

Farklı Yöntemlerle Üretilen Co-Cr Alt Yapıların, Porselen ile Bağlantısının Değerlendirilmesi

Evaluation of Porcelain Bond Strengths of Co-Cr Substructures Produced by Different Methods

Ebru Nur Işık, Akın Aladağ, Suna Toksavul

Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İzmir

ÖZ

GİRİŞ ve AMAÇ: Bu çalışmada döküm, CAD/CAM milled ve lazer sinter yöntemleriyle hazırlanan Co-Cr metal alt yapı materyallerinin, farklı marka porselenler ile olan bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması amaçlandı.

YÖNTEM ve GEREÇLER: Toplam 108 adet Co-Cr metal örnek döküm, CAD/CAM Milled ve Lazer Sinter teknikleriyle üretildi. Metal örnek grupları üç ayrılarak üzerlerine üç farklı porselen markası (Noritake Ex3, Ceramco3, Vita VMK Master) uygulandı (n: 12). 5-550C de 5000 termal siklus uygulanan örnekler, Universal test cihazında (Shimadzu, Japan) makaslama bağlanma dayanımı testi uygulandı. Elde edilen kopma bağlanma dayanım değerleri, parametrik olmayan faktöryel (ANOVA) ve Bonferroni istatistiksel analizleri ile değerlendirildi.

BULGULAR: Farklı metal üretim tekniklerinin bağlanma dayanımları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0,0576$). Farklı porselenlerin metal örneklerle yapmış oldukları bağlanma dayanımları arasındaki fark ise anlamlı bulundu ($p=0,004$). En yüksek bağlanma dayanımını oluşturan porselenin Vita VMK Master (39,00 MPa) olduğu, Ceramco porselenin bağlanma dayanım değeri 35,58 MPa ve en düşük bağlanma dayanım değeri ise Noritake porselende (33,17 MPa) olduğu bulundu. Metal gruplarının, porselen markaları ile etkileşimleri arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,713$).

TARTIŞMA ve SONUÇ: Bu in-vitro çalışmada kullanılan seramik markaları ile farklı tekniklerle üretilmiş alt yapılar arasında oluşan metal-seramik bağlantısının klinik kullanım için yeterli düzeyde olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Döküm, CAD/CAM, Laser Sinter, Milled, Bağlanma dayanımı

ABSTRACT

INTRODUCTION: The purpose of this study is; compare the bonding strengths of Co-Cr infrastructure materials prepared with casting, milling and laser sintering (LS) production methods and porcelains with three different brands.

METHODS: 108 Co-Cr metal specimens were produced by casting, milling and LS techniques. The metal groups were divided 3 groups and three different porcelain brands (Noritake Ex3, Ceramco3, Vita VMK Master) were builded onto Co-Cr metal samples. 5000 thermal cycling at 5-55 °C applied to the samples and then shear bond strength test on a universal test machine (Shimadzu, Japan) applied. Ultimate shear bond strength (MPa) data were analyzed with non-parametric factorial (ANOVA) and Bonferroni statistical tests.

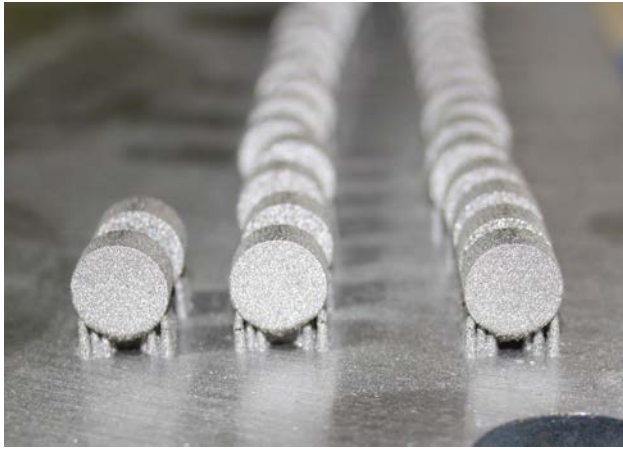
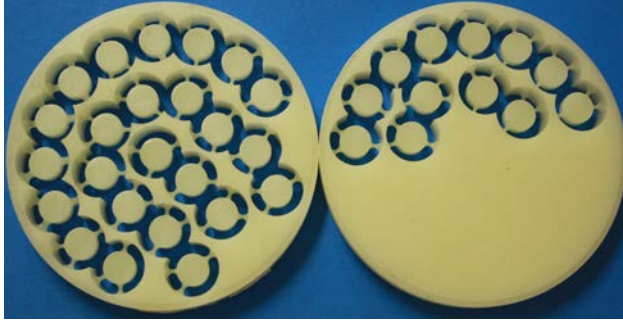
RESULTS: No significant difference was found between the bond strengths of different metal production techniques ($p=0,0576$). The difference between the bond strengths of porcelain and metal groups was significant ($p: 0,004$). The highest bond strength value is found in Vita (median) (39,00 MPa), the bond strength of Ceramco is 35,58 MPa and the lowest value is found in Noritake 33,17 Mpa. There was no significant difference between the interaction of the metal and the porcelain groups ($p=0,713$).

