

Farklı üretim teknikleri ile elde edilen Cr-Co metal-seramik örneklerin bağlanma dayanımının değerlendirilmesi*

Necla Demir(0000-0003-0927-6962)^α, Muhammet Karcı(0000-0002-7101-822X)^β

Selçuk Dent J, 2019; 6: 347-358 (Doi: 10.15311/selcukdentj.599621)

Başvuru Tarihi: 01 Ağustos 2019
Yayına Kabul Tarihi: 18 Eylül 2019

ÖZ

Farklı üretim teknikleri ile elde edilen Cr-Co metal-seramik örneklerin bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

Amaç: Dört farklı üretim tekniği (döküm, tekrarlanan döküm, CAD-CAM ve seçici lazer sinterleme) ile elde edilen Cr-Co metal seramik örneklerin (n:10) farklı pH ortamlarındaki (pH:2.3 ve pH:6.5) yapay tükürükte farklı bekleme süreleri sonundaki bağlanma dayanımını değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler: Bu çalışmada 4 grupta toplam 200 Cr-Co metal seramik örnek 4 farklı teknik (döküm, tekrarlanan döküm, CAD-CAM ve seçici lazer sinterleme) ile hazırlanmıştır (n=10). Ayrıca SEM analizinde kontrol grubu olarak kullanılmak üzere Cr-Co metal alaşım örneklerinden 1'er adet her grup için üretilmiştir. Metal seramik örneklerin iki farklı pH ortamındaki (pH 2.3 ve pH 6.5) yapay tükürükte 15 ve 30 gün bekletilme sonrası makaslama bağlanma dayanımı ölçülmüştür. Her gruptan birer örnek taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi ile yüzey değişikliği ve kırılma morfolojisi açısından değerlendirilmiştir.

Bulgular: Bağlanma dayanımı bakımından seçici lazer sinterleme tekniği CAD-CAM ve tekrarlanan döküm tekniğinden daha iyi bulunmuştur. En yüksek bağlanma dayanımı değerini döküm tekniği göstermiştir. 2.3 pH değerinde daha düşük bağlanma dayanımı bulunmuştur. Her iki pH değerinde de 30 günlük bekleme süresinde, 15 günlük bekleme süresine göre daha düşük bağlanma dayanımı sonuçları bulunmuştur.

Sonuç: Döküm tekniği ilk tercih olmakla birlikte; seçici lazer sinterleme tekniği, CAD-CAM tekniğine kıyasla bağlanma dayanımı bakımından tercih edilebilir. Ortamın asiditesinin bekleme süresiyle doğru orantılı olarak materyalin direncini azalttığı sonucuna ulaşılabılır. Bu nedenle ani pH değişimlerine karşı metal-porselen ekspoz alanlarının ağızda bekletilmemesi gerektiği düşünülebilir.

ANAHTAR KELİMELER

Bağlanma dayanımı, CAD-CAM, iyon salınımı, metal-seramik, seçici lazer sinterleme

ABSTRACT

Evaluation of bond strength of Cr-Co metal-ceramic samples produced by different techniques

Background: In this study, the shear bond strength of the metal ceramic samples obtained by 4 different techniques (casting, repeated casting, CAD-CAM and selective laser sintering) were measured at 15 days and 30 days after immersed in the artificial saliva at two different pH (pH:2.3 ve pH:6.5) environments.

Methods: In this study, 200 Cr-Co metal ceramic samples in 4 groups were obtained by 4 different techniques (casting, repeated casting, CAD-CAM and selective laser melting). Four Cr-Co metal samples from each group were manufactured for SEM analysis as control groups. Ten samples from each group were determined for all groups (n=10). The shear bond strength of the metal ceramic samples were measured after immersed in artificial saliva at two different pH (pH 2.3 and pH 6.5) for 15 and 30 days. One sample from each group was evaluated by scanning electron microscopy (SEM) analysis in terms of surface change and fracture morphology.

Results: In terms of bond strength selective laser sintering technique found to be better than the CAD-CAM and repeated casting technique. The highest bond strength values were found for the casting technique (5.7 MPa). The shear bond strength was found to be lower at 2.3 pH value (2.7 MPa). The shear bond strength value was found to be lower for 30 days than 15 days at both pH values (3.6 MPa).

Conclusion: Besides the casting technique determined as the first preference, the selective laser technique can be preferred compared to the CAD-CAM technique in terms of shear bond strength. The acidity of the environment in direct proportion to the immersion period can both decrease the strength of the material. It was concluded that the metal-ceramic exposed areas should not be left in the mouth against the instant pH changes.

KEYWORDS

Bond strength, CAD-CAM, ion release, metal-ceramic, selective laser sintering

Günümüzde metal alaşımları; a. Pd (Palladyum) içeren ve Au (Altın) içeren soy metal alaşımları b. Nikel-Krom ve Kobalt-Krom baz metal alaşımları ve c. Titanyum ve Titanyum alaşımları olmak üzere O'Brien tarafından üç grupta sınıflandırılmıştır.¹ Geleneksel kobalt krom alaşımlarında %53-65 kobalt ile %27-32 oranlarında krom mevcuttur.²

Metal destekli seramik restorasyonlarda, alt yapı üretiminde kullanılan farklı üretim teknikleri mevcuttur. Yeni gelişen tekniklerle beraber CAD-CAM ile kazıma ve lazer sinterleme teknikleri, geleneksel döküm yöntemine alternatif olarak kullanılmaktadır.³ Diğer bir deyişle, dişhekimliğinde kullanılan metal ve metal alaşımlarının istenilen formda üretilmesi için

* Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından '17401098' proje numarası ile desteklenmiştir.

^α Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Konya

^β Alanya Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Antalya

geleneksel yöntemler ve bilgisayar destekli yöntemlerden faydalanılır.⁴ Geleneksel yöntemlerden günümüzde en çok kullanılanı döküm tekniğidir.⁵ Diş hekimliğinde kullanılan alaşımların yüzey gerilimi fazla olduğundan küçük restorasyonların argon atmosferinde elektrik arkı ile eritme yapan vakum altında çalışan döküm sistemi ile dökümü mümkünken, büyük restorasyonların dökümünde santrifüjlü döküm makineleri daha etkindir.⁴ Artık metalin yeni alaşımla birlikte kaç kez kullanılabilirliği ve bu tür tekrarlanan dökümler sonrası, fiziksel ve biyolojik özellikler yönünden klinik olarak kabul edilebilir dökümlerin elde edilip edilemeyeceği konularında net bilgiler mevcut değildir.⁶ Önceden dökülmüş "artık" metal ile birlikte, bir miktar yeni metalin kullanılması yaygın bir uygulamadır. Bu sayede, alaşımın önceki döküm işlemleri sırasında kaybettiği veya zarar gören bileşenlerinin telafi edilmesi amaçlanmaktadır.⁷

Bilgisayar destekli yöntemler; CAD-CAM ve hızlı prototipleme yöntemleridir.⁸ Diş hekimliğinde CAD-CAM ile üretilen restorasyonlardan beklentiler ticari olarak üretilmiş prefabrike bloklar kullanılarak daha yüksek ve homojen kalitede restorasyonların eldesi ve üretim maliyetinin düşürülmesidir.⁹ Selektif (Seçici) Lazer Sinterleme cihazlarında üretilen metal alt yapılarda, döküm esnasındaki büzülme ortadan kalkmaktadır. Bu alt yapıların boyutsal stabilizasyonları ile çok üyeli restorasyonlar destek dişler üzerine pasif olarak yerleşmektedir.¹⁰

