

FARKLI ZİRKONYA ALTYAPILI KURONLARIN MARJİNAL UYUM VE KIRILMA DİRENÇLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ*

EVALUATION OF MARGINAL ADAPTATION AND FRACTURE STRENGTH OF DIFFERENT ZIRCONIA BASED CROWNS*

Dr. Öğr. Üy. Baykal YILMAZ*

Prof.Dr. Nuran YANIKOĞLU**

Makale Kodu/Article code: 4559

Makale Gönderilme tarihi: 19.08.2020

Kabul Tarihi: 11.03.2021

DOI : 10.17567/ataunidfd.895046

Baykal Yılmaz: ORCID ID: 0000-0001-8664-2853

Nuran Yanıkoğlu: ORCID ID: 0000-0001-7677-1248

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı 5 farklı yöntemle hazırlanan zirkonya altyapılı porselen kuronların marjinal uyum ve kırılma dirençlerini *in vitro* olarak değerlendirmektir.

Gereç ve yöntem: Prepare edilmiş molar dişi temsilen 30 adet paslanmaz çelik güdük her grupta 6 adet olacak şekilde 5 gruba ayrıldı. 1. grup slip-casting yöntemi ile hazırlanan In-Ceram Zirconia, 2. grup electrodepositing yöntemi ile hazırlanan Wol-Ceram, 3. grup manuel dizayn ve manuel kopya üretim ile hazırlanan ZirkonZahn, 4. grup manuel dizayn ve dijital üretim ile hazırlanan Cercon ve 5. grup dijital dizayn ve dijital üretim ile hazırlanan Everest örneklerden oluşturuldu. Kuronlar simante edilmeden önce ve sonra optik mikroskop ile marjinal uyum açısından değerlendirildi. Verilerin değerlendirilmesinde Student t testi uygulandı.

Simantasyon sonrası termal siklus uygulanan kuronların kırılma dirençleri, 0,5 mm/dakika başlık hızına ayarlı universal test cihazında ölçüldü. Veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirildi.

Bulgular: Everest grubuna ait örnekler marjinal uyum açısından hem simantasyon öncesi ($24,80 \pm 4,77 \mu$) hem de simantasyon sonrası ($41,86 \pm 5,41 \mu$) en düşük değerleri verdi ($p<0.001$). Bunu, her iki ölçümde, sırası ile Cercon, Wol-Ceram, ZirkonZahn ve In-ceram Zirconia gruplarına ait örnekler takip etti.

En yüksek kırılma direnci değerini Everest grubuna ait örnekler gösterdi ($1653,33 \pm 53,54$ N) ($p<0.01$). Bunu Cercon, ZirkonZahn, Wol-Ceram ve In-Ceram Zirconia grubuna ait örnekler takip etti.

Sonuçlar: Zirkonya altyapılı kuronların kırılma direnci ve marginal adaptasyonu üzerinde farklı hazırlama yöntemlerinin etkisi önemlidir. Dijital hazırlama yöntemi marginal uyum ve kırılma direnci açısından daha iyi sonuç vermiştir. İstatistiksel farklılıklara rağmen çalışmada kullanılan materyaller klinik olarak kabul edilir değerler sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Zirkonya, marjinal uyum, kırılma direnci

ABSTRACT

Aim: The purpose of this study was in-vitro evaluation of marginal adaptation and fracture strength of zirconia based ceramic crowns prepared in five different ways.

Material and Methods: 30 stainless steel dies representing a molar crown were formed. 5 groups containing 6 dies each were formed. Groups were as follows: group 1. In-Ceram Zirconia prepared by slipcasting, group 2. Wol-Ceram prepared by electrodepositing, group 3. ZirkonZahn prepared by manual design and manufacturing, group 4. Cercon prepared by manual design and digital manufacturing, group5. Everest prepared by digital design and digital manufacturing. All the crowns were evaluated for marginal adaptation before and after cementation by using stereo microscope. Data were statistically evaluated by Student t test. Fracture strengths of crowns were measured by a universal testing machine at a cross-head speed of 5mm/minute after thermo-cycling. One way ANOVA test were used to evaluate the data.

Results: Everest group showed the lowest marginal adaptation values before ($24,80 \pm 4,77 \mu$) and after cementation ($41,86 \pm 5,41 \mu$) ($p<0.001$). This was followed by Cercon, Wol-Ceram, Zirkonzahn, In-Ceram Zirconia groups in both measurements.

The highest fracture strength value was obtained from Everest group ($1653,33 \pm 53,54$ N) ($p<0.01$). This was followed by Cercon, ZirkonZahn, Wol-Ceram and In-Ceram Zirconia groups.

Conclusion: Different preparation methods have important effect on marginal adaptation and fracture strength of zirconia based crowns. Digital manufacturing technique showed better marginal adaptation and fracture strength results. Despite the statistical differences all of the materials used in this study showed clinically accepted values.

Key words: Zirconia, marginal adaptation, fracture strength

* Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Aydın.

** Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Erzurum.

Çalışma Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hekimliği Fakültesinde Doktora Tezi (2008) olarak sunulmuştur.

Kaynakça Bilgisi: Yılmaz B, Yanıkoğlu N. Farklı zirkonya altyapılı kuronların marjinal uyum ve kırılma dirençlerinin değerlendirilmesi. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2021; 31: 247-55.

Citation Information: Yılmaz B, Yanıkoğlu N. Evaluation of marginal adaptation and fracture strength of different zirconia based crowns. J Dent Fac Atatürk Uni 2021; 31: 247-55.