DISCUSSION AND CONCLUSION: The metal-ceramic bonding strength between the ceramic brands used in this in-vitro study and the infrastructures produced with different techniques was found sufficient for clinical use.

Keywords: Casting, CAD/CAM, Laser Sintering, Milling, Shear Bonding

GİRİŞ

Mevcut diş eksikliklerinin giderilmesi amacıyla yapılan kron-köprü uygulamalarında metal alt yapılı seramikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu restorasyonların yapımında günümüze kadar pek çok malzeme ve farklı yapım tekniği denenmiştir.¹



Resim 1: Dökümde kullanılmak üzere hazırlanan PMMA örnekler (1a) Lazer sinterle üretilen metal alaşımlar (1b) ve milleme yöntemiyle üretilen metal alaşımlar (1c)

Döküm metal alaşımları iyi mekanik özellikleri, biyouyumlulukları ve yüksek metal-seramik bağlanma dayanımları sebebiyle diş hekimliğinde uzun yıllardır kullanılmaktadır.² 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 başlamıştır. Geleneksel yöntemlere alternatif CAD/CAM sistemleri üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar; dijital ölçü, restorasyonun tasarımı (CAD) ve restorasyonun üretimidir (CAM).³⁻⁵ Döküm, CAD/CAM ve LS yöntemleri ile üretilen metal alt yapıların farklı marka seramiklerle oluşturdukları bağlanma dayanımlarını karşılaştıran çalışmalar az sayıdadır. Bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.⁴⁻⁶

Sabit protezlerde Co-Cr metal alaşımının klinik kullanımının yaygınlığı nedeniyle bu in-vitro çalışmada, metal alt yapı üretim tekniklerinin, farklı marka seramiklerle (Vita VMK Master, Noritake EX 3, Ceramco 3) oluşturduğu bağlanma dayanımı değerleri karşılaştırılarak, uygun alt yapı üretim tekniği ile uygun üst yapı seramik kombinasyonunun ortaya konması amaçlandı. Çalışmanın hipotezi “H0: Farklı tekniklerle üretilen metal alaşımların, porselen ile yapmış olduğu bağlanma dayanımları arasında fark yoktur” şeklindedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Döküm, CAD/CAM milleme ve LS yöntemleriyle üretilen toplam 108 adet Co-Cr örneğin standardize edilmesi amacıyla, öncelikle Power SHAPE (Delcam, Birmingham, UK) yazılım programı ile 10 mm çapında, 5 mm yüksekliğinde disk şeklinde dijital tasarımları yapıldı.

Döküm örnek grubunun hazırlığında şablon olarak kullanılmak üzere 36 adet disk şeklinde örnek, prefabrike polimetilmetakrilat (PMMA) bloklardan (Tempo Cad; On-Dent Ltd, İzmir, Turkey) CAD/CAM’le üretildi (Resim 1a). Dökümde fosfat bağlı revetman (Maruvest speed, Mega Dental GmbH, Germany) kullanıldı. Revetman, PMMA materyalinin eliminasyonu için, üretici firma talimatlarına uygun olarak ön ısıtma fırınında (Eurocem Preheating Furnace, Italy) 25dk. süreyle 300°C sıcaklıkta ısıtıldı. Sıcaklığı 900°C’ye ulaştıkça 25dk. daha bu sıcaklıkta beklendi. Sonrasında revetman santrifüj cihazına (The Fornax BEGO GmbH & Co.KG, Germany) yerleştirilerek Co-Cr metal alaşımının (Microlit isi, Shütz Dental GmbH) döküm işlemi tamamlandı.

Lazer Sinter örnek grubunun oluşturulmasında; bilgisayar programı (Power SHAPE Delcam, Birmingham, UK) ile hazırlanmış olan dijital tasarımın üretiminde Eosint M 270 cihazı (EOS GmbH Electro Optical Systems) kullanıldı. Cihaz tarafından otomatik olarak Co-Cr metal alaşım tozlarının (Keramik NP-S,

Nobil Metal, Italy) lazer ışını altında eritilip, tabaka tabaka oluşan katmanların birleştirilmesiyle 36 adet metal örnek grubu oluşturuldu (Resim 1b).



Resim 2: Makaslama test cihazı (2a) makaslama test düzeneği (2b)

CAD/CAM Milleme ile örnek grubunun oluşturulmasında; bilgisayar ortamında hazırlanmış olan dijital tasarımın üretiminde DMG-HSC 20 Linear Deckel Maho (5 eksenli) makinesi kullanıldı. Bu cihazın bilgisayar programı tarafından, prefabrike Co-Cr metal bloğu (White Peaks Dental Systems GmbH & Co. KG, Copra Bond K, Germany) otomatik olarak kazınarak milling 36 adet metal örnek grubu oluşturuldu (Resim 1c). Metal örnek grupları üzerine, VITA VMK Master (Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany), Noritake EX3 (Noritake Dental Supply, Mie, Japan) ve Ceramco 3 (Dentsply, A.B.D.) marka dental seramikler uygulanarak 12'li alt gruplar oluşturuldu. Seramik çapının ve yüksekliğinin tüm örneklerde standardize edilmesi ve makaslama test düzeneğine uygun hale getirilebilmesi

amacıyla, özel olarak üretilen kenarları aktif, ortasında 5 mm çapında boşluk olan trepan frezi (İNFA Kalıp ve Elemanları San. ve Tic Ltd. Şti., İzmir, Türkiye) 800 dk/devirle, bor yağı (Bormax M 650, Maxoil, Türkiye) soğutması altında kullanıldı. Düşük devirli bir freze cihazı ile dikey yönde çepeçevre eksiltilerek 5 mm çapında, 3 mm yüksekliğinde disk şeklinde üst yapı porselenleri elde edildi.

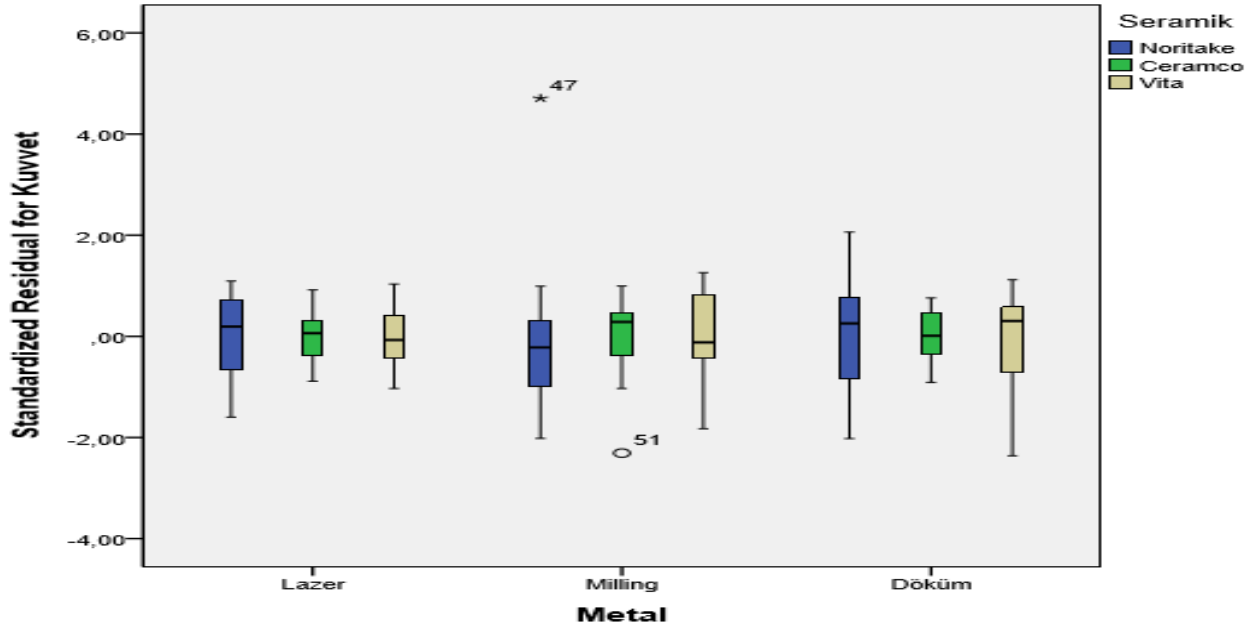
Metal-seramik restorasyonların ağız ortamında karşılaştıkları ve zamanla oluşan etkileri, in-vitro ortamda örnek gruplarına yansıtılabilmek amacıyla 5000 termal siklus (Nova, Konya, Türkiye) uygulandı (+5 C°, oda ısısı, +55 C° 20 saniye). Daha sonra örnek gruplarına Universal test cihazı (Autograph AGS-J, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ile 0.5mm/dk hızla makaslama testi uygulandı (Resim 2). Bağlanma dayanım değerleri MPa cinsinden elde edildi. Makaslama testi sonrasında görülen adeziv-kohesiv-karma hasarlar ışık mikroskobu ile belirlendi. SAS 9.3 (SAS Institute, Cary, NC) yazılımı ile parametrik olmayan (3x3) faktöriyel ANOVA ve Bonferroni istatistiksel analizleri yapıldı.

BULGULAR

Parametrik olmayan faktöriyel ANOVA istatistiksel değerlendirmesine göre, farklı metal alt yapı üretim tekniklerinin bağlanma dayanımlarına etkisi arasında anlamlı bir fark bulunmadı (ANOVA $F=2,97$ $p=0,0576$). Bununla beraber seramik materyali ile en yüksek bağlantıyı oluşturan metal grubunun döküm grubu olduğu bulundu (median) (37,50 MPa). LS grubunda oluşan bağlanma dayanımı 35,02 MPa ve en düşük bağlanma dayanımı değeri ise CAD/CAM milling grubunda 33,88 MPa olarak bulundu (Tablo 1, Grafik 1).

Farklı marka seramiklerin metal örneklerle yapmış oldukları bağlanma dayanımları dikkate alındığında aralarında anlamlı fark bulundu (ANOVA $F=5,73$ $p=0,0048$) (Tablo 1). Metal grupları ile en yüksek bağlantıyı oluşturan seramik markasının Vita VMK Master olduğu bulundu (median) (39,00 MPa). Ceramco seramiğin oluşturduğu bağlanma dayanımı 35,58 MPa ve en düşük bağlanma dayanımı değeri ise Noritake porselende 33,17 MPa olarak bulundu (Tablo 1,3).

Metal alt yapı üretim teknikleri ve seramik markaları arası etkileşiminde bağlanma dayanımları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (ANOVA $F=0,52$ $p=0,713$). Tüm metal gruplarında seramik markalarının benzer performans gösterdiği, metallerin farklı üretim metodlarıyla üretilmesinin seramik



Grafik 1: Metal üretim teknikleri ve seramik markaları arası etkileşimin istatistiksel dağılım grafiği

markalarının bağlanma dayanımları üzerine farklı bir etkisi olmadığı görüldü (Tablo 1, Grafik 1).

İstatistiksel değerlendirmeye (Bonferroni) göre, üst yapı porselenlerinin 2'li karşılaştırmalarında Vita VMK Master ve Noritake EX3 marka porselenlerin bağlanma dayanımları arasında fark anlamlıdır ($p=0,007$). Ceramco 3 ve Noritake EX3 marka porselenlerin bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,576$). Vita VMK Master ve Ceramco 3 marka porselenlerin bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark yoktur ($p=0,095$) (Tablo 4).

Örnekler ışık mikroskobu altında incelendiğinde metal-seramik arasında %16 kohesiv (%4 metal, %12 seramik içinde kohesiv), %21 adeziv ve %68 karma tipte bağlantı kırılması olduğu görüldü.

TARTIŞMA

Çalışmanın sonuçlarına göre; farklı tekniklerle üretilmiş metal alt yapıların, seramik gruplar ile oluşturduğu bağlanma dayanımları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Bu sonuca göre; H_0 hipotezi kabul edildi.

Metal destekli seramik restorasyonların yapımında kullanılan metal alaşımların özellikleri restorasyonun klinik başarısını etkilemektedir.⁴ Drummon ve ark. yaptıkları çalışmada, kıymetsiz metal alaşımların seramik ile yapmış olduğu bağlanma dayanım değerlerinin, soy metal alaşımlara göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.⁷ Fakat fazla diş eksikliği olan vakalarda, kıymetli metal alaşımların bükülme direncinin yetersiz

olması, bu alaşımların kullanımını da sınırlamaktadır.⁸⁻¹⁰ Soy metallere göre daha ekonomik olan Ni-Cr ya da Co-Cr gibi soy olmayan metal alaşımlar sıklıkla kullanılmaktadır.^{2,8} Bu sebeplerle günümüzde sıklıkla kullanılan Co-Cr alaşımları üzerinde daha fazla çalışma ihtiyacı görülerek bu çalışmada Co-Cr alaşımı tercih edildi.

Grup	F	p
Metal	2,97	0,0576
Seramik	5,73	0,0048
Metal*Seramik	0,52	0,713

Tablo 1: Grupların "Parametrik olmayan faktöryel ANOVA" istatistiksel değerlendirmesi

Seramik; korozyona, aşınmaya ve asitlere karşı olan direnci yanında estetik özelliği nedeniyle de dental restorasyonlarda sıklıkla kullanılmaktadır.^{11,12} Scolaro ve ark. Palladyum-Gümüş alaşımı ile üç farklı marka seramiğin (Ceramco, Noritake, Vita VMK) bağlanma dayanımını karşılaştırmışlar ve aralarında anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlardır. Sonuç olarak üç farklı marka seramiğin de Pa-Ag alaşımıyla kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir.¹³ Bu çalışmadan farklı olarak bizim çalışmamızda seramik grupları arasında anlamlı bir fark bulundu. Vita VMK Master seramiğinin

en yüksek bağlanma dayanım değerine sahip olduğu bulundu. Maburkar ve ark. yapmış oldukları çalışmada ise titanyumun farklı marka seramikler ile (Orotig TiKrom, Vita TitanKeramik, Noritake Ti-22) oluşturduğu bağlanma dayanımını karşılaştırmışlardır. Vita TitanKeramik seramiğin bağlanma dayanımı Noritake Ti-22'den anlamlı olarak fazla bulunmuştur.¹⁴ Scolaro ve ark. ve Maburkar ve ark.'nın çalışmalarında farklı marka

seramiklerin, Pa-Ag ve Titanyum ile farklı bağlanma dayanım değerleri gösterdiği görüldü. Co-Cr alaşımının farklı marka seramiklerle oluşturduğu bağlanma dayanımlarının değerlendirildiği çalışmamızda, Maburkar ve ark.'nın çalışmasına benzer olarak Vita VMK Master seramiğinin bağlanma dayanımı Noritake'den anlamlı olarak fazla bulundu.

Metal	Mean ± Standart S.	Median (Min. - Max.)
Lazer Sinter	34,45 ±5,813	35,02 (19,25 – 45,59)
Milling	33,77 ±9,290	33,77 (16,27 – 66,95)
Döküm	37,04 ±7,415	37,50 (20,34 – 51,12)

Tablo 2: Metal üretim tekniklerinin bağ dayanımlarının istatistiksel verileri

Seramik	Mean ± Standart S.	Median (Min. - Max.)
Noritake	32,77 ±9,987	33,17 (16,27 – 66,95)
Ceramco	34,69 ±5,068	35,58 (16,69 – 41,58)
Vita	37,80 ±6,525	39,00 (22,01 – 48,24)

Tablo 3: Seramik üst yapılarının bağ dayanımları istatistiksel verileri

Dental restorasyonlar, ağız koşullarında zamanla kırılma, bütünlüğünün bozulması veya aşınmayla sonuçlanabilen yorgunluk sürecine girer.¹⁵⁻¹⁷ H. Kato ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada örnekler termal siklus uygulama sonrasında bağlanma dayanımlarının düştüğünü belirtmişlerdir.¹⁸ Bu çalışmada ağız ortamındaki yorgunluk sürecine benzer özellikler oluşturabilmek amacıyla örnekler 5000 termal siklus uygulama sonrası analizler yapıldı. Gelecek çalışmalarda hem farklı metal üretim tekniklerinin, hem de farklı marka seramiklerin termal siklus öncesi ve sonrası oluşan bağlanma dayanım değerlerinin karşılaştırılmasının yapılabileceği düşünüldü. Metal-seramik bağlantısının değerlendirilmesinde çekme, mikroçekme, makaslama (shear) ve 3-4 nokta eğme bağlanma dayanımı testleri gibi mekanik testler kullanılır.¹⁹ Lombardo ve ark.'nın ve Hammad ve ark.'nın yapmış olduğu çalışmalarda, makaslama testinde iletilen kuvvetin direk olarak metal-seramik bağlantı yüzeyine uygulanabilmesini sağladığı için metalin elastisite katsayısından etkilenmeyeceğini ve bu testin bağlanma dayanımı çalışmalarında kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir.^{20,21} Yapılan çalışmalar dikkate alınarak, bu çalışmada da bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesinde makaslama testi tercih edildi.

Metal destekli seramik restorasyonlarda, alt yapı üretiminde kullanılan farklı üretim teknikleri mevcuttur. Yeni gelişen tekniklerle beraber CAD/CAM milledme ve LS teknikleri, geleneksel döküm yöntemine alternatif olarak kullanılmaktadır.²² Bilgisayar destekli üretim

teknikleri ve konvansiyonel yöntemlerin seramikle oluşturdukları bağlanma dayanımlarının karşılaştırıldığı çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Serra Prat ve ark. döküm, milledme ve LS ile üretilen Co-Cr alaşımlarının, termal siklus uygulanan ve uygulanmayan gruplarını karşılaştırmışlardır. Termal siklus uygulanmamış grupta LS ile hazırlanmış örneklerin bağlantısı en düşük bulunurken, döküm tekniğiyle hazırlanmış örneklerin bağlantı değeri en yüksek bulunmuştur.²³ Termal siklus uygulanmış grupta ise döküm tekniğiyle hazırlanmış örneklerin bağlantısı en düşük bulunurken, LS ile hazırlanmış örneklerin bağlantı değeri en yüksek olduğu bulunmuştur. Termal siklus uygulananlar kendi içerisinde değerlendirildiğinde döküm, milledme ve LS grupları arasında anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir. Çalışmamızda da bu çalışmaya benzer olarak metal örnekler arası anlamlı fark olmamakla beraber, Serra Prat ve ark.'nın termal siklus uyguladıkları grupların sonuçlarından farklı olarak en yüksek bağlanma dayanımı döküm grubunda (37,50 MPa) bulunurken, LS grubunun bağlanma dayanım değeri daha düşük (35,02 MPa) bulundu. En düşük bağlanma dayanımı değeri ise milledme grubunda (33,77 MPa) bulundu. Stawarczyk ve ark. çalışmalarında bilgisayar destekli ve konvansiyonel yöntemlerle üretilen CoCrMo metal alt yapıların bağlanma dayanımlarının benzer olduğunu belirtmişlerdir.²⁴ Akova ve ark. döküm Nikel-Krom, döküm Co-Cr ve LS Co-Cr örneklerin bağlanma

dayanımları arasında anlamlı fark olmadığını belirtmiştir.²⁵ Bu iki çalışmaya benzer olarak çalışmamızda da farklı tekniklerle üretilmiş Co-Cr metal gruplarının bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark bulunmadı. 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.

Seramik	Seramik	p
Noritake	Ceramco	,576
Noritake	Vita	,007
Ceramco	Vita	,095

Tablo 4: Seramiklerin bağ dayanımlarının 2'li (Bonferroni) karşılaştırmaları

SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonuçlarına göre;

1. Farklı tekniklerle üretilen metal alt yapıların farklı seramiklerle oluşturduğu bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark yoktur. Bağlanma dayanımı en fazladöküm grubunda, en düşük CAD/CAM milled grubunda bulundu.
2. Seramik gruplarının metal alt yapılarla oluşturduğu bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark vardır. Bağlanma dayanım değerlerinin büyükten küçüğe sırayla Vita VMK Master, Ceramco, Noritake EX3 olduğu bulundu.
3. Metal alt yapılar ile farklı seramikler arasındaki etkileşimin makaslama bağlanma dayanımı açısından anlamlı fark oluşturmaması; seramik markalarının üretim tekniklerinden bağımsız olarak aynı performansı gösterdiği anlamına gelmektedir.
4. Özetle; hem döküm, CAD/CAM milled ve LS metal üretim teknikleri; hem de kullanılan farklı seramikler klinik kullanım için yeterli bağlanma dayanımı göstermesi nedeniyle dental restorasyonların yapımında tercih edilebilirler. CAD/CAM ve LS üretim teknikleri, dental restorasyonların yapımında uzun yıllardır kullanılan döküm tekniğine iyi bir alternatiftir.

KAYNAKLAR

1. Roberts HW, Berzins DW, Moore BK, Charlton DG. Metal-Ceramic alloys in dentistry: A Review. *J Prosthodont*, 2009, 18: 188-194.
2. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12th Ed, Elsevier Health Sciences, USA, 2013, 367-395.
3. Mörmann WH. The origin of the Cerec method: a personal review of the first 5 years. *Int J of Comput Dent*, 2004; 7(1): 11-24.
4. Naylor WP, King AH. Introduction to metal-ceramic technology. 2nd Ed, Quintessence Publishing Company, USA, 2009, 1-13.
5. Ucar Y, Akova T, Akyil MS, Brantley WA. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: laser-sintered Co-Cr crowns. *J Prosthet Dent*, 2009; 102(4): 253-9.
6. O'Brien WJ. Dental materials and their selection, 3rd Ed, Quintessence, USA, 2002, 200-224.
7. Drummon JL, Randolph RG, Jekkals VJ, Lenke JW. Shear testing of the porcelain metal bond. *J Dent Res*, 1984; 63: 1400-1401.
8. Baran GR. Selection criteria for base metal alloys for use with porcelains. *Dent Clin North Am*, 1985; 29: 779-787.
9. Derand T, Hero H. Bond strength of porcelain on cast vs. wrought titanium. *Scand J Dent Res*, 1992; 100: 184-188.
10. Yamamoto M. Metal-Ceramics: Principles and Methods of Makoto Yamamoto, 1st Ed, Quintessence, Chicago, 1985, 106-203.
11. Hondrum SO. A review of the strength properties of dental ceramics. *J Prosthet Dent*, 1992; 67(6): 859-865.
12. McLean JW. Evolution of dental ceramics. *J Prosthet Dent*, 2001; 85: 61-66.
13. Scolaro JM, Pereira JR, do Valle AL, Bonfante G, Pegoraro LF. Comparative study of ceramic-to-metal bonding. *Braz Dent J*, 2007; 18(3): 240-243.
14. Maburkar V, Habbu N, Hashmi SW, Musani S, Joshi N. In-vitro investigation to evaluate the flexural bond strengths of three commercially available ultra low fusing ceramic systems to Grade II Titanium. *J Int Oral Health, JIOH*, 2013; 5.5: 101.

15. Baran G, Boberick K, McCool J. Fatigue of restorative materials. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2001; 12(4): 350-360.
16. Lohbauer U, von der Horst T, Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Flexural fatigue behavior of resin composite dental restoratives. *Dent Mater J*, 2003; 19(5): 435-440.
17. Teixeira EC, Piascik JR, Stoner BR, Thompson JY. Dynamic fatigue behavior of dental porcelain modified by surface deposition of a YSZ thin film. *J Prosthodont*, 2008; 17(7): 527-531.
18. Kato H, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *J Oral Rehabil*, 2000; 27(2), 103-110.
19. Lang LA, Wang RF, Kang B, White SN. Validation of finite element analysis in dental ceramics research. *J Prosthet Dent*, 2001; 86(6): 650-654.
20. Lombardo GH, Nishioka RS, Souza RO, et al. Influence of surface treatment on the shear bond strength of ceramics fused to cobalt-chromium. *J Prosthodont*, 2010; 19(2): 103-11.
21. 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.
22. 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.
23. Serra-Prat J, Cano-Batalla J, Cabratosa-Termes J, Figueras-Alvarez O. Adhesion of dental porcelain to cast, milled, and laser-sintered cobalt-chromium alloys: shear bond strength and sensitivity to thermocycling. *J Prosthet Dent*, 2014; 112(3): 600-605.
24. Stawarczyk B, Eichberger M, Hoffmann R, 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): 446-452.
25. 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 J*, 2008; 24(10): 1400-1404.

Yazışma Adresi:

Uzman Dr. Nur IŞIK
Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
Bornova İZMİR
0232-3112876
ebrunur@msn.com