Ağız ortamındaki normal tükürük pH sı 6.8-7.2 dir, yenilen gıdalar ve içeceklerle ağız ortamının pH sı kolaylıkla düşüp yükselebilir.¹¹ Yapılan çalışmalar asidik ortamın korozyon prosesini hızlandırdığını göstermiştir, bu nedenle genel ve ekstrem pH değişikliklerinin farklı metal alaşımlarının seramikle olan bağlanma dayanımına olan etkisini anlamak gerekir.¹² Metal-seramik arayüzündeki iyonların interdifüzyonunu ve uygun oksit tabakasını etkileyen korozyon prosesi kimyasal ve mekanik bağlanmada önemli bir rol oynamaktadır.¹³

Metal ve seramik yüzey arasındaki bağlanma dayanımını tam olarak anlayabilmek için bağlanma yüzeyinin morfolojisi, oksit tabaka ve metal-seramik arayüzünün değerlendirilmesi gerekir. Seramikle metal altyapı arasındaki bağlanma direncini arttırmaya yönelik çalışmalar olmasına rağmen, klinik koşullarda metal-seramik fraktürlerine rastlamak mümkündür.¹⁴ Klinik çalışmalardan elde edilen verilere göre, metal-seramik restorasyonlarda 10 yıllık kullanımın üzerinde fraktür görülme sıklığı %5-10 olarak kaydedilmiştir.¹⁵ Metal-seramik bağlantısı için muhtemel başarısızlık tipleri metal-seramik başarısızlığı, metal oksit-seramik başarısızlığı, seramik içinde koheziv başarısızlık, metal-metal oksit başarısızlığı, metal oksit-metal oksit başarısızlığı, metal içinde koheziv başarısızlıktır.¹ Metal ve seramik arasındaki uygun bir bağlantıda koheziv başarısızlık metal veya seramik içerisinde meydana gelirken, adeziv başarısızlık seramik-metal ara yüzeyinde meydana gelir. Koheziv başarısızlık genellikle altın alaşımlarda, adeziv başarısızlık ise soy olmayan alaşımlarda meydana gelir.¹⁶ Kombine başarısızlık tipi ise, adeziv ve koheziv başarısızlığın birlikte görüldüğü durum olarak tanımlanmıştır.¹⁷ O'Brien'in sınıflandırmasına göre, kırılmanın hangi tabakaları içerdiğine bakılarak başarısızlığın porselen yapısındaki mikrodefektlerden, kalın bir oksit formasyonu nedeni ile yetersiz metal-seramik bağlantısından, metal veya seramiğin ince ve gereken kalınlıkta hazırlanmamış olmasından kaynaklanmış olabileceğini tespit etmek mümkündür.¹⁸ Adeziv modda kırılma, metal seramik arasında görülen bir kırılma tipidir.¹

Bu doğrultuda çalışmamızın amacı; farklı üretim teknikleri (döküm, tekrarlanan döküm, CAD-CAM ve seçici lazer sinterleme) ile elde edilen Cr-Co metal seramik örneklerin farklı pH ortamlarındaki (pH:2.3 ve pH:6.5) yapay tükürükte farklı bekletme süreleri (15 gün ve 30 gün) sonundaki makaslama bağlanma dayanımını değerlendirmektir. Çalışmamızın sıfır hipotezi, Co-Cr alaşımların seramikle bağlanma dayanımının üretim tekniği, pH ve bekletme süresinden etkilenmeyeceğidir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Her bir üretim tekniğinde; pH 2.3 ve pH 6.5 yapay tükürük solüsyonları için makaslama bağlanma dayanımının değerlendirilebilmesi için kontrol grubu da dahil her grupta 10 adet metal-seramik örnek olmak üzere toplam 20 grupta 15 günlük ve 30 günlük örnekler birbirinden ayrı olarak toplam 200 Cr-Co metal seramik örnek hazırlandı (Tablo 1). Çalışmamızda 4 farklı üretim tekniği (döküm, tekrarlanan döküm, CAD-CAM ve seçici lazer sinterleme) ile elde edilen Cr-Co metal seramik örnekler iki farklı pH ortamındaki (pH 2.3 ve pH 6.5) yapay tükürükte 15 gün ve 30 gün bekletildi. Ayrıca SEM analizinde değerlendirilmek üzere Cr-Co metal alaşım örneklerinden 1'er adet olmak üzere toplamda 4 adet örnek ayrıca hazırlandı.

Tablo 1.

Gruplara göre örnek sayısı

TEKNİK	2.3 pH		6.5 pH		KONTROL
	15 GÜN	30 GÜN	15 GÜN	30 GÜN	
DÖKÜM	10	10	10	10	10
TEKRARLANAN DÖKÜM	10	10	10	10	10
CAD-CAM	10	10	10	10	10
SEÇİCİ LAZER SİNERLEME	10	10	10	10	10

Çapı 1 cm kalınlığı 2.5 mm olan Cr-Co örnekleri elde etmek için mum ve geçici akrilik diskten örnek modeller hazırlandı. Döküm yöntemiyle hazırlanan modeller döküm manşetine alındı. İndüksiyon fırınının (Nautilus CC Plus, Bego, Almanya) döküm haznesine Cr-Co alaşımı Microlit ISI (Schütz Dental, Almanya) yerleştirildi. 1470 °C de döküm işlemi gerçekleştirildi. Revetman artıklarını uzaklaştırmak için önce 250 µm, sonra da 110 µm'lik alüminyum oksit partikülleri (Korox, Bego, Bremen, Almanya) kullanılarak kumlama yapıldı. Tekrarlanan döküm tekniği ile elde edilecek örnekler; döküm yöntemiyle benzer şekilde olup, ilk dökümden artan metal tozları yeni metal tozlarına ½ oranında karıştırılarak elde edildi. CAD-CAM örnekler için, geçici akrilik materyalinden elde edilmiş disk şeklindeki örnek model tarandı (Dwos, Dental-Wings 3D Scan, Kanada). Tarama ile elde edilen veri bilgisayar ortamına Yenadent Cam 4.0 programı (Dwos, Dental-Wings, Kanada) kullanılarak aktarıldı. Milleme cihazına (Fedi18, Mariotti, İtalya) CopraBond K disk (Whitepeaks Dental Solutions GmbH & Co, Almanya) yerleştirildi ve Co-Cr örnekler üretildi. Üretilen örnekler 50 µm'lik Al₂O₃ partikülleri (Korox, Bego, Bremen, Almanya) ile 2 atm basınçla 3 cm mesafeden kumlandı. Seçici lazer sinterleme tekniğiyle önceden hazırlanmış modeller tarama cihazında (Dwos, Dental-Wings 3D Scan, Kanada) taranarak Laser Power Monitörleme (LPM) (Dwos, Dental-Wings, Kanada) programına aktarıldı. Cr-Co tozu (EOS CobaltChrome SP2, Münih, Almanya) kullanılarak lazer sinterleme cihazının (EOSINT M270, Münih, Almanya) Yb-Fiber lazer ucu ile 500 µm' luk tabakalar oluşturuldu ve böylece örnekler elde edildi.

Üstyapı seramik uygulamasından önce örnekler basınçlı sıcak buhar veren bir cihazla (Triton SLA, BEGO, Almanya) 15 saniye temizlendi ve çapı 5 mm ve yüksekliği 2 mm olacak şekilde opak ve dentin üst yapı seramiği (Kuraray Noritake Dental Inc, Tokyo, Japan) tabakalama yöntemi ile toz ve likit üretici firma talimatları göz önüne alınarak uygulandı. Seramik yığma işlemi tamamlandıktan sonra üretici firma talimatlarına uygun bir şekilde pişirme işlemi gerçekleştirildi (Tablo 2).

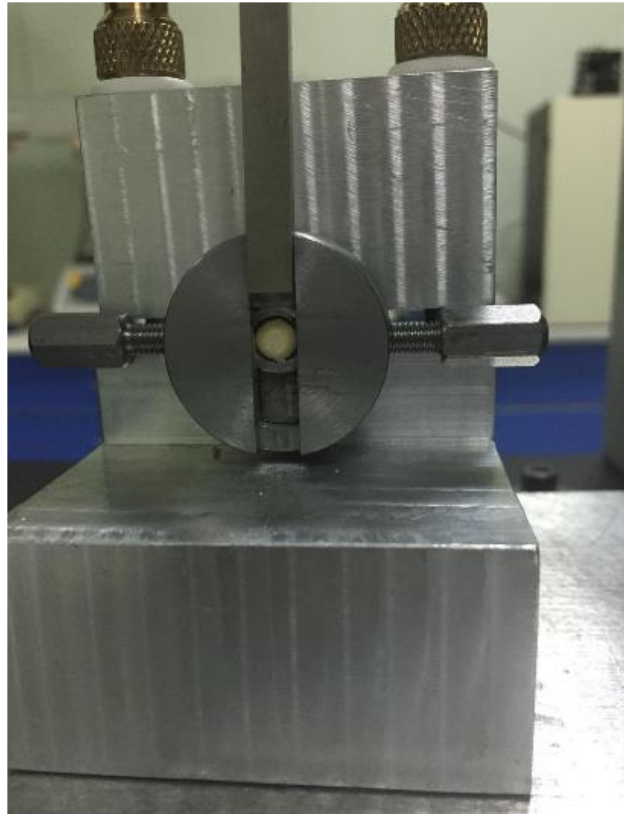
Tablo 2.

Opak ve dentin seramiğinin pişirilme sıcaklık ve süreleri

	En yüksek sıcaklığı (°C)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Başlangıç sıcaklığında bekleme süresi (dk)	Vakum süresi (dk)	Vakum başlanğıcı	Vakum bitişi (°C)
Opak seramiği	980	500	8	1	500	980
Dentin seramiği	935	600	10	0	600	925

pH 2.3 ve pH 6.5'a sahip yapay tükrük solüsyonları Mutlu-Sagesen ve ark.¹⁹ belirttiği formülasyona göre hazırlandı. Her bir örnek ayrı ayrı polipropilen tüplerde 5 ml'lik solüsyonlara) batırıldı. Tüpler standardizasyon için test boyunca 37°C'de laboratuvar fırınında (etüv) bekletildi. Örnekler bıçak sırtı şeklinde sonlanan metal uç seramik-metal ara yüzeyine paralel olarak şekilde makaslama bağlanma dayanımı için universal test cihazına (TSTM 02500, Elista Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) yerleştirildi. Daha sonra ara yüzeye dakikada 0.5 mm hızla ayırma kuvveti uygulandı (Resim 1). Seramiğin metal yüzeyinden ayrıldığı andaki kuvvet değeri Newton (N) biriminden elde edildikten sonra yüzey alanına bölünerek MPa'ya çevrildi. Kırılan örneklerin başarısızlık tipleri ışık mikroskobu (Novel Xsz N107, Kocintok, Ankara, Türkiye) ile incelendi.

Örneklerin SEM görüntülerinin incelenmesi işlemi için Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi SEM Laboratuvarında bulunan SEM cihazı FEI (Quanta FEG-250) kullanılmıştır.



Resim 1.

Makaslama bağlanma dayanımının ölçülmesi

İstatistiksel Analiz

Bağlanma dayanımı verileri IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Teknik, pH ve gün açısından bağlanma kuvveti ortalama değerlerinin karşılaştırılması için Univariate varyans analizi tekniği kullanıldı. Çoklu karşılaştırma testlerinden ise Tukey HSD tercih edildi. Analiz sonuçları ortalama \pm standart sapma olarak sunuldu. Önem düzeyi $p=0.05$ olarak alındı.

BULGULAR

Bağlanma kuvveti üzerinde metal altyapıların üretim tekniği, pH ve bekletme süresi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Cr-Co alaşımların üretim teknikleri incelendiğinde, CAD-CAM tekniği için ortalama değer 3.2 MPa, tekrarlanan döküm için 3.3 MPa, döküm için 5.7 MPa ve lazer için de 3.6 MPa olarak elde edilmiştir (**Grafik 1**). Döküm tekniğinin ortalama bağlanma dayanımı değeri diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. En yüksek ortalama bağlanma kuvveti değeri döküm tekniğinde elde edilmiştir. 2.3 pH için ortalama değer 2.7 MPa iken, 6.5 pH için 5.2 MPa olarak elde edilmiştir. Bekletme süresine ait değerler de bağlanma kuvveti üzerinde anlamlı etkiye sahiptir ($p=0.027$). 15. günde ortalama bağlanma kuvveti değeri 4.3 MPa iken, 30. günde bu değer 3.6 MPa olarak elde edilmiştir. Teknik ve pH etkileşimi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$). Teknik*gün, pH*gün ve teknik*pH*gün etkileşimleri ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p değerleri sırasıyla 0.560, 0.281 ve 0.942`dir). Tekrarlanan döküm, lazer sinterleme ve CAD-CAM tekniklerinin 2.3 pH uygulamalarında elde edilen ortalama bağlanma kuvveti değerleri arasında fark yoktur ve bu ortalama değerler diğer gruplardan istatistiksel olarak daha düşük elde edilmiştir ($p<0.05$). Üretim tekniklerinin pH ile etkileşimlerinden elde edilen ortalama bağlanma kuvveti değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$). Genel itibarıyla bağlanma dayanımı bakımından sıralama; Döküm > Lazer >CAD-CAM > Tekrarlanan Döküm olarak bulunmuştur. Makaslama bağlanma dayanımı testi sonucunda oluşan her örnek grubu için kopma tipleri **Tablo 3**'de gösterildiği gibidir. Metal-seramik kopma tipleri Trinoküler Invert Metal Mikroskobu (SOIF XJP-6A Model, Boeco, Hamburg, Germany) kullanılarak x40 büyütmede incelendiğinde büyük oranda adeziv kırık tipi daha az oranda kombine kırık gözlenmiştir. Koheziv tipte kırık gözlemlenmemiştir.

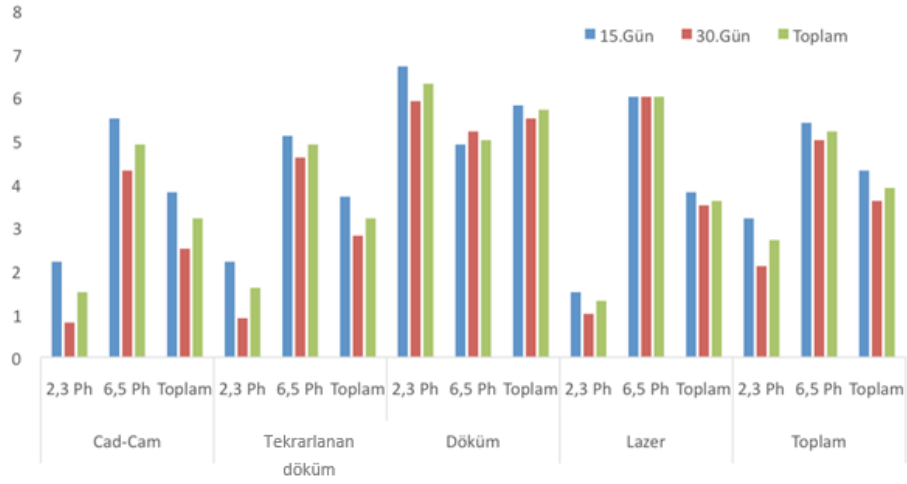
Tablo 3.

Opak ve dentin seramiğinin pişirilme sıcaklık ve süreleri

Döküm	15 gün	2.3 pH	0	1	5
		6.5 pH	0	3	3
	30 gün	2.3 pH	0	5	1
		6.5 pH	0	5	1
Tekrarlanan döküm	15 gün	2.3 pH	0	3	3
		6.5 pH	0	3	3
	30 gün	2.3 pH	0	5	1
		6.5 pH	0	5	1
CAD-CAM	15 gün	2.3 pH	0	5	1
		6.5pH	0	6	0
	30 gün	2.3 pH	0	6	0
		6.5 pH	0	6	0
Seçici lazer	15 gün	2.3 pH	0	5	1
		6.5 pH	0	5	1
	30 gün	2.3 pH	0	4	2
		6.5 pH	0	6	0

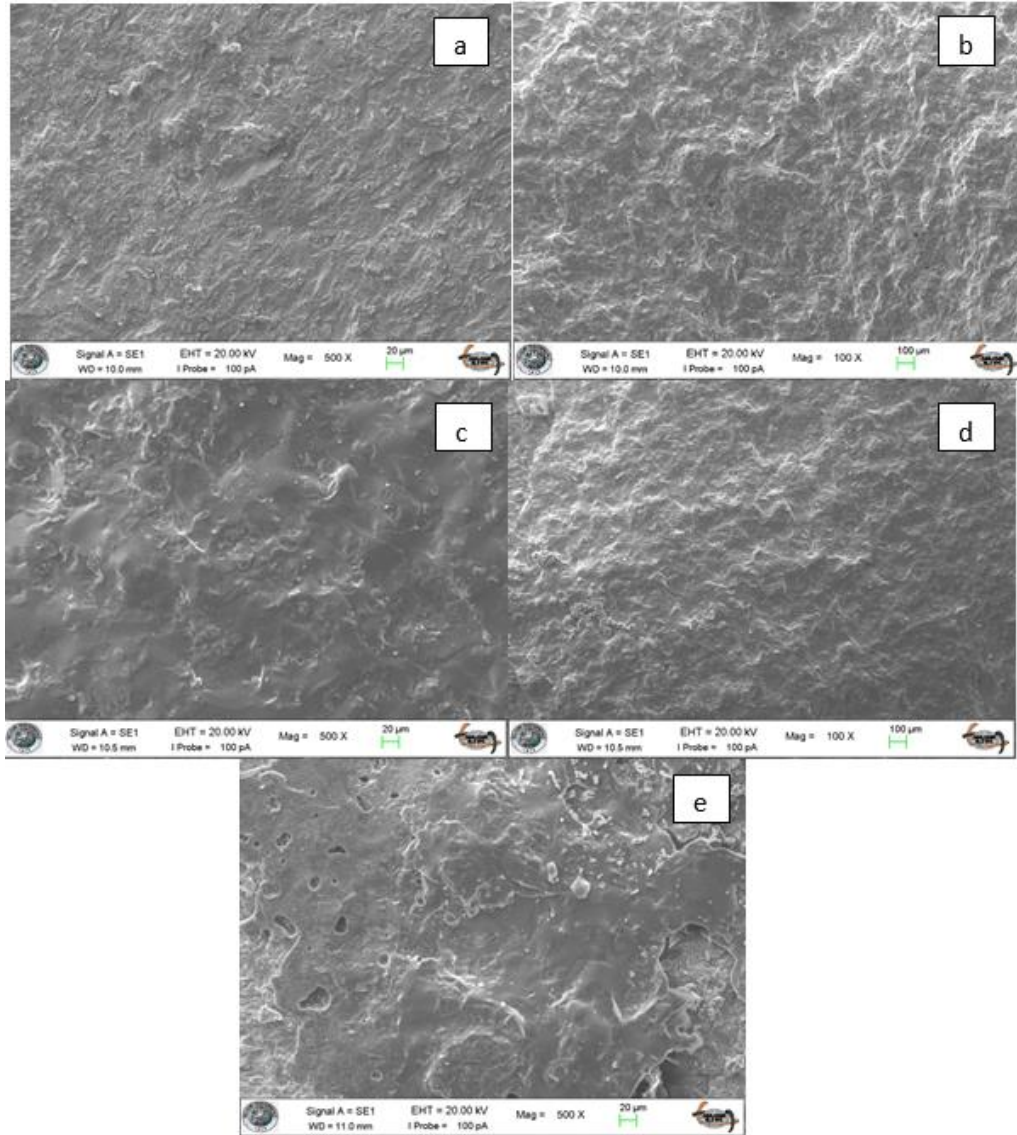
SEM Bulguları

2.3 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 2a**) döküm tekniğiyle üretilen örneklerde kontrol grubuna göre (**Resim 2b**) dentritik poroz mikroyapı görülmekle birlikte bu görüntü 30 günlük (**Resim 2c**) örneklerde daha pürüzlü bir görüntüye yerini bırakmaktadır. 6.5 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 2d**) döküm tekniğiyle üretilen örneklerde poroz yapı dikkat çekerken bu görüntü 30 günlük (**Resim 2e**) örneklerde daha globüler bir hal almıştır. 2.3 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 3a**) seçici lazer tekniğiyle üretilen örneklerde kontrol grubuna göre (**Resim 3b**) daha düzensiz globüler mikroyapı görülmekle birlikte bu görüntü 30 günlük (**Resim 3c**) örneklerde daha kompakt homojen bir görüntüye yerini bırakmaktadır. 6.5 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 3d**) seçici lazer tekniğiyle üretilen örneklerde poroz yapı dikkat çekerken bu görüntü 30 günlük örneklerde (**Resim 3e**) daha homojen bir hal almıştır. 2.3 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 4a**) tekrarlanan döküm tekniğiyle üretilen örneklerde kontrol grubuna göre (**Resim 4b**) dentritik globüler mikroyapı görülmekle birlikte bu görüntü 30 günlük (**Resim 4c**) örneklerde daha şerit halinde dentritik bir görüntüye yerini bırakmaktadır. 6.5 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 4d**) tekrarlanan döküm tekniğiyle üretilen örneklerde poroz yapı dikkat çekerken bu görüntü 30 günlük örneklerde (**Resim 4e**) daha heterojen bir hal almıştır. 2.3 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 5a**) CAD-CAM tekniğiyle üretilen örneklerde kontrol grubuna göre (**Resim 5b**) globüler mikroyapı görülmekle birlikte bu görüntü 30 günlük (**Resim 5c**) örneklerde daha homojen bir görüntüye yerini bırakmaktadır. 6.5 pH yapay tükrükte 15 gün bekletilen (**Resim 5d**) CAD-CAM tekniğiyle üretilen örneklerde küçük globüler homojen yapı dikkat çekerken bu görüntü 30 günlük (**Resim 5e**) örneklerde bu yapı daha düzensiz homojen bir hal almıştır.



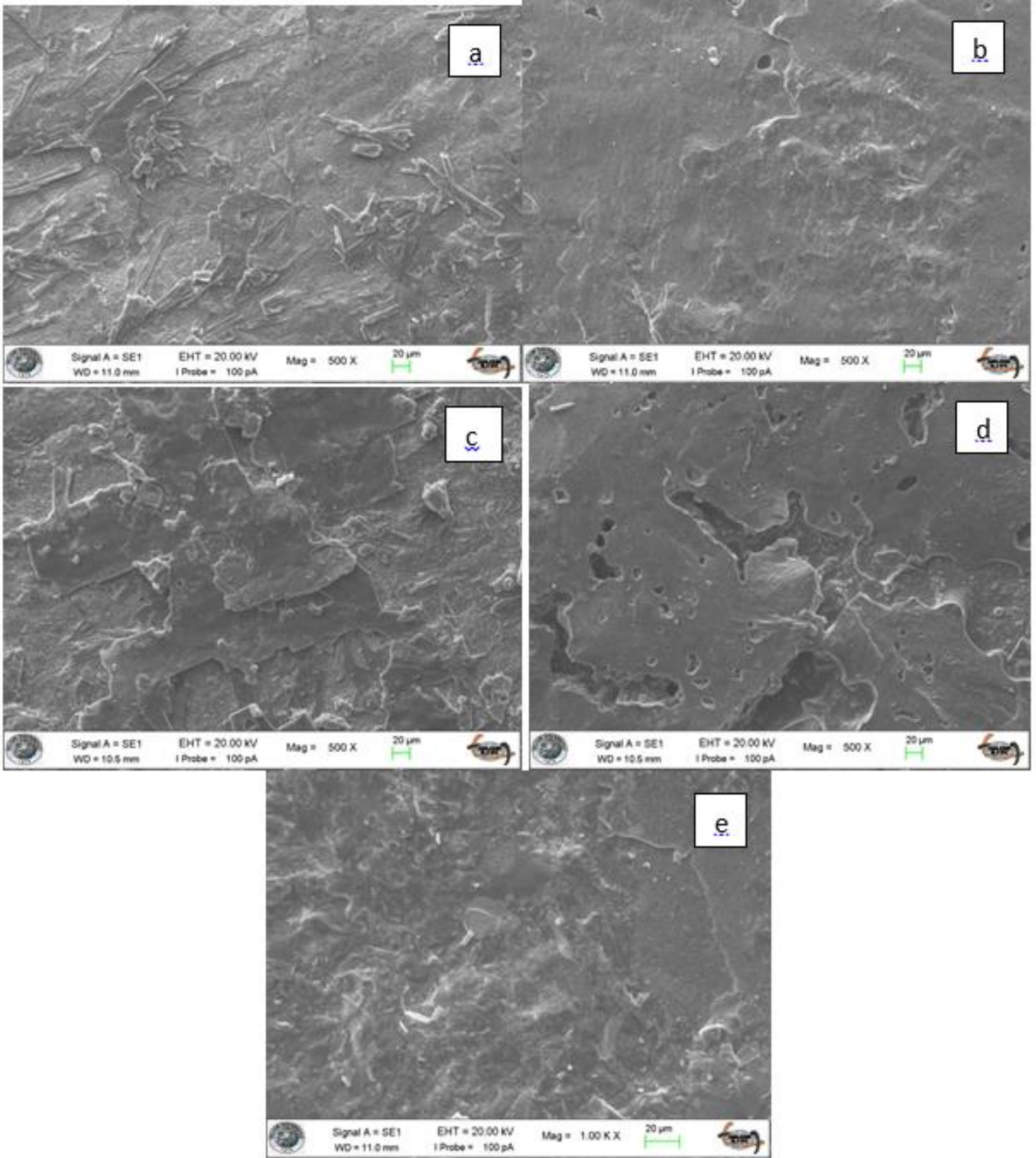
Grafik 1.

Ortalama bağlanma dayanımı değerleri (MPa)



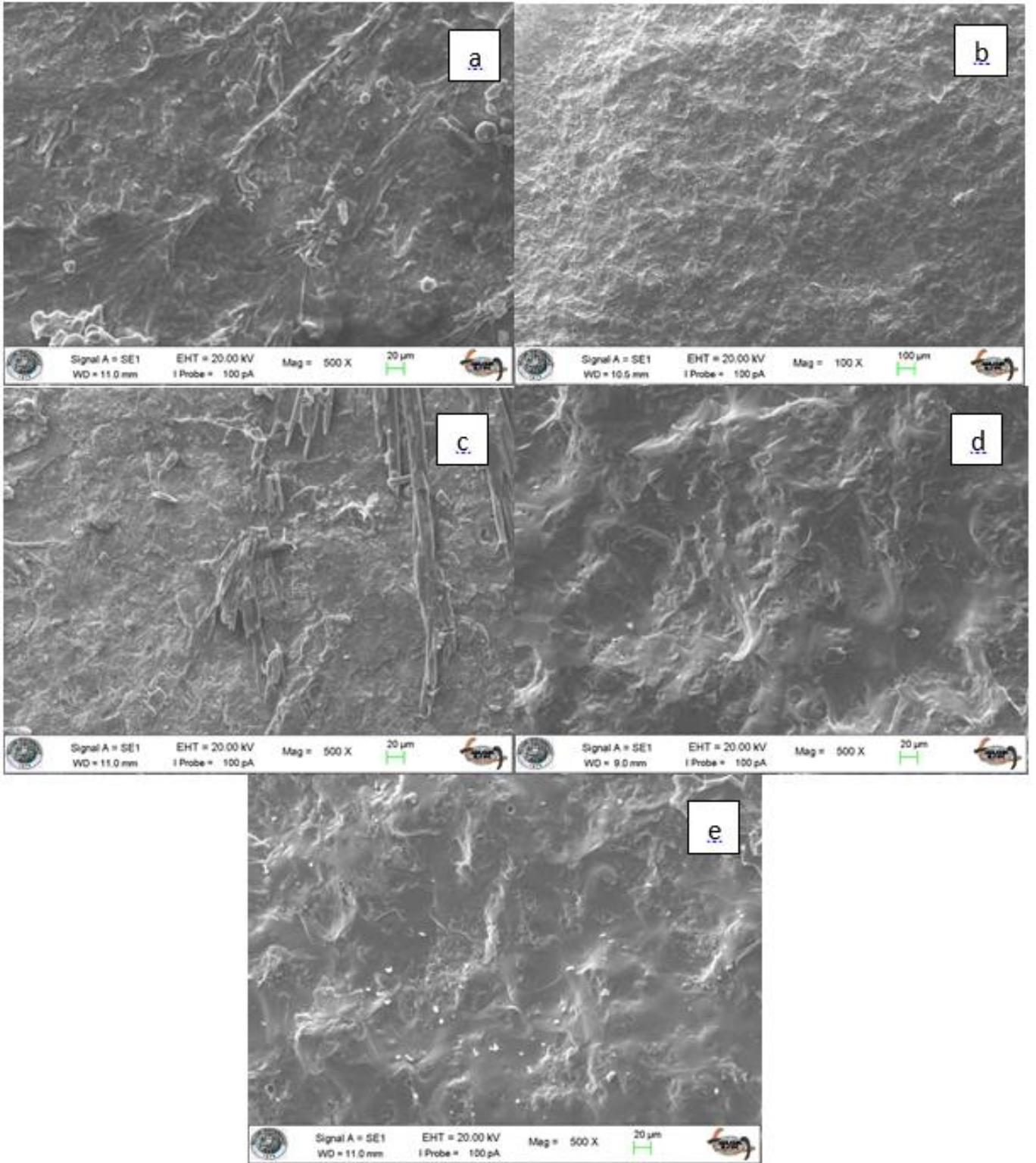
Resim 2.

Geleneksel döküm yöntemiyle hazırlanan örneklerle ait SEM görüntüleri (x500 büyütme) **2a:** 2.3 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **2b:** Kontrol grubu, **2c:** 2.3 pH'da 30 gün bekletilen örnekler, **2d:** 6.5 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **2e:** 6.5 pH'da 30 gün bekletilen örnekler



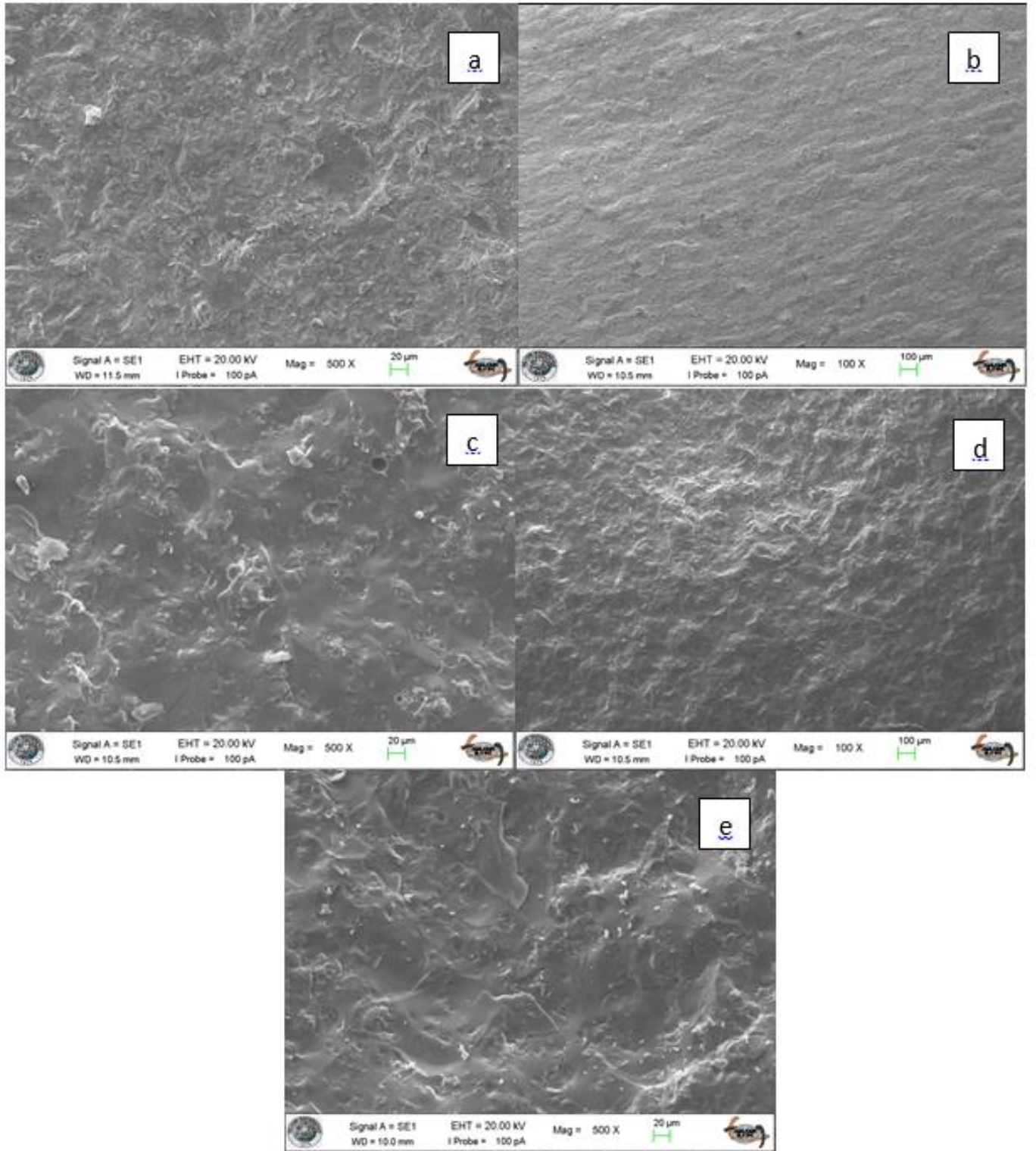
Resim 3.

Seçici lazer tekniğiyle üretilmiş örneklere ait SEM görüntüsü (x500 büyütme) **3a**: 2.3 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **3b**: Kontrol grubu, **3c**: 2.3 pH'da 30 gün bekletilen örnekler, **3d**: 6.5 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **3e**: 6.5 pH'da 30 gün bekletilen örnekler



Resim 4.

Tekrarlanan döküm tekniğiyle üretilmiş örneklere ait SEM görüntüsü (x500 büyütme) **4a:** 2.3 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **4b:** Kontrol grubu, **4c:** 2.3 pH'da 30 gün bekletilen örnekler, **4d:** 6.5 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **4e:** 6.5 pH'da 30 gün bekletilen örnekler



Resim 5.

CAD-CAM tekniğiyle üretilmiş örneklere ait SEM görüntüsü (x500 büyütme) **5a**: 2.3 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **5b**: Kontrol grubu, **5c**: 2.3 pH'da 30 gün bekletilen örnekler, **5d**: 6.5 pH'da 15 gün bekletilen örnekler, **5e**: 6.5 pH'da 30 gün bekletilen örnekler

TARTIŞMA

Protetik restorasyonlarda kullanılan metal alaşımları mekanik açıdan olumlu özellikler sergilese de, biyolojik olarak taşıdıkları riskler ve seramik bağlantısı bakımından günümüzde hala incelenmeyi gerektirmektedirler. Metalik restorasyonlar yüzyıllardır kayıp-mum tekniğiyle geleneksel döküm ile üretilmişlerdir. Ama bu tekniğin kalitesi uzun komplike ve farklı komplikasyonlarla sonuçlanabilecek çeşitli basamaklara bağlıdır. Bu nedenle bu tekniğe alternatif teknikler tanıtılmıştır.²⁰ Son yıllarda gelişen teknolojilerle beraber bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (computer aided design/computer aided manufacture, CAD-CAM) ve Lazer Sinter (LS) teknikleri metal alt yapı üretiminde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.⁷ Yeni geliştirilmiş bir diğer metot da direkt seçici lazer sinterleme (DMLS) yöntemidir.^{17,21-23} Bu gelişmeler doğrultusunda çalışmamızda bu tekniklerin kıyaslaması yapılmıştır.

Co-Cr alaşımların bağlanma dayanımı üretim tekniği, pH ve bekletme süresinden etkilendiği için çalışmanın sıfır hipotezi reddedilmiştir. Günümüzde sıklıkla kullanılan Co-Cr alaşımları üzerinde daha fazla çalışma ihtiyacı görülerek bu çalışmada Co-Cr alaşımı tercih edildi. Bir metal-seramik restorasyonun başarısı porselen ve metal altyapı arasındaki bağlanma dayanımına bağlıdır.²⁴ Metal-seramik bağlantısının değerlendirilmesinde çekme, mikroçekme, makaslama (shear) ve 3-4 nokta eğme bağlanma dayanımı testleri gibi mekanik testler kullanılır.²⁵ Lombardo ve ark.'nın²⁵ ve Hammad ve ark.'nın²⁶ yapmış olduğu çalışmalarda, makaslama testinde iletilen kuvvetin doğrudan metal-seramik bağlantı yüzeyine uygulanabilmesini sağladığı için metalin elastisite katsayısından etkilenmeyeceğini ve bu testin bağlanma dayanımı çalışmalarında kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar dikkate alınarak, bu çalışmada da makaslama bağlanma dayanımı testi tercih edildi.

Kurtulmuş ve ark.'nın²⁷ yaptığı çalışmada, oksit tabakası kalınlığında artma olması ile tekrarlanan döküm örneklerin bağlantı direnci bizim çalışmamıza benzer şekilde döküm örneklerden daha az bulunmuştur. Prat ve ark.²⁸ yaptıkları çalışmada, bizim çalışmamıza benzer şekilde termal siklus uygulamamış döküm ve lazer metal seramik örneklerde bağlanma dayanımı arasında anlamlı fark bulmuşlardır. Döküm örneklerin bağlanma dayanımı bizim çalışmamıza benzer şekilde lazer örneklerden daha yüksek elde edilmiştir. Işık ve ark.'nın yaptığı çalışmada bağlanma dayanımı en yüksek döküm grubunda, en düşük CAD-CAM milled grubunda bulunmuştur. Işık ve ark.²⁹, CAD-CAM ve lazer üretim tekniklerini bizim çalışma sonuçlarına benzer şekilde dental restorasyonların yapımında uzun yıllardır kullanılan döküm tekniğine iyi bir alternatif olarak sunmuşlardır.

Prat ve ark.²⁸; döküm, CAD-CAM ve lazer sinter ile üretilen Co-Cr alaşımlarının, termal siklus uygulanan ve uygulanmayan gruplarını karşılaştırmışlardır. Termal siklus uygulanmamış grupta bizim çalışmamıza benzer şekilde döküm tekniğiyle hazırlanmış örneklerin bağlantı değeri en yüksek bulunmuştur.

Stawarczyk ve ark.³⁰, çalışmalarında bilgisayar destekli ve konvansiyonel yöntemlerle üretilen Co-Cr-Mo metal alt yapıların bağlanma dayanımlarının benzer olduğunu belirtmişlerdir. Akova ve ark.²², döküm nikel-krom, döküm Co-Cr ve lazer sinter Co-Cr örneklerin bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark olmadığını belirtmiştir. Bu iki çalışmadan farklı olarak çalışmamızda farklı tekniklerle üretilmiş Co-Cr metal gruplarının bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark bulunmuştur.

Wang ve ark.³¹, lazer sinterleme yöntemiyle ürettikleri Co-Cr metal-seramik örneklerin bağlanma dayanımını normal döküm metal seramiklerin bağlanma dayanımına benzer bulup aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamışlardır. Bizim çalışmamızda ise döküm metal seramiklerin bağlanma dayanımını yine lazer yöntemiyle üretilen metal seramiklerin bağlanma dayanımı değeri takip etmektedir. Wang ve ark.'nın yaptığı bu çalışmada metal porselen ayrılma yüzeyleri bizim çalışmamızda olduğu gibi SEM ile değerlendirilmiştir.³¹ Bizim çalışmamızda olduğu gibi teknikler arasında anlamlı fark bulunmuş olup seçici lazer sinterleme tekniği döküm tekniğine alternatif olarak sunulmuştur. Wang ve ark.³¹ ve Zeng ve ark.³² bizim çalışmamızda olduğu gibi döküm, CAD-CAM milled ve seçici lazer eritme ile üretilen Cr-Co örneklerin metal-porselen oksidasyon yüzey morfolojilerini SEM analizi ile incelemişlerdir. SEM görüntüleri döküm örneklerde, bizim çalışmamızdaki döküm örneklere benzer şekilde dentritik globuler yapı gösterirken; lazer örnekler bizim çalışmamıza benzer şekilde daha homojen ve uniform bir görüntü sergilemiştir. Wang ve ark.³¹ çalışmasında bizim çalışmamıza benzer şekilde lazer ve CAD-CAM örneklerde metal-porselen bağlanma yüzeyleri kompakt ve irregular homojen SEM görüntüsü sergilemiş olup döküm örneklerde daha poroz ve heterojen SEM görüntüsü elde edilmiştir.

Hangwei ve ark. çalışmalarında, seçici lazer eritme tekniğini bizim çalışmamızda olduğu gibi iyi bir alternatif metal üretim tekniği olarak bulmuştur.³³ Wang ve ark.'nın³¹ çalışmasında olduğu gibi bizim çalışmamızda da döküm ve lazer örnekler arası bağlanma dayanımı önemli farklılık göstermiştir. Akova ve ark.²² döküm Co-Cr örnekler ve lazer sinter Co-Cr örneklerin bağlanma dayanımı arasında anlamlı fark bulmamışlardır. Bizim çalışmamızda farklı olarak döküm Co-Cr örnekler ve lazer sinter Co-Cr örnekler arasında anlamlı fark bulunmuş olup döküm Co-Cr örnekler daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir.

Akova ve ark.'nın yapmış olduğu çalışmada, Co-Cr döküm olan bütün örnekler kombine kırılma gösterirken lazer örnekler çalışmamıza benzer şekilde örneklerin yarısı adeziv yarısı kombine modda kırılma göstermiştir.²² Lazer sinter grubunda bu bağlanma tipinin görülmüş olması ve metal seramik ara yüzünü bozmamasından dolayı döküm alaşımlara alternatif lazer sinter tekniğini iyi bir alternatif olarak sunmuşlardır. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde lazer sinter tekniği tekrarlanan döküm ve CAD-CAM tekniğinden anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı değeri göstermiştir. Kırık oluşumu sadece makaslama etkisinden değil, eğilme etkisinin sonucu olarak ara yüzeyde meydana gelen çekme stresinden de kaynaklanır. Makaslama testlerinde bizim çalışmamızla da benzer şekilde yüksek oranda koheziv kırıklara rastlanmıştır.³⁴

Dental restorasyonların yapımında Co-Cr alaşımından farklı alaşımların da tercih edilebilmesi nedeniyle; farklı üretim teknikleriyle üretilen farklı metal alaşımlarının da porselenle oluşturduğu bağlanma dayanımlarının değerlendirileceği daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber yapılan çalışmalarda farklı test yöntemleri ve koşullarının kullanılması, termal siklus uygulanıp/uygulanmaması, kullanılan alaşım ve seramiklerin içerikleri/oranları gibi sebeplerle farklı sonuçlar çıkabileceği düşünülmektedir.

SONUÇ

Limitasyonlar dahilinde elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Tüm üretim teknikleri içerisinde en yüksek bağlanma dayanımı değerleri döküm tekniğinde elde edilmiştir. Bağlanma dayanımı bakımından seçici lazer sinterleme tekniği, CAD-CAM ve tekrarlanan döküm tekniğinden daha iyi bulunmuş olup lazer sinterleme tekniği CAD-CAM tekniğine kıyasla bağlanma dayanımı bakımından tercih edilebilir.
2. 2.3 pH değerinde daha düşük bağlanma dayanımı bulunmuş olup ortamın asiditesinin bağlanma dayanımı üzerinde önemli olumsuz etkisi bulunmuştur. Ortamın asiditesinin materyalin direncini azalttığı sonucuna ulaşılabılır.
3. 30 günlük bekletme süresinde, 15 günlük bekletme süresine göre daha düşük bağlanma dayanımı sonuçları bulunmuş olup her iki pH değerinde gün sayısının materyalin bağlanma direncini önemli oranda azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle metal-porselen ekspoz alanlarının ağızda bekletilmemesi gerektiği düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 3rd ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.; 2002.p. 214–6.
2. Li KC, Ting S, Prior DJ, Waddell JN, Swain MV. Microstructural analysis of Co-Cr dental alloy at the metal-porcelain interface: a pilot study. *N Z Dent J* 2014; 110(4): 138-42.
3. Uçar Y, Gürbüz, GA, Erken O. Diş hekimliğinde lazer sinterizasyon ve diğer tabakalı üretim yöntemleri. *Türkiye Klinikleri J Prosthodont-Special Topics* 2015; 1(1): 13-22.
4. Lee MY, Chang CC, Ku YC. New layer-based imaging and rapid prototyping techniques for computer-aided design and manufacture of custom dental restoration. *J Med Eng Technol* 2008; 32(1): 83-90.
5. Krug KP, Knauber AW, Nothdurft FP. Fracture behavior of metal-ceramic fixed dental prostheses with frameworks from cast or a newly developed sintered cobalt-chromium alloy. *Clin Oral Investig* 2015; 19(2): 401-11.
6. Watanabe I, Topham D. Scott. Laser welding of cast titanium and dental alloys using argon shielding. *J Prosthodont* 2006; 15(2): 102-7.
7. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/ CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009; 28: 44-56.
8. Harris J, Rimell J. Can rapid prototyping ever become a routine feature in general dental practice? *Dent Update* 2002; 29(10): 482-6.
9. Ersu B, Yüzügüllü B, Canay G. Sabit Restorasyonlarda CAD/CAM Uygulamaları. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg* 2008; 32(2): 58-72.
10. Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D, Collis J. Use of CAD/CAM technology to fabricate a removable partial denture framework. *J Prosthet Dent* 2006; 96(2): 96-9.
11. Pinto MM, Cesar PF, Rosa V, Yoshimura HN. Influence of pH on slow crack growth of dental porcelains. *Dent Mater* 2008; 24: 814-23.
12. Viennot S, Dalard F, Lissac M, Grosgeat B. Corrosion resistance of cobalt-chromium and palladium-silver alloys used in fixed prosthetic restorations. *Eur J Oral Sci* 2005; 113: 90-5.
13. Schweitzer DM, Goldstien GR, Ricci JL, Silva N, Hittelman EL. Comparison of bond strength of a pressed ceramic fused to metal versus feldspathic porcelain fused to metal. *J Prosthodont* 2005; 14: 239-47.
14. Joias RM, Tango RN, Junho de Araujo JE, Junho de Araujo MA, Ferreira Anzaloni Saavedra Gde S, Paes-Junior TJ, et al. Shear bond strength of a ceramic to Co-Cr alloys. *J Prosthet Dent* 2008; 99: 54-9.
15. Dos Santos JG, Fonseca RG, Adabo GL, Dos Santos Cruz CA. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *J Prosthet Dent* 2006; 96(3): 165–73.
16. Bulbule N, Motwani BK. Comparative study of fracture resistance of porcelain in metal ceramic restorations by using different metal coping designs- an in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2014; 8(11): 123-7.
17. Ucar Y, Aksahin Z, Kurtoglu C. Metal ceramic bond after multiple castings of base metal alloy. *J Prosthet D* 2009; 102(3): 165-71.
18. Saker S, El-Fallal A, Abo-Madina M, Ghazy M, Ozcan M. Clinical survival of anterior metal-ceramic and all-ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses over a period of 60 months. *Int J Prosthodont* 2014; 27(5): 422-4.
19. Mutlu-Sagesen Lamia, Ergun G, Karabulut E. Ion release from metal-ceramic alloys in three different media. *Dent Mater J* 2011; 30(5): 598-610.
20. Kellerhoff RK, Fischer J. In vitro fracture strength and thermal shock resistance of metal-ceramic crowns with cast and machined AuTi frameworks. *J Prosthet Dent* 2007; 97(4): 209-15.
21. Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim JH. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of three-unit fixed dental prostheses produced by stereolithography. *Dent Mater J* 2014;33(4): 504-9.
22. Akova T, Ucar Y, Tukay A, Balkaya MC, Brantley WA. Comparison of the bond strength of laser-sintered and cast base metal dental alloys to porcelain. *Dent Mater* 2008; 24(10): 1400-4.
23. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Amer Dent Ass* 2006; 137(9): 1289-96.
24. Lang LA, Wang RF, Kang B, White SN. Validation of finite element analysis in dental ceramics research. *J Prosthet Dent* 2001; 86(6): 650-4.
25. Lombardo GH, Nishioka RS, Souza RO, Michida SM, Kojima AN, Mesquita AM, et al. Influence of surface treatment on the shear bond strength of ceramics fused to cobalt-chromium. *J Prosthodont* 2010; 19(2): 103-11.
26. Hammad IA, Talic YF. Designs of bond strength tests for metal-ceramic complexes: review of the literature. *J Prosthet Dent*, 1996; 75(6): 602-8.
27. Kurtulmus S, Aydın KA. The effect of recasting on mechanical properties of dental alloys. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg* 2008; 11: 132-9.
28. Prat J S, Batalla J, Termes J. Adhesion of dental porcelain to cast, milled, and laser-sintered cobalt-chromium alloys: Shear bond strength and sensitivity to thermocycling the J Prosthet Dent 2014; 112: 600-5.

29. Isık EN, Aladag A, Toksavul S. Evaluation of porcelain bond strengths of Co-Cr substructures produces by different methods. *Ege Uni Dis Hek Fak Derg* 2018; 39(2): 111-7.
30. Stawarczyk B, Eichberger M, Hoffmann R, Noack F, Schweiger J, Edelhoff D, et al. A novel CAD/CAM base metal compared to conventional CoCrMo alloys: an in-vitro study of the long-term metal-ceramic bond strength. *Oral Health Dent Manag* 2014; 13(2): 446-52.
31. Wang H, Feng Q, Li N, Xu S. Evaluation of metal-ceramic bond characteristics of three dental Co-Cr alloys prepared with different fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2016; 116(6): 916-23.
32. Zeng L, Xiang N, Wei BA. Comparison of corrosion resistance of cobalt-chromium-molybdenum metal ceramic alloy fabricated with selective laser melting and traditional processing. *J Prosthet Dent* 2006; 112(5): 1217-24.
33. Hangwei W, Quing T, Ning L, Sheng X. Evaluation of metal ceramic bond characteristics of three dental Co-Cr alloys prepared with different fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2016; 116: 916-23.
34. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: A critical literature review. *Dent Mater* 2010; 26(2): e78-93.

Yazışma Adresi:

Muhammet KARCI
Alanya Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi
Alanya, Antalya
Tel : +90 242 519 19 44
Faks : +90 242 519 19 28
e-Posta : muhammetdt48@hotmail.com