GİRİŞ

Geçmişten bugüne restoratif diş hekimliğinin temel amacı dokuların bütünlüğü ve korunmasını temin ederek, fonksiyon, fonasyon ve estetiğin iade edilmesidir. Sabit protezler, restoratif diş hekimliğinde önemli yer tutmaktadır. Sabit protezlerde fonksiyon ve estetik gereksinimleri karşılayabilmek için porselen sistemler sürekli geliştirilmektedir.¹

Diş hekimliğinde porselen estetik ile birlikte anılır. Artan estetik beklentiler ve bazı alışılara karşı gelişen toksik ve alerjik reaksiyonlar nedeniyle hastalar ve hekimler metal içermeyen diş renginde restorasyonların kullanımına yönelmektedir. Önceden metal destekli porselen restorasyonlardan başka seçenek yokken günümüzde hem anterior hem posterior bölgelerde kullanıma olanak sağlayan metal desteksiz porselen restorasyonlar, hekimlere ve dolayısı ile hastalara sunulan önemli bir seçenektir. 20. Yüzyılın son zamanları ve günümüzde metal desteksiz porselen sistemleri diş hekimliği alanına hakim olmaktadır.²

Estetik ve biyolojik üstünlüklerine rağmen, metal desteksiz porselenler kırılma yapıdadır. Bu yüzden, bu sistemlerin kırılma dirençleri arttırılmaya çalışılmıştır.³ Dental porselenler ve üretim sistemlerinin geliştirilmesi sonucu günümüzde farklı restoratif materyal seçenekleri sunulmuştur. Yüksek dayanım, kırılma tokluğu, sertlik, aşınmaya karşı direnç, biyoyumluluk, elektrik yalıtımı, düşük termal iletkenlik, asit ve alkali ortamda korozyona dirençli olma, çeliğe benzer elastiklik modülü gibi özellikleri ile zirkonya da bu seçeneklerden biri olmuştur.⁴ Görünümlerinin opak olması, aşındırma ve yüzey işlemlerinin materyalin mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etkilerinin olması, köprü protezlerinde interoklüzal mesafenin yetersiz olduğu vakalarda restorasyonun dayanıklılığı azalması ve restorasyonlarda uyumsuzluk görüldüğünde yeni bir ölçü alınarak tekrar yapılmaları gerekmesi gibi dezavantajlarına karşın; yüksek dayanıklılık ve kırılma sertliği, biyoyumluluk, detaylı şekillendirilebilme, düşük ısıl iletkenliğinin olması, titanyuma göre daha az bakteri birikimi göstermesi, simantasyonu için adeziv yapıştırma önerilmekle beraber geleneksel simantasyon yapılabilmesi gibi avantajlara sahiptir.^{5,6} Posterior bölgede tam seramik kuron ve köprülerin yapımına olanak sağlayan yüksek güçlü zirkonyumun diş hekimliğine sunulması bu alanda yeni bir çığır açmış ve metal destekli porselen restorasyonlara karşı ciddi bir alternatif olmuştur.⁷

Hastalar öncelikli olarak estetik faktörünü benimserken, hekimler bunun yanında restorasyonların

marjinal uyum ve kırılma direnci gibi faktörlerinden uzun dönem klinik başarı için emin olmak zorundadırlar.

Bu çalışmanın amacı, farklı yöntemlerle hazırlanmış zirkonyum altyapılı porselen restorasyonların marjinal uyum ve kırılma dirençlerini *in vitro* olarak karşılaştırmaktır.

Çalışmanın hipotezi, yapım yöntemlerinin kuronların kırılma direncini ve marjinal uyumunu etkilemeyeceği yönündedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Prepare edilmiş maksiler molar dişi temsil eden 30 örnek, standardizasyonu sağlamak amacı ile 6,5 mm kuron boyu, 1 mm basamak genişliği ve 3° aksiyel açıda olacak şekilde paslanmaz çelik alaşımdan CNC torna tezgâhında (Space Turn LB2000, Okuma Corp, 42 Japan) hazırlandı. Basamak için iç açısı yuvarlatılmış 90° shoulder şekli uygulandı.

Üretici firmanın önerileri doğrultusunda hazırlanan altyapı ve üstyapı porselenlerinin standardizasyonunu sağlamak için kullanılan özel alete (Şekil 1), altyapılar için metal daydan 0,5 mm, üstyapı porseleni için metal daydan marjinal ve aksiyel bölgede 1 mm, oklüzal bölgede 2 mm uzaktan geçecek şekilde tasarlanan plakalar takılarak örneklerin üniform kalınlıkta hazırlanması sağlandı. Ayrıca gerek altyapılar gerek bitmiş üstyapılar kumpas ile muhtelif kısımlarından ölçülerek standardizasyon için azami gayret gösterildi.

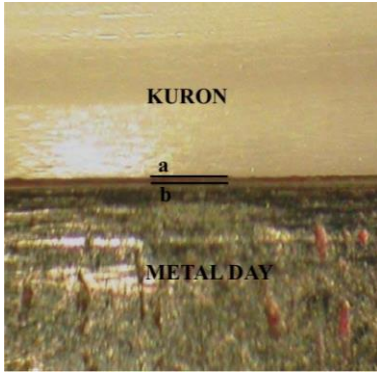
Daha sonra örnekler rastgele her birinde 6 örnek olan 5 gruba ayrıldı ve numaralandırıldı. Tüm örneklerden laboratuvar aşamalarında kullanılmak üzere alçı modeller elde edildi ve metal örneklerle aynı olacak şekilde numaralandırıldı. Altyapıların ve üstyapıların hazırlanmasında üretici firmaların önerisi doğrultusunda kullanılan yöntem ve materyaller Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Standardizasyon cihazı (sculpturing device)

Tablo 1. Çalışmada kullanılan altyapı materyalleri ve hazırlama yöntemleri

GRUP	YÖNTEM	ALTYAPI MATERYALİ	ÜSTYAPI MATERYALİ
IN-CERAM ZIRCONIA	Slip-cast	In-Ceram Zirconia toz	Vitadur Alpha (Vita Zahnfabrik, Germany)
WOL-CERAM	Elektro galvanik akım	In-Ceram Zirconia toz	Vitadur Alpha (Vita Zahnfabrik, Germany)
ZIRKONZAHN	Manuel dizayn/manuel üretim Pantografi	Y-TZP blok (green-stage/ yeşil aşama)	Ice Keramik (Steger, Brunneck, Italy)
CERCON	Manuel dizayn/CAM	Y-TZP blok (unHIPped/presintered)	Cercon Ceram (Dentsply, USA)
EVEREST	CAD/CAM	Y-TZP blok (unHIPped/presintered)	VM9 (Vident, Italy)



Şekil 2. Marjinal uyum değerlendirmesi için alınan fotoğraf ve ölçülen mesafe (a-b)



Şekil 3. Instron Universal Test Cihazında kırılma direnci testi

In-Ceram Zirconia Örneklerin Hazırlanması

Vita In-Ceram day spacer materyali sürülen alçı güdükler aynı firmanın fosfat bağlı revetmanı ile duplike edildi. Vita In-Ceram Zirconia porselen tozu ve likidi karıştırılarak duplikat modelin üzerine kole bölgesinden başlayarak fırça ile tabakalar halinde yerleştirilip modelasyonu dikkatlice tamamlan örnekler ilk

fırınlama, cam infiltrasyon fırınlaması, tesviye ve kumlama işlemlerine tabi tutuldu. Üstyapı porseleni için firmanın önerdiği porselen (Vitadur Alpha, Vita Zahnfabrik, Germany) ile restorasyon tamamlandı.

Wol-Ceram Örneklerin Hazırlanması

Day spacer materyali sürülen alçı güdükler özel tutucu aparat ile Wol-Ceram One (Wol-Dent, Ludwigs-hafen, Germany) adlı cihazın elektroliz banyosuna yerleştirildi. Kaplama materyali olarak In-Ceram Zirconia (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) tozu kullanıldı. 0,5 mm kalınlığı sağlayacak voltaj ayarında (0.4 ma) materyal ve day zıt olarak elektrik yüklendi. Hazırlanan altyapıya uygulanacak sinterleme, cam infiltrasyonu ve üst yapı porselen uygulaması, In-Ceram Zirconia grubundaki örneklerin üstyapıları ile aynı materyal ve yöntem kullanılarak gerçekleştirildi.

Zirkonzahn Örneklerin Hazırlanması

Altyapıyı temsilen hazırlanan rezin analog Zirkonzahn manuel freze ünitesine (Zirkograph O25 ECO, Zirkonzahn GmbH, Gais, İtalya) sabitlendikten sonra Zirkonzahn bloklardan %25 daha büyük boyutlu olarak kazındı. Sinterizasyon fırınına (Zirkonofen 600/V2, Zirkonzahn GmbH, Gais, İtalya) konulan alt yapılar 1500 °C'de 8 saat süre ile sinterlendi ve takiben firmanın önerdiği üstyapı porseleni (Ice Keramik, Steger, Brunneck, Italy) ile restorasyon tamamlandı.

Cercon Örneklerin Hazırlanması

Altyapıyı temsilen hazırlanan mum model özel çerçevesine (Cercon Frame, Dentsply, USA) bağlanarak tarama ünitesine (Cercon Eye Scanner, Cercon, DeguDent, Hanau, Germany) yerleştirildi ve elde edilen veriler bilgisayara aktarıldı. Firmaya ait presintirize zirkonya bloklar büzülme faktörü dikkate alınarak aşındırma ünitesinde hazırlandı. Daha sonra altyapılara 1350 °C sıcaklıkta Cercon sisteminin özel fırınında (Cercon Heat, Dentsply, USA) 6 saat sinterleme işlemi uygulandı. Üstyapı porseleni için yine aynı firmaya ait uygun porselen (Cercon Ceram, Dentsply, USA) tercih edildi.

Kavo Everest Örneklerin Hazırlanması

Alçı güdük, özel taşıyıcı aparat (Everest Insert, Kavo, Germany) ile sistemin tarama ünitesine (Everest Scan, Kavo, Germany) yerleştirildi ve dijital ortamda altyapının istenen boyuttaki üç boyutlu görüntüsü elde edildi. Kavo Everest blok (ZS Blank No16, Kavo, Germany) frezeleme ünitesine (Kavo Everest Engine 4140, Kavo, Germany) yerleştirilerek altyapılar elde edildi. Sinterleme işlemi 1500 °C derecede 12 saat sürdü. Üstyapı porseleni için firmanın önerdiği porselen sistemi kullanıldı (VM9, Vident, Italy).

Marjinal uyum ölçümleri metal dayların üzerinde gerçekleştirildi. Marjinal uyum ölçümlerinden önce mikroskop ve dijital fotoğraf makinesi (Nikon Coolpix 4500, Nikon, Japan) ile elde edilen görüntüye ait hata payının en az olması amacı ile bir cetvelin milimetrik ölçüm aralıklarına ait fotoğraflar bir görüntüleme yazılımı (Photoshop CS 2.0, Adobe Photoshop) ile değerlendirilerek en uygun magnifikasyon ve yerleşim belirlendi. Mikroskobun üst parçasına sabitlenmiş dijital fotoğraf makinesi ile x40 büyütmede, her bir örnekten simantasyon öncesi ve sonrası, örnekler 1'er mm saat yönünde çevrilerek, 30'ar adet olmak üzere toplam 1800 adet dijital fotoğraf çekildi. Bu fotoğraflar bilgisayara aktarılarak aynı görüntüleme yazılımı ile bilgisayar ekranı üzerinde kuron kenarı ve paslanmaz çelik day basamak kenarı arası mesafe ölçüldü (Şekil 2). Ölçüm değerleri hata katsayısı ile çarpılarak mikron (μ) cinsinden elde edilen veriler kaydedildi.

Örneklerin simantasyonu

Örneklerin iç yüzeyine 50 mikrometre boyutundaki alüminyum oksit partikülleri (Danville Engineering Inc, Danville, Calif) ile kumlama işlemi uygulandı. Örnekler, rezin siman (Panavia F 2.0, Kuraray Dental, Japan) ile üreticinin önerdiği şekilde metal güdüklere simante edildi ve bir düzeneğe yerleştirilerek 10 dakika boyunca 50 Newtonluk sabit kuvvet uygulandı. Örneklerin bütün yüzeylerine halojen ışık cihazı (800 mW/cm² Hilux Ultraplus, Benlioğlu Dental, İstanbul) ile 3 saniye ışık verildikten sonra artık simanlar dikkatli bir şekilde temizlendi ve bütün yüzeylere 40 saniye ışık verilerek polimerizasyon işlemi tamamlandı. Daha sonra üretici firmanın önerileri doğrultusunda örneklerin kenar kısımlarına 3 dakika süre ile Oxyguard (Oxyguard II, Kuraray Dental, Japan) tatbik edildi.

Termal Siklus Uygulaması

Tüm örnekler simante edilip 37 °C distile su içinde 24 saat bekletildikten sonra, kendi tasarladığımız 5 °C ve 55 °C derecelik sıcaklıkta iki adet distile su haznesi olan ve bu hazneler arasında örnekleri taşıyacak hareketli bir düzeneğe sahip cihazda, her bir haznede 20 saniye bekletilerek, 5000 defa termal siklus uygulandı.

Kırılma Direnci Testi

Tüm örnekler Universal test cihazına (Instron Corp, USA) yerleştirilerek kırılma testi gerçekleştirildi (Şekil 3). Kuvvet uygulaması sırasında dik açıda hareketli kalması için örnekler, Instron aletinin alt parçasına yerleştirilen düzene ile sabitlendi. Cihazın hareketli olan üst parçasına ise ucunda 5 mm çapında çelik bilye bulunan bir kuvvet uygulayıcı uç yerleştirildi. Örneklerin oklüzal yüzeylerinin tam orta noktasından,

ilk kırılma oluşuncaya kadar 0.5 mm/dakika başlık hızı ile kuvvet uygulandı. Kırılma kuvvetleri Newton (N) cinsinden kaydedildi.

Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Tüm deney grupları için simantasyon öncesi ve sonrası marjinal uyum ve kırılma direnci ortalama ve standart sapma değerleri SPSS programı (SPSS 11.5 for Windows) kullanılarak hesaplandı. Her bir materyale ait simantasyon öncesi ve simantasyon sonrası marjinal uyum değerlerinin karşılaştırılması amacıyla Student t testi kullanıldı. Materyallerin kırılma dirençlerinin karşılaştırılması için ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA), çoklu karşılaştırmalar için Duncan testi kullanıldı.

BULGULAR

Simantasyon öncesine ait marjinal uyum ölçümleri değerlendirildiğinde, gruplar arasında en düşük ortalama Everest grubunda gözlenmiştir (24,80 μ) ve bu değer diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde düşüktür ($p < 0.001$). Bunu Cercon (54,29 μ), Wol-Ceram (65,36 μ), Zirkonzahn (71,89 μ) ve In-Ceram Zirconia (85,22 μ) grupları takip etmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Örneklerin simantasyon öncesi ve sonrasına ait marjinal uyum ölçümleri ve grup içi değişimlerin istatistiksel değerlendirmesi (Ort: ortalama, SS: standart sapma, Min: minimum, Max: maksimum)

	Simantasyon Öncesi		Simantasyon Sonrası		Fark	p
	Ort±SS	Min-Maks	Ort±SS	Min-Maks		
İN-CERAM ZIRCONIA	85,22± 16,09	80,32-89,44	104,96± 12,80	98,68-112,80	19,74	***
WOL-CERAM	65,36±7,79	61,92-69,28	83,73± 7,61	81,12-85,92	18,37	***
ZIRKONZAHN	71,89 ±7,79	69,44-75,68	95,01± 8,04	90,72-99,20	23,12	***
CERCON	54,29 ±9,65	51,52-58,40	76,80± 10,04	71,20-80,16	22,51	***
EVEREST	24,80 ±4,77	23,84-27,20	41,86± 5,41	40,32-43,68	17,06	***

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$

Simantasyon sonrasında da marjinal uyum açısından sıralama değişmemiştir. Gruplar karşılaştırıldığında en düşük ortalama yine Everest grubunda gözlenmiştir (41,86 μ) ve bu değer diğer gruplardan anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p < 0.001$). Bunu Cercon (76,80 μ), Wolceram (83,73 μ), Zirkonzahn (95,01 μ) ve In-Ceram Zirconia (104,96 μ) grupları takip etmiştir. Zirkonzahn ve In-Ceram Zirconia grupları arasında simantasyon sonrası marjinal uyum açısından anlamlı fark oluşmamışken ($p > 0,05$), diğer gruplar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.001$). Simantasyon öncesi ve sonrasına ait marjinal uyum ortalamalarının grup içi değerlendirilmesinde, grupların hepsinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış bulunmuştur ($p < 0.001$) (Tablo 2).



Kırma testi sonuçlarına ait sonuçlar Tablo 3' de gösterilmektedir. Ölçüm değerleri Newton (N) cinsinden hesaplanmıştır. En yüksek kırılma direnci Everest grubuna ait örneklerde gözlenmiştir (1653 N). Bunu sırası ile Cercon (1507,83 N), Zirkozahn (1393,67 N), Wolceram (1146,33 N) ve en son olarak In-Ceram Zirconia (1059,67 N) grubu takip etmiştir.

Gruplara ait ANOVA analizi sonucunda, kırılma direnci değerlerinin anlamlı şekilde farklı olduğu bulunmuştur ($p < 0.001$) (Tablo 4).

Örnekler iki tip kırılma göstermiştir. Blok kullanan sistemlerde oklüzal yüzeyde veneer porseleni kırılması izlenirken, ZTA grubu materyal kullanan In-Ceram Zirconia ve Wolceram grubundaki örneklerin tümü kor yapısı da dahil parçalanarak kırılmıştır.

Tablo 3. Grupların kırılma dirençlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri (Ort: ortalama, SS: standart sapma)

GRUP	Ort±SS
IN-CERAM ZIRCONIA	1059,69±34,97 ^a
WOL-CERAM	1146,33±59,40 ^b
ZIRKONZAHN	1393,67±39,91 ^c
CERCON	1507,83±81,62 ^d
EVEREST	1653,33±53,54 ^e

*Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.01$)

Tablo 4. Kırılma direnci değerlerine ait varyans analiz tablosu.

