

Farklı Yöntemler ile Elde Edilen Metal Alaşımlarına Seramiklerin Bağlanma Dayanımının Farklı Test Metotları ile Değerlendirilmesi

Evaluation of the Bond Strength of Ceramics to Metal Alloys Obtained by Different Techniques Using by Different Testing Methods

Fehmi GÖNÜLDAŞ^a,
Pelin ATALAY^a,
Doğan Derya ÖZTAŞ^a,
Caner ÖZTÜRK^b

^aProtetik Diş Tedavisi AD,
 Ankara Üniversitesi
 Diş Hekimliği Fakültesi,
 Ankara, TÜRKİYE

^bProtetik Diş Tedavisi AD,
 Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
 Diş Hekimliği Fakültesi,
 Hatay, TÜRKİYE

Received: 10.09.2018
 Received in revised form: 12.10.2018
 Accepted: 23.10.2018
 Available online: 28.02.2019

Correspondence:
 Caner ÖZTÜRK
 Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
 Diş Hekimliği Fakültesi,
 Protetik Diş Tedavisi AD, Hatay,
 TÜRKİYE/TURKEY
 caner_ozturk86@hotmail.com

ÖZET Amaç: Metal destekli porselen restorasyonlar sahip oldukları üstün mekanik özellikler gibi avantajları ile yaygın olarak kullanılan tedavi seçenekleridir. Farklı yöntemlerle elde edilen Co-Cr alaşımlarının metal-porselen bağlanma dayanımlarını, iki farklı test metodu kullanarak değerlendirmektedir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada, Co-Cr alaşım örnekler selektif lazer sinterleme (n=20) ve geleneksel döküm yöntemi (n=20) kullanılarak hazırlandı ve 4 alt grup (n=10) oluşturuldu. Geleneksel döküm ve selektif lazer sinterleme ile elde edilen örnekler üç nokta bükme testi için, ISO 9693'e göre toplam 1,1 mm kalınlığında olacak şekilde porselen tabakası uygulandı. Makaslama bağlanma dayanımı testi için ise örnekler 4 mm çapında ve 4 mm kalınlığında porselen tabaka uygulandı. Örnekler, universal test cihazı kullanılarak 1,5 mm/dk hız ve 90° açı ile üç nokta bükme testi ve 0,5 mm/dk hızla makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanarak, metal-porselen bağlanma dayanımları ölçüldü. Elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi kullanılarak p<0,05 anlamlılık düzeyinde değerlendirildi. **Bulgular:** Farklı yöntemlerle elde edilen metal alaşımlarının metal-porselen bağlantısının üç nokta bükme testi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Selektif lazer sinterleme yöntemiyle elde edilen alaşımların metal-porselen makaslama bağlanma dayanımlarının, geleneksel döküm yöntemiyle hazırlanan alaşımlara göre anlamı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. **Sonuç:** Üç nokta bükme testi sonuçlarına göre, grupların metal-porselen bağlanma dayanımları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ve bu değerler ISO 9693'e göre minimum kabul edilebilir sınıır üzerindedir. Selektif lazer sinterleme yöntemiyle hazırlanan örneklerin metal-porselen makaslama bağlanma dayanımları, geleneksel döküm yöntemiyle hazırlanan alaşımlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dental porselen; metal-seramik alaşımlar; selektif lazer sinterleme

ABSTRACT Objective: Metal-supported porcelain restorations are widely used as a treatment options due to it's advantages such as superior mechanical properties. The aim of this study was to evaluate the metal-porcelain bond strengths of Co-Cr alloys obtained by different methods using two different testing methods. **Material and Methods:** In this study, Co-Cr alloy specimens were prepared using with selective laser sintering (n=20) and conventional casting (n=20) and specimens were divided 4 subgroups (n=10). For the three-point bending test, porcelain layer were applied to samples according to ISO 9693 with a total thickness of 1.1 mm. For shear bond strength test, porcelain layer 4 mm in diameter and 4 mm in thickness was applied to the specimens. The metal-porcelain bond strengths were measured by a universal testing machine using three-point-bending test at a speed of 1.5 mm/min with 90° angle and shear bond strength test at a speed of 0.5 mm/min. The data were analyzed using One-way ANOVA analysis and p<0.05 was assessed as significance level. **Results:** According to the results of three point bending test conducted, there was no statistically significant difference found between metal-porcelain bond strength of specimens that obtained by different methods. The metal-porcelain shear bond strengths of the alloys obtained by selective laser sintering method were found to be higher than specimens prepared by conventional casting method. **Conclusion:** According to three-point-bending test results, no significant difference was found between metal-porcelain bond strengths of the groups and these values were above the minimum acceptable limit according to ISO 9693. Metal-porcelain shear bond strengths of specimens prepared by selective laser sintering are higher than alloys prepared by conventional casting.

Keywords: Dental porcelain; metal-ceramic alloys; selective laser sintering

Metal destekli porselen (MDP) restorasyonlar; sahip oldukları üstün mekanik özellikleri, yüksek dayanıklılıkları ve düşük maliyetleri gibi avantajları ile tam seramik restorasyonlara alternatif olarak kullanılan bir tedavi seçeneğidir.¹⁻⁴ Metal destekli restorasyonlarda, altyapı materyali olarak soy olmayan metal alaşımları (Ni-Cr ve Co-Cr) geleneksel döküm tekniği ile yaygın şekilde kullanılmaktadır.⁵ Özellikle nikel (Ni) metalinin alerjik potansiyelinin saptanması ile MDP restorasyonların altyapