periods showed various behaviours.

**Key words:** Dimensional stability, firing cycles, Y-TZP, zirconia.

#### Giriş

Metal içermeyen seramik kronlar estetik ve biyouyumluluk özelliklerinin bir araya

gelmesi sayesinde tercih edilir olmuşlardır. Polikristalin yapıda bir seramik olan Y-TZP'nin (%3 Yttrium stabilize- Tetragonal Zirkonya Polikristalleri) kullanımı CAI/CAD/CAM sistemlerinin de yaygınlaşmasına paralel olarak artmıştır. Y-TZP'nin renklendirilebilmeye ve porselenle veneerlenebilmeye uygun olması sabit protodontik restorasyonlarda gerek altyapı materyali, gerekse monolitik restorasyon materyali olarak kullanımına imkan sağlar (1, 2). Tam sinterlenmiş Y-TZP, mevcut seramik

#### \*İletişim Adresi

Dr. Murat ESKİTAŞÇIOĞLU  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi  
Protetik Diş Tedavisi A.D.  
65080 Tuşba/VAN

Tel: 0532 285 2377

E-mail: drdtmurat@yahoo.com.tr

altyapı materyalleri arasında sağlamlığı (900-1150 Mpa), kırılma dayanımı (6.2-7.4MPa x m0.5), sertliği ve geniş endikasyon spektrumunu ile ön plana çıkmaktadır (3-5).

Y-TZP materyali hazır bloklar veya diskler halinde üretilerek CAI/CAD/CAM sistemleri ile restorasyon üretilmesinde kullanılabilir. Bu üretim iki yöntemle yapılabilir. Birinci yöntem 1400-1500°C sıcaklıkta sıcak isotatik presleme (HIP) yöntemi ile final yoğunluğunun %99'dan fazlasına ulaşacak şekilde hazırlanan blok veya disklerin freze edilmesi yöntemi olan "hard machining"dir (6). Soğuk presleme yoluyla üretildikten sonra ön sinterleme uygulanmış kolay işlenebilir blokların frezelenmesi ve sonrasında tam sinterlenmesi esasına dayanan "soft machining" yöntemi ise 2001 yılında pazara sunulmasını takiben günümüzde açık ara en çok tercih edilen yöntem haline gelmiştir (7, 8).

Frezeleme yöntemi ile şekillendirilen Y-TZP yapıların sinterlenmesi işlemi sıcaklık ve süresi üretici firmaların tavsiyelerine uygun olarak programlanmış özel sinter fırınlarında gerçekleştirilir. Sinterleme süresinin kısalması üretim süreçlerini hızlandıracak ve klinik kullanımda avantaj sağlayacaktır (9).

Sinterlenmiş Y-TZP altyapılar veneer porselen uygulaması sırasında tekrarlayan fırınlama işlemlerine tabi tutulurlar. Veneerleme işlemine bağlı olarak meydana gelen marjinal aralık değişimlerini inceleyen bazı çalışmalarda veneerlemenin Y-TZP altyapılarda distorsiyonlara neden olduğu sonucuna varılmıştır (10-12). Veneer porseleninin chipping'inin zirkonya destekli seramik restorasyonlarda sık karşılaşılan bir sorun olduğu (13-15) gözönüne alındığında bu distorsiyonların detaylı incelenmesinin gerekliliği görülür.

Bu çalışmamızda farklı sıcaklık ve süre kombinasyonları ile sinterlenmiş Y-TZP kron altyapılarda tekrarlayan fırınlamalar sırasında marjinal bölgede oluşabilecek boyutsal değişimleri inceledik. Teorimiz farklı süre ve ısılarda sinterlenmiş yapıların tekrarlayan fırınlamalar sırasında uğrayacakları boyut değişimlerinde şekil ve miktarlar açısından fark olmayacağıdır.

### Gereç ve Yöntemler

**Örneklerin Hazırlanması:** Bu çalışma için elimizde mevcut olan ve daha önce başka Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

bir çalışma için üretilmiş olan metal bir abutment kullanıldı. Tam seramik restorasyon için prepare edilmiş bir sağ alt 6 (46) numaralı diş şeklinde olan metal abutmentimiz üzerine CAI/CAD/CAM sistemi ile Y-TZP kron altyapıları hazırlandı.

Y-TZP altyapıların hazırlanmasında Cerec3 CAI/CAD/CAM sistemi kullanıldı. Dijital ölçü alımı laboratuvar tipi bir tarayıcı ile (CEREC InEos Blue, Sirona, Bensheim, Almanya) ile gerçekleştirildi. Sistemin kendi yazılımı ile (CEREC InLab SW 4.2, Sirona, Bensheim, Almanya aksiyal ve okluzal yüzeylerde 0,5 mm kalınlık ve 40µm siman aralığı değerleri seçilerek ) kron altyapısı tasarlandı.

Kron altyapıları ön sinterleme yapılmış bloklardan (InCoris ZI, 40/19 F1, Sirona, Bensheim, Almanya) sisteme bağlı bilgisayar destekli üretim cihazı ile (InLab MCXL, Sirona, Bensheim, Almanya) soft machining yöntemi ile toplam 30 adet üretildi. Kumpas ile kalınlık kontrolü yapılarak tij bağlantı yerleri kesildi ve ardından üretici önerisine uygun şekilde 150°C'de 10 dakika kurutma uygulanarak sinterleme aşamasına geçildi.

**Sinterleme:** Kron altyapıları rastgele olarak üç gruba ayrıldı [n=10] ve her gruba farklı bir sinterleme prosedürü uygulandı (Tablo 1).

Grup	Sinterleme sıcaklığı [°C]	Sinter süresi	Toplam süre
		[sinterleme sıcaklığında kalma süresi] [dakika]	
A	1510	120	8 saat*
B	1540	25	2 saat*
C	1580	10	10 dakika**
*oda sıcaklığından başlar		**ön ısıtılmış fırında 1580°C'de uygulanır	

**Tablo 1.** Gruplara göre sinterleme parametreleri

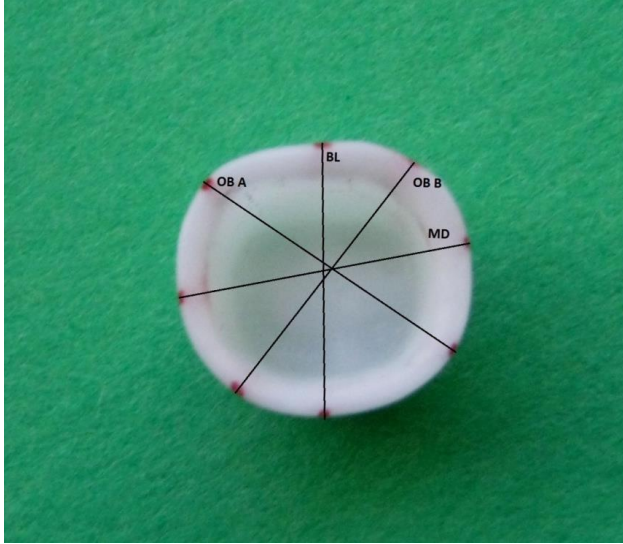
A grubunda sinterleme oda sıcaklığından başladı ve maksimum 1510°C'de sinterlenen örnekler 200°C'ye kadar soğudu, işlem toplam 8 saatte tamamlandı. B grubunda sinterleme oda sıcaklığından başladı ve 1540°C'de sinterlenen örneklerin 200°C'ye kadar soğuması 2 saatte tamamlandı. C grubunda ise örnekler önceden 1580°C'ye ısıtılmış fırına yerleştirildi, 10 dakika kaldıktan

sonra çıkartılarak açık havada soğumaya bırakıldı.

Kron altyapıları sinter fırınlarına (A ve B grupları için inFire HTC, C grubu için inFire HTC Speed, Sirona, Bensheim, Almanya) üretici önerisine uygun olarak yerleştirildi. Her gruptaki 10 örnek aynı anda ve tek seferde sinterlendi.

### Marjinal Bölge Mesafe Ölçümleri:

Ölçümler için metal abutment kaidesi üzerinde bazı referans noktaları belirlendi (Şekil 1) ve kron altyapısı abutment üzerine yerleştirildikten sonra bu noktalar altyapı üzerinde işaretlendi (Şekil 2).

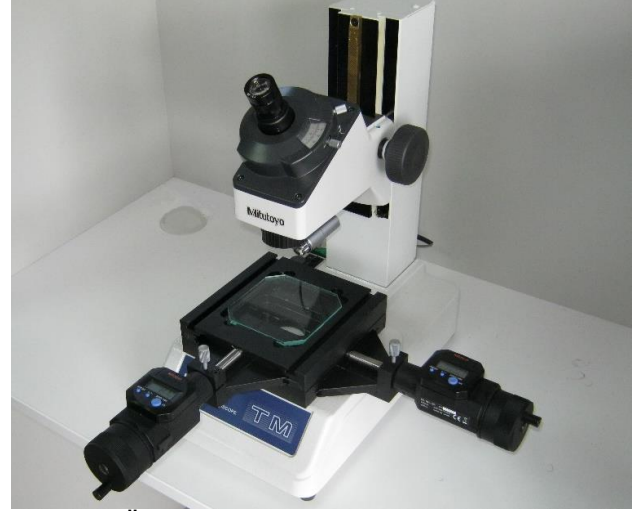


Şekil 1. Marjinal referans noktaları



Şekil 2. Ölçülen uzunluklar

Bu işaret noktaları arasındaki mesafeler şekilde görüldüğü gibi mesiodistal (MD), bukkolingual (BL), oblik A ve oblik B (OBB) olarak isimlendirildi ve her diş için belirtilen mesafeler ölçüldü. Ölçümler için üzerine bağlı dijital mikrometre ile 3µm hassasiyetle doğrusal ölçüm yapabilen Toolmaker's ölçüm mikroskobu kullanılmıştır (TM-505, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) (Şekil 3).



Şekil 3. Ölçüm mikroskobu

Noktalar arası mesafeler direk ölçüm yöntemi ile ve 30x magnifikasyon kullanılarak ölçüldü. Tüm ölçümler aynı operatör tarafından yapılmış ve her ölçüm üç kez tekrarlanarak ortalaması alınmıştır.

**Tekrarlayan Fırınlamalar:** Veneer porselen uygulaması sırasında uygulanan tekrarlayan fırınlamaların Y-TZP altyapılar üzerindeki etkisini gözlemleyebilmek amacıyla tüm örnekler beş kez fırınlanmıştır.

Pişirmeler için Y-TZP alt yapıların veneerlenmesi için önerilen bir porselene (Ips e.max Ceram, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ait parametreler kullanılmış olup liner, wash, dentin/insizal X2 ve glaze aşamalarına karşılık gelen 5 fırınlama uygulanmıştır (Tablo 2). Her fırınlama sonrasında örneklerin oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiş ardından sonraki fırınlamaya geçilmiştir. Bütün fırınlama işlemleri aynı fırında (Programat EP3000/G2, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) gerçekleştirilmiştir.

Fırınlamalar sonrasında örnekler tekrar metal abutment üzerine yerleştirildi, metal

üzerindeki referans noktalarının karşılıkları daha önce yapıldığı şekilde zirkonya altyapılar üzerine tekrar işaretlendi. Sonrasında mesafe ölçümleri her örnek için tekrarlandı.

Aşama	Stand-by sic. [°C]	Kapanma zamanı [dd:ss]	Sic. Artışı [°C/dk]	Tutuş sic. [°C]	Tutuş süresi [dd:ss]	Vakum açılış [°C]	Vakum kapanış [°C]	Yavaş soğuma [°C]
Liner	403	4:00	40	960	1:00	450	959	-
Wash	403	4:00	40	750	1:00	450	749	-
1.Dentin/insizal	403	4:00	40	750	1:00	450	749	-
2.Dentin/insizal	403	4:00	40	750	1:00	450	749	-
Glaze	403	6:00	60	725	1:00	450	724	450

**Tablo 2.** Veneer pişirmelerine ait parametreler

**İstatistik:** Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SAS 9.3 (Statistical Analysis Software, (SAS Institute, NC, A.B.D.) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılacak istatistiksel yöntem karar vermede her bir değişken için normal dağılıma uygunluk testi yapılmıştır.

Marjinal bölgedeki boyut değerleri normal dağılıma uygun olduğu için grup ortalamalarının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda gruplar arasında farklılığın önemli bulunduğu durumlarda farklılığın hangi gruptan ileri geldiğini belirlemek amacıyla çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi kullanılmıştır. Her bir sinter grubu içerisinde ilk ve son boyut ölçümleri arasındaki farklılığın değerlendirilmesinde eşleştirilmiş (paired) T önemlilik testi yapılmıştır.

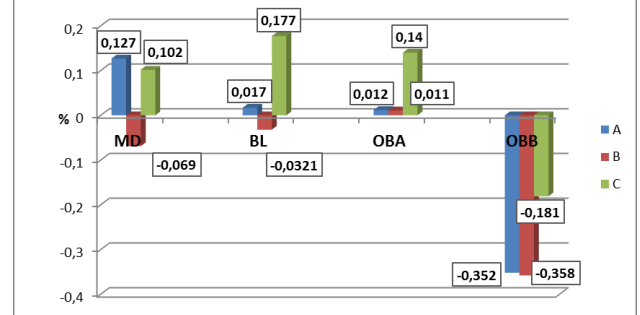
Tüm istatistiksel karşılaştırmalarda önemlilik olasılık seviyesi  $p < 0.05$  olarak kabul edilmiştir;  $p > 0.05$  değerleri karşılaştırılan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını ifade etmektedir.

### Bulgular

Kron altyapıları üzerinde sinterleme sonrası ve veneer fırınlamaları sonrası olmak üzere iki aşamada yapılan ölçümlerin sonuçları tablo 3'de, ölçümler arası değişim oranları ise şekil 4'de verilmektedir.

Fırınlamalar öncesi ve sonrasındaki boyutlar arasındaki farklar açısından her grup kendi içinde değerlendirildiğinde çıkan sonuçlar tablolar 4'de verilmiştir. Buna göre A grubu için MD ve OB B, B grubu için MD ve OB B, C

grubu için BL ve OB B parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişim görülmüştür.



**Şekil 4.** Her parametre için gruplara göre değişim oranları

	n	A	B	C
		Ortalama ± Standart Sapma (µm)		
MD 1	10	8.559±0.016	8.554±0.015	8.565±0.0255
MD 2	10	8.570±0.019	8.548±0.019	8.574±0.0199
BL 1	10	7.776±0.050	7.797±0.020	7.757±0.0548
BL 2	10	7.777±0.050	7.795±0.023	7.771±0.0555
OBA 1	10	8.671±0.046	8.659±0.02	8.645±0.028
OBA 2	10	8.672±0.045	8.66±0.03	8.657±0.028
OBB 1	10	8.398±0.018	8.396±0.018	8.389±0.026
OBB 2	10	8.369±0.022	8.366±0.015	8.374±0.021

**Tablo 3.** Marjinal bölgeden yapılan boyut ölçümü tanımlayıcı istatistikleri.

Grup	8 saat sinter (A)		2 saat sinter (B)		10 dakika sinter (C)	
	t	p	t	p	t	p
MD	-3.58	0,0059*	2,28	0,0489*	-1,73	0,1184
BL	-0,31	0,7661	1,03	0,3300	-4,64	0,0012*
OB A	-0,17	0,8688	-0,19	0,8512	-1,88	0,0933
OB B	5,67	0,0003*	4,67	0,0012*	2,69	0,0246*

\*istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05)

**Tablo 4.** Boyut değişimlerinin grup içi değerlendirmeleri

Marjinal bölge boyut değişikliklerinin gruplar arasında yapılan karşılaştırmalarında OB A ve OB B parametreleri için gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır, bununla birlikte MD ve BL parametreleri için gruplar arasında farklar olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Bulgular tablo 5'de verilmiştir.

Değişim (%)	N	A	B	C	P
		Ortalama ± Standart Sapma (µm)			
MD	10	0,127* ±0,112	-0,069* ±0,096	0,102* ±0,186	0,0068*
BL	10	0,017* ±0,172	-0,032* ±0,098	0,177* ±0,120	0,0045*
OBA	10	0,012 ±0,214	0,011 ±0,189	0,140 ±0,237	0,3166
OBB	10	-0,352 ±0,197	-0,358 ±0,242	-0,181 ±0,213	0,1377

\*İstatistiksel olarak önemlidir p<0,05 Aynı harf ile belirtilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı değildir

**Tablo 5.** Dış kenar boyut değişimlerinin gruplar arasındaki farklarının karşılaştırılması

## Tartışma

Y-TZP seramikler üstün mekanik özelliklere sahip olmaları, biyouyumluluk, ince partiküllü yapısı sayesinde detaylı şekillendirilebilme, ısıl iletkenliğin düşük olması ile birlikte hassasiyet ve pulpa irritasyonlarını önleme gibi avantajları sayesinde sabit protetik altyapılarda tercih edilen bir malzeme olmaktadır (6, 14).

Bu çalışmada farklı süre ve ısılarda sinterlenmiş Y-TZP restorasyonların tekrarlayan fırınlamalar karşısındaki boyutsal değişimleri marjinal bölgede belirlenen noktalar arasındaki uzaklıkların direk ölçümü yöntemi ile incelenmiştir. Üç farklı sinter programında en uzun sürede (toplam 8 saat) sinterlenen örnekler en düşük sıcaklıkta (1510°C), en hızlı (toplam 10 dakika) sinterlenen örnekler ise en yüksek sıcaklıkta (1580°C) işlem görmüştür.

Tekeli ve Erdoğan slip cast tekniği ile ürettikleri zirkonya örnekleri incemişler ve sinter sıcaklığı ve süresinin artışının gren boyunun büyümesine ve buna bağlı olarak kavite miktarının artmasına yol açtığını bulmuşlardır (16). Hjerppe ve ark sıcaklık sabit tutularak sinter süresini 3 saat ve 1,6 saat uyguladıklarında Y-TZP disklerin mekanik özelliklerinin değişmediğini göstermişlerdir (9). Kim ve ark ise kısa süreli sinterleme sonucunda gren boyutunun küçüldüğünü açıklamışlardır (17). Farklı bir açıdan yaklaşan Stawarcyk ve ark süreyi değiştirmeden sinter sıcaklığının yükselmesinin Y-TZP seramiklerin yapılarını ve mekanik özelliklerini etkilediğini, sinter sıcaklığı 1600 °C'yi geçtiğinde Y-TZP barların eğilme dayanımının önemli ölçüde düştüğünü, sıcaklık artışının gren boyu artışına ve kontrast oranının düşüşüne yol açtığını bildirmişlerdir (18). İki farklı çalışmada zirkonya disklerde sinter süresi değişmeden sinter sıcaklığı arttırıldığında gren

boyutunda büyüme ve ışık geçirgenliğinde artış ölçülmüştür (19, 20). Bu veriler Y-TZP seramiklerde sinterleme koşullarının değişmesinin materyalin fiziksel özellikleri ve moleküler yapısı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada Y-TZP altyapıların üstyapı üretimi sırasındaki marjinal bölgede gerçekleşebilecek uzaysal hareketler üstyapı porseleninin etkisinden bağımsız olarak gözlenmiş; bununla birlikte sinterleme işlemindeki değişikliğin materyalin daha sonrasında karşılaçağı tekrarlayan fırınlamalar karşısındaki davranışını değiştirip değiştirmeyeceğı sorusuna cevap aranmıştır.

Zirkonya destekli kron ve köprülerde veneer porselen uygulamasının etkilerini inceleyen Dittmer ve arkadaşları uygulamanın zirkonya destekli köprü altyapılarında marjinal bölgede distorsiyonlara sebep olduğunu ve marjinal aralığı etkilediğini bildirmiştir (10). Tek kron altyapıları üzerinde yapılan iki çalışmada ise veneer porselen uygulamasının marjinal bölgede değişimlere sebep olduğu bildirilmiştir; Pak ve arkadaşları marjinal aralıkta artma, Miura ve arkadaşları ise azalma şeklinde değişim göstermişlerdir (12, 21). Çalışmamızda veneer fırınlamaları sırasında oluşan hareketler açısından her grup kendi içinde değerlendirildiğinde sırasıyla 8 saat ve 2 saat sinterleme uygulanan A ve B grupları içinde mesiodistal ve oblik b uzunluklarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gerçekleşirken bukkolingual ve oblik a uzunluklarında anlamlı fark görülmemiştir. Buna karşı 10 dakika sinterlenen C grubu örnekleri diğer gruplardan farklı bir davranış göstermiş bukkolingual ve oblik b uzunluklarında istatistiksel olarak anlamlı değişim sergilemiş, mesiodistal ve oblik a uzunluklarında ise anlamlı fark oluşmamıştır.

Oluşan distorsiyonların gruplar arasındaki farkları değerlendirildiğinde oblik a ve oblik b uzunluklarındaki değişim açısından üç grup arasında bir fark görülmemiştir. Mesiodistal ve bukkolingual uzunluk değişimleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunduğu; mesiodistal boyutta B grubunun A ve C gruplarından farklılık gösterdiği, bukkolingual boyutta ise C grubunun A ve B gruplarından farklılık gösterdiği görülmüştür.

Altyapıların veneer fırınlamaları sırasında gösterdikleri uzaysal hareketler veneer porselen materyali üzerinde stres

birikmesine neden olabilir. Porselen içyapısında biriken streslerin ise erken dönemde delaminasyon, geç dönemde ise chipping şeklinde başarısızlıkların görülmesine neden olabileceği gösterilmiştir (22-24). Altyapıların gösterdiği bu hareketlerin ve neden oldukları streslerin daha detaylı incelenmesi gereklidir.

## Sonuç

Tek bir zirkonya markası kullanılmış olması çalışmamızın bir sınırlaması olarak kabul edilmelidir. Çalışmamızın sınırları dahilinde elde ettiğimiz bulgulara göre teorimiz reddedilmiştir. Farklı ısılarda ve 8 saat, 2 saat ve 10 dakika olmak üzere farklı zaman aralıklarında sinterlenmiş olan Y-TZP altyapılar tekrarlayan fırınlamalar karşısında farklı boyutsal davranışlar göstermişlerdir.

## Kaynaklar

1. Shah K, Holloway JA, Denry I. Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color and flexural strength of 3Y-TZP Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2008;87:329-37.
2. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. Dental Materials. 2008;24(3):299-307.
3. Nakamura K, Adolfsson E, Milleding P, Kanno T, Ortengren U. Influence of grain size and veneer firing process on the flexural strength of zirconia ceramics. European Journal of Oral Science. 2012;120(3):249-54.
4. Yılmaz H, Aydın C, Gul BE. Flexural strength and fracture toughness of dental core ceramics. The Journal of prosthetic dentistry. 2007;98(2):120-8.
5. 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. Dental Materials. 2004;20(5):449-56.
6. Sundh A, Molin M, Sjogren G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. Dental Materials. 2005;21(5):476-82.
7. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. Australian Dental Journal. 2011;56(s1):97-106.
8. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in Computer-Aided Manufacturing in Prosthodontics: A Review of the Available Streams. International Journal of Dentistry. 2014;2014:3-9.
9. Hjerpe J, Vallittu PK, Froberg K, Lassila LV. Effect of sintering time on biaxial strength of zirconium dioxide. Dental Materials. 2009;25(2):166-71.
10. Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M, Kohorst P. Stresses and distortions within zirconia-fixed dental prostheses due to the veneering process. Acta biomaterialia. 2009;5(8):3231-9.
11. Kohorst P, Brinkmann H, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Influence of the veneering process on the marginal fit of zirconia fixed dental prostheses. Journal of Oral Rehabilitation. 2010;37(4):283-91.
12. Pak HS, Han JS, Lee JB, Kim SH, Yang JH. Influence of porcelain veneering on the marginal fit of Digident and Lava CAD/CAM zirconia ceramic crowns. Journal of Advanced Prosthodontics. 2010;2(2):33-8.
13. Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CHF. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. The International journal of prosthodontics. 2007;20(4):383.
14. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2004;92(6):557-62.
15. Raigrodski A, Chiche G, Potiket N, Hochstedler J, Mohamed S, Billiot S, et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. J Prosthet Dent. 2006;96:237-44.
16. Tekeli S, Erdogan M. A quantitative assessment of cavities in 3 mol% yttria-stabilized tetragonal zirconia specimens containing various grain size. Ceramics international. 2002;28(7):785-9.
17. Kim MJ, Ahn JS, Kim JH, Kim WC. Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. Journal of Advanced Prosthodontics. 2013;5(2):161-6.
18. Stawarczyk B, Ozcan M, Hallmann L, Ender A, Mehl A, Hammerle CH. The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size, and contrast ratio. Clinical oral investigations. 2013;17(1):269-74.
19. Sato T, Shimada M. Transformation of Yttria-Doped Tetragonal ZrO<sub>2</sub> Polycrystals by Annealing in Water. Journal of the American Ceramic Society. 1985;68(6):356-.
20. Jiang L, Liao Y, Wan Q, Li W. Effects of sintering temperature and particle size on the translucency of zirconium dioxide dental ceramic. Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2011;22(11):2429-35.
21. Miura S, Inagaki R, Kasahara S, Yoda M. Fit of zirconia all-ceramic crowns with different cervical margin designs, before and after porcelain firing and glazing. Dental materials journal. 2014;33(4):484-9.
22. Swain M. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. Acta biomaterialia. 2009;5(5):1668-77.
23. Baldassarri M, Zhang Y, Thompson VP, Rekow ED, Stappert CFJ. Reliability and failure modes of implant-supported zirconium-oxide fixed dental prostheses related to veneering techniques. Journal of dentistry. 2011;39:489-98.
24. Al-Amleh B, Neil Waddell J, Lyons K, Swain MV. Influence of veneering porcelain thickness and cooling rate on residual stresses in zirconia molar crowns. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 2014;30(3):271-80.