	KT	SD	KO	F	p
Gruplar Arası	1654976,00	4	413744,00	130,331	***
Gruplar İçi	79364,00	25	3174,56		
Toplam		29			

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0.001$

TARTIŞMA

Bu *in vitro* çalışmada, farklı yöntemlerle hazırlanan zirkonya altyapılı kuronların marjinal uyum ve kırılma dirençleri incelenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Dolayısıyla hipotez red edilmiştir.

Sabit protetik restorasyonların kenar uyumu, protezin klinik başarısında en önemli etkenlerden biridir. Özellikle subgingival olarak yerleştirilen kuronlarda, periodontal enfeksiyon ile kenar uyumu arasında son derece önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır.⁸⁻¹¹

Seramik materyali üstün estetik ve biyoyumluluk gibi özelliklerinden dolayı yaygın kullanım alanına sahiptir. Ancak kırılma olmaları, gerilim kuvvetlerine karşı zayıflıkları klinik kullanım alanlarını kısıtlayan ana faktörlerdir. Bu materyallerin klinik kullanıma uygun-

luklarının belirlenmesi için kırılma direnci testleri uygulanmaktadır.¹²⁻¹⁶

Zirkonya restorasyonların simantasyonu için kuron retansiyonu, marjinal uyumu ve kırılma direncini olumlu yönde etkilediğinden rezin esaslı simanlar daha çok tercih edilmektedir.^{17,18} Literatür incelendiğinde, adeziv fosfat monomeri (MDP) içeren yapıştırma sistemleri ve kumlama uygulanması Y-TZP seramiklerin simantasyonu için önerilmektedir.¹⁹ Quaa ve ark.²⁰, Panavia F 2.0 ile zirkonyum bağlanmasını değerlendirdikleri çalışmalarında, farklı yüzey uygulamaları arasında kumlama ile rezin bağlanmasının arttığını bildirmişlerdir. Wolfart ve ark.²¹, Variolink ve MDP içeren Panavia F simanların zirkonyum örneklerine uzun dönem bağlanmalarını test ettikleri çalışmalarında, alüminöz oksit ile kumlama ve Panavia kullanımını zirkonya restorasyonlar için önermişlerdir.

Bu çalışmada kırılma direnci ve marjinal uyum çalışmalarındaki ortak yaklaşımı takip etmek amacıyla örneklere alüminöz oksit kumlaması yapılmış ve MDP içeren Panavia rezin siman kullanımı tercih edilmiştir.

Marjinal uyum ölçümleri önceki çalışmalarda gibi optik mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir.²²⁻²⁵ Her ne kadar birçok çalışmada SEM kullanımı önerilse de, bu iki metod arasında istatistiksel olarak fark olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca optik mikroskop ölçüm metodu bir kırılma testi tasarlandığında hızlı, basit, tahrip edici olmayan ve etkili bir yöntemdir.²⁶

Wolfart ve ark.²⁷, marjinal uyum ile ilgili yapılan çalışmalarda elde edilen değerlerin 28 μ -160 μ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. 120 μ değeri literatürde genel kabul gören kritik sınır olarak bildirilmiştir.^{28,29}

Borba ve ark.³⁰, micro ct kullanarak ölçüm yaptıkları çalışmada marjinal açıklığı, 27 μ ile 99 μ arasında değişen oranlarda bulmuşlardır. Coli ve Karlsson³¹, santral ve premolar kuronlar için Denzir CAD/CAM ile HIPped zirkonyum bloktan hazırladıkları altyapıların internal ve marjinal uyumlarını silikon replika tekniği ile ölçtükleri *in vitro* çalışmada marjinal uyum değerini premolar kuronlar için 42 μ , santral kuronlar için ise 34 μ bulmuşlardır.

Bu çalışmadaki örneklere ait simantasyon öncesi marjinal uyum bulguları değerlendirildiğinde en başarılı uyum değeri Everest grubuna ait örneklerde (24,80 μ) tespit edilmiştir. Bunu Cercon, Wolceram, Zirkozahn ve InCeram Zirconia gruplarına ait örnekler takip etmiştir. Üretim metodları dijitalden geleneksele doğru gittikçe marjinal uyumsuzluk artmaktadır. Buna rağmen elde edilen değerler kabul gören kritik sınır değerinin altında yer almaktadır.



Everest grubuna ait örneklerden elde edilen bulgular Okutan ve ark.³² Everest CAD/CAM sistemi kullanarak pre-sintered Everest HPC zirkonya blokları kullandıkları çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada, üretim kısmı dijital, dizayn kısmı manuel olan Cercon grubundaki örneklere ait değerler (54,29 μ) marjinal uyum açısından ikinci sırada yer almıştır. Bu sistemde Everest sisteminden farklı olarak day üzerine altyapıyı temsilen bir modelaj yapılmaktadır. Sistem tarafından taranan bu örnekten elde edilen veri fabrikasyon bloktan aşındırma yöntemi ile restorasyonun hazırlanmasında kullanılmaktadır. Fabrikasyon blok kullanımı ve üretimin dijital olarak yapılması gibi avantajlara karşın, dizayn aşamasında klasik yöntem izlenmiş olması Everest grubu ile olan farkı açıklamaktadır. Komine ve ark.³³, Cercon örnekler kullanarak yaptıkları çalışmada 121,5 μ 'luk marjinal uyum değeri bulmuşlardır, bu değer bizim bulgumuzdan yüksektir.

Wolceram sistemi In-Ceram Zirconia tozunu kullanarak elektroliz yoluyla üretim yapılan bir sistemdir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aynı materyalin klasik slip-cast yöntemi ile hazırlanana göre değerlerinin daha düşük (65,36 μ) olduğu gözlenmiştir. In-Ceram Zirconia sistemi ile üretim aşamaları kıyaslandığında fırınlama sayısı azdır ve ölçü ile revetman model elde etme işlemi yoktur. Aradaki farkın üretim yönteminde dezavantaj teşkil edecek basamakların azalmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Zirkonzahn grubuna ait bulgular (71,89 μ) 4. sırada yer almaktadır. Bu yöntemde de day üzerinde rezin model elde edilmekte, bu model manuel bir yöntemle taranmaktadır. Sinterleme sonrası oluşacak büzülmeyi kompanse etmek amacıyla, restorasyon alt yapısı %25 daha büyük olacak şekilde, prefabrike bir bloktan, pantografi esasına dayanan cihazın bir operatör tarafından kullanımı ile kazanılmaktadır. Sistemde prefabrike blok kullanımı avantaj olarak düşünülse de rezin model hazırlanması ve sistemin hassasiyetinin mekanik bir yöntem taşıması dezavantaj olarak değerlendirilebilir.

Slip-cast yöntemi ile hazırlanan In-Ceram Zirconia grubuna ait marjinal uyum değerleri tüm gruplardan daha büyüktür (85,22 μ). Tekrarlanan fırınlamalar, revetman kullanımı sırasında tanecikler arasında boşluklar kalma ihtimali gibi klasik yöntemlere ait tüm dezavantajları taşımaktadır. Bu nedenle elde edilen verilerin diğer gruplardan büyük olduğu düşünülebilir.

Simantasyon sonrası yapılan ölçümler değerlendirildiğinde grupların marjinal uyum açısından başarı

sıralaması değişmemiştir. En başarılı uyum değeri Everest grubuna ait örneklerde (41,86 μ) tespit edilmiştir. Bunu Cercon (76,80 μ), Wolceram (83,73 μ), Zirkonzahn (95,01 μ) ve In-ceram Zirconia (104,96 μ) örnekler takip etmiştir. Elde edilen değerler kabul gören kritik sınır değerinin altında yer almaktadır. Bununla birlikte simanın higrostatik basıncı nedeni ile mesafenin artmış olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada marjinal uyum ortalamaları simantasyon sonrası tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artış göstermiştir. Bu artış miktarı Beschnidt ve Strub²³ ile Wolfart ve ark.²⁷ nın bulguları ile uyumludur. Standart simantasyon koşullarını takiben elde edilen bulgular değerlendirildiğinde yapım yöntemlerinin marjinal uyum açısından önem taşıdığı düşünülebilir.

Örneklerin kırılma direnci sonuçları istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. En yüksek kırılma direncini Everest grubuna ait örnekler vermiştir (1653 N). Bunu sırası ile Cercon (1507 N), Zirkonzahn (1393 N), Wolceram (1146 N) ve en son olarak In-ceram Zirconia (1059 N) grubu takip etmiştir.

Görüldüğü üzere Y-TZP esaslı blok kullanılarak üretilen örnekler diğer iki gruba göre daha yüksek direnç değerleri vermiştir. Her ne kadar ortak terimler kullansalar da, ZTA grubu materyallerde direnç değerinin düşük olması doğaldır. Y-TZP seramikleri cam faz içermemektedir³⁴ ve prefabrike bloklar halinde kullanıldıkları için kütlelerindeki gözenekler veya diğer mikroyapısal düzensizliklerden arındırılmış haldedirler. Sonuç olarak, çok yüksek saflıkta, homojenlikte ve kalitede bir material olduğu aşikardır.³⁵ Hem yapısal farklılıklar hem de blok kullanımının bu farklılıkları oluşturduğunu, blok kullanan sistemler arasındaki farkın da üretim aşamalarındaki farklılıklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Lei ve ark.³⁶, In-ceram Zirconia tozu kullanarak deneysel bir yaklaşımla electrophoretic deposition tekniği ile hazırlanan örneklerle 3 nokta bükülme testi uygulamış ve 539 MPa değere ulaştıklarını bildirmişlerdir.

Zirkonzahn örneklerine ait kırılma direnci değerleri Alkurt'un³⁷ *in vitro* çalışmasındaki değerlerle uyumludur.

Bu çalışmada In-Ceram Zirconia grubundan elde edilen veriler (1059 N) Pallis ve ark.³⁸ çalışmasındaki 998-1183 N verilere benzerlik göstermektedir. Sundh ve Sjörgen³⁹, Cad Cam sistemi ile 0,5 mm kalınlığında hazırladıkları Y-TZP kor yapıları, Empres 2 ve aynı firmanın Eris porseleni ile kaplayarak kırılma direncini değerlendirmişlerdir. Kuron şekilli örnekleri

fosfat siman ile metal daylara simante etmişler ve örnekleri 37 °C derecede suda 24 saat boyunca beklettikten sonra 0,5 mm/dakika başlık hızıyla, 5 mm çapında çelik bilye ile kuvvet uygulamışlardır. Kırılma direnci değerlerini Empres 2 üstyapılı grup için 2226 N ve Eris üstyapılı grup için 2740 N olarak bildirmişlerdir.

Synder ve Hogg⁴⁰, prepare edilmiş molar şeklindeki titanyum daylar üzerine 5 farklı tam seramik sistemi (IPS Eris, Cerec In-lab Alumina koping, Cerec In-Lab Zirconia koping, Procera All-Ceram Alumina koping ve Procera Zirconia) ile eşit boyutlu kuronlar hazırlamışlar ve zirkonyum altyapılı Procera Zirconia kuronların en yüksek kırılma direnci değerini (420,37 KgF) gösterdiğini bildirmişlerdir. Steyern ve ark.⁴¹, standart preparasyon uygulanan metal daylar üzerine hazırlanan alümina ve zirkonyum altyapılı tam seramik kuronları, suda bekletme, ön yükleme, termal siklus (5-55 °C) gibi farklı uygulamalara tabi tutmuşlar, 2.5 mm çapında çelik bilye ile 0.255 mm/dakika başlık hızında görsel başarısızlık oluşana kadar kuronlara kuvvet uyguladıktan sonra en yüksek kırılma direnci değerini ön yükleme yapılan zirkonyum altyapılı kuronların (1108N) gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada alümina altyapılı kuronlar yapısal olarak parçalanarak kırılırken bu çalışmada da olduğu gibi zirkonyum altyapılı kuronlarda, kuvvet uygulanan oklüzal alanda veneer materyalinde kırılma tespit edilmiştir.

Okutan ve ark.³², alt büyük azı üzerinde hazırladıkları Everest Y-TZP bloklardan hazırlanan kuronları kullanarak yaptıkları çalışmada kırılma direncini değerlendirmişler, cam iyonomer simanla yapıştırılan grubun kırılma direncini 1622 N, rezin siman ile yapıştırılan grubun kırılma direncini ise 1957 N olarak tespit etmişlerdir.

Potiket ve ark.⁴², doğal diş kullanarak hazırladığı metal altyapılı porselen ve farklı kor kalınlıklarındaki (0.4 mm ve 0.6 mm) alümina ve zirkonyum (0,6 mm) altyapılı tam seramik kuronların kırılma dirençlerini sırası ile 405 N, 447 N, 476 N ve 381 N olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan tüm dişler, kırılma direncinin test edilmesi planlanan üstyapılarda herhangi bir hasar oluşmadan önce kole bölgelerinden kırılmıştır. Elde edilen değerler kullanılan doğal dişlerin kırılma direnç değerleridir.

Çalışmamızdaki venere edilen zirkonya altyapılı kuronlara ait kırılma direnci değerleri benzer test koşullarına sahip diğer birçok çalışmada bildirilen değerlerle uyumludur.^{17,32,40,43-46}

Dental yapılar çiğneme ve yutma sırasında oklüzal kuvvetlere maruz kalırlar. Fonksiyonel çiğneme

kuvvetleri genelde düşük olup, 2-150 N arasında değişmektedir.^{47,48} Diş sıkma ve gıcırdatma durumlarında değerler normal değerlerin 6 katına çıkabilmektedir.⁴⁹ Ferrario ve ark.⁵⁰, yaptıkları çalışmada ısırma kuvvetini 800-1000 N olarak bildirmişlerdir. Bu araştırmada kullanılan tam seramik kuronlardan elde edilen kırılma dayanıklılığı değerlerinin tümü (1059,67 N, 1146,33 N, 1393,67 N, 1507,83 N, 1653,33 N), ifade edilen en yüksek çiğneme kuvveti değerlerinin üzerinde bulunmuştur.

SONUÇ

Beş farklı yöntemle hazırlanan zirkonyum altyapılı kuronların marjinal uyum ve kırılma dirençlerinin *in vitro* olarak değerlendirildiği bu çalışmada sonuçlar şöyle bulunmuştur.

1. Tüm gruplardan, marjinal uyum açısından, literatürde kabul edilen klinik sınır değerinin altında ölçüm değerleri elde edilmiştir.

2. Gerek simantasyon öncesi gerek simantasyon sonrası, en başarılı marjinal uyum değeri, dizayn ve üretim kısmı dijital olan Everest grubuna ait örneklerden elde edilirken, tamamen geleneksel yöntemle elde edilen In-Ceram Zirconia grubuna ait örneklerde diğer gruplardan daha yüksek marjinal uyum değeri elde edilmiştir. Her iki ölçüm serisinde elde edilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur

3. Kırılma direnci açısından en yüksek değer, blok kullanan sistemlerden Everest grubuna ait örneklerden elde edilmiştir. Bunu sırası ile Cercon, Zirkozahn, Wolceram, In-Ceram Zirconia grubuna ait örneklerden elde edilen değerler takip etmiştir. Tüm gruplara ait kırılma direnç değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çıkar çatışması: Bu makale yazarlarından hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir. Bu çalışma daha önce herhangi bir bilimsel etkinlikte tebliğ edilmemiştir. Finansal destek bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Samorodnitzky-Naveh GR, Geiger SB, Levin L. Patients' satisfaction with dental esthetics. J Am Dent Assoc 2007; 138:805-8.
2. Zhang Y, Kelly JR. Dental ceramics for restoration and metal veneering. Dent Clin North Am 2017; 61:797-819.
3. Touati B, Miara P, Nathanson D. Esthetic dentistry and ceramic restorations. London, Martin Dunitz Ltd, 1999 :25-6.



4. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent* 2009; 4:130-51.
5. Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, Chung KH. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2012; 107:170-7.
6. Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, Torricelli P. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Imp* 2002; 17:793-8.
7. Özyer EK, Kahramanoğlu E, Akmansoy ÇŞ, Özkan YK. Zirkonyum destekli sabit protetik restorasyonlarda klinik başarı değerlendirme kriterleri. *Eur J Res Dent* 2019; 3:53-62.
8. Yüksel G, Çekiç C, Özkan P. Metal desteksiz porselen sistemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2000; 10:79-89.
9. Hummert T, Barghi N, Berry T. Postcementation Marginal fit of a new ceramic foil crown system. *J Prosthet Dent* 1992; 68:766-70.
10. Holmes JR, Sulik WD, Holland GA, Bayne SC. Marginal fit of castable ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1992; 67:594-9.
11. Sulaiman F, Chai J, Jameson LM, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of in-ceram, IPS empress and procera crowns. *Int J Prosthodont* 1997; 10:478-84.
12. Schmitter M, Mueller D, Rues S. In vitro chipping behavior of all-ceramic crowns with a zirconia framework and feldspathic veneering: comparison of CAD/CAM-produced veneer with manually layered veneer. *J Oral Rehabil* 2013; 40:519-25.
13. Lopez-Suarez C, Tobar C, Sola-Ruiz MF, Pelaez J, Suarez MJ. Effect of thermomechanical and static loading on the load to fracture of metal-ceramic, monolithic, and veneered zirconia posterior fixed partial dentures. *J Prosthodont* 2019; 28:171-8.
14. Güngör MB, Nemli SK. Fracture resistance of CAD-CAM monolithic ceramic and veneered zirconia molar crowns after aging in a mastication simulator. *J Prosthet Dent* 2018; 119:473-80.
15. Kheradmandan S, Koutayas SO, Bernhard M, Strub JR. Fracture strength of four different types of anterior 3-unit bridges after thermo-mechanical fatigue in the dual-axis chewing simulator. *J Oral Rehabil* 2001; 28:361-9.
16. Hwang JW, Yang JH. Fracture strength of copy-milled and conventional In-Ceram crowns. *J Oral Rehabil* 2001; 28:678-83.
17. Amaral R, Rippe M, Oliveira BG, Cesar PF, Bottino MA, Valandro LF. Evaluation of tensile retention of Y-TZP crowns after long-term aging: effect of the core substrate and crown surface conditioning. *Oper Dent* 2014 Nov-Dec; 39:619-26.
18. Burke FJ, Fleming GJ, Nathanson D, Marquis PM. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. *J Adhes Dent* 2002 Spring; 4:7-22.
19. Wegner SM, Kern M.. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2000; 2:139-47.
20. Quaas AC, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent Mater* 2007; 23:506-12.
21. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007; 23:45-50.
22. Beuer F, Aggastaller H, Edelhoff D, Gernet W, Sorenson J. Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers. *Dent Mater* 2009 Feb; 25:94-102.
23. Beschmidt SM, Strub JR. Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. *J Oral Rehabil* 1999 Jul; 26:582-93.
24. Kohorst P, Brinkmann H, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Influence of the veneering process on the marginal fit of zirconia fixed dental prostheses. *J Oral Rehabil* 2010 Apr; 37:283-91.
25. Baig MR, Tan KB, Nicholls JI. Evaluation of the marginal fit of a zirconia ceramic computer-aided machined (CAM) crown system. *J Prosthet Dent* 2010 Oct; 104:216-27.
26. Groten M, Girthofer S, Pröbster L. Marginal fit consistency of copy- milled all ceramic crowns during fabrication by light and scanning electron microscopic analysis in vitro. *J Oral Rehabil* 1997; 24:871-88.
27. Wolfart S, Wegner SM, Al-Halabi A, Kern M. Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation. *Int J Prosthodont* 2003; 16:587-92.
28. McLean J.W, Von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique *Br Dent J* 1971; 131:107-11.
29. Suarez MJ, Villaumbrosia PG, Pradies G, Lozano JF. Comparison of the marginal fit of Procera Allceram



- crowns with two finish lines. *Int J Prosthodont* 2003; 16:229-32.
30. Borba M, Miranda WG, Cesar PF, Griggs JA, Bona AD. Evaluation of the adaptation of zirconia-based fixed partial dentures using micro-CT technology. *Braz Oral Res* 2013; 27:396-402.
31. Coli P, Karlsson S. Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping. *Int J Prosthodont* 2004; 17:59-64.
32. M. Okutan, G. Heydecke, F. Butz, J. R. Strub. Fracture load and marginal fit of shrinkage-free ZrSiO₄ all-ceramic crowns after chewing simulation *J Oral Rehabil* 2006; 33:827-32.
33. Komine F, Gerds T, Witkowski S, Strub J.R. Influence of framework configuration on the marginal adaptation of zirconium dioxide ceramic anterior four-unit frameworks. *Acta Odontol Scand* 2005; 63:361-66.
34. Sindel J, Petschelt A. Evaluation of subsurface damage in CAD/CAM machined dental ceramics. *J Mater Sci Mater Med* 1998; 9:291-95.
35. Probst L, Geis-Gerstorfer J, Kirchner E, Kanjantra P. In-vitro evaluation of a glass-ceramic restorative material. *J Oral Rehabil* 1997; 24:636-45.
36. Jin Lei, Wang Zhong-yi, Chen Liang-liang, Jia Jun, Wang Xiao-hui. Aqueous electrophoretic deposition fabricate all ceramic dental crown. *J US-China Med Sci* 2007; 4:17-22.
37. Alkurt M, Duymuş ZY. Farklı kenar bitim ve alt yapı dizaynlarının çeşitli zirkonyum alt yapılar üzerindeki veneer porselenlerinin kırılma direncine etkisinin incelenmesi. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg* 2019; 29:268-76
38. Pallis K, Griggs JA, Woody RD, Guillen GE, Miller AW. Fracture resistance of three all-ceramic restorative systems for posterior applications. *J Prosthet Dent* 2004; 91:561-69.
39. Sundh A, Sjogren G. A comparison of fracture strength of yttrium-oxidepartially-stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thickness, shapes and veneer ceramics. *J Oral Rehabil* 2004; 31:682-8.
40. Snyder MD, Hogg KD. Load-to-fracture value of different all-ceramic crown systems. *J Contemp Dent Pract.* 2005; 6:54-63.
41. Vult Von Steyern P, Ebbesson S, Holmgren J, Haag P, Nilner K. Fracture strength of two oxide ceramic crown systems after cyclic pre-loading and thermocycling. *J Oral Rehabil* 2006; 33:682-9.
42. Potiket N, Chiche G, Finger IM. In vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2004; 92:491-5.
43. Sun T, Zhou S, Lai R, et al. Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. *Mech Behav Biomed Mater.* 2014; 35:93-101.
44. Lameira DP, Silva WAB, Silva FA, DeSouza GM. Fracture Strength of Aged Monolithic and Bilayer Zirconia-Based Crowns. *Bio Med Res Int* 2015 :1-7.
45. Kara D. Monolitik ve çift katmanlı zirkonya seramik kuronların kenar uyumlarının ve kırılmadirencilerinin in vitro olarak değerlendirilmesi. Doktora tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2016.
46. Sağsöz NP. Farklı siman aralıklarında hazırlanan CAD/CAM monolitik kuronların kırılma direncinin değerlendirilmesi. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2015.
47. Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function--A review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *Oral Rehabil* 1976; 3: 57-67.
48. Richter EJ. In vivo vertical forces on implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995; 10:99-109.
49. Gibbs CH, Mahan PE, Mauderli A, Lundeen HC, Walsh EK. Limits of human bite strength. *J Prosthet Dent* 1986; 56:226-9.
50. Ferrario VF, Sforza C, Zanotti G, Tartaglia GM. Maximal bite forces in healthy young adults as predicted by surface electromyography. *J Dent* 2004; 32:451-7

Sorumlu Yazarın Yazışma Adresi

Dr. Öğr. Üy. Baykal Yılmaz
Adnan Menderes Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
09100 Aydın-TÜRKİYE
Tel: +90 256 213 63 47
Fax: +90 256 215 19 18
e-mail: baykalyilmaz@hotmail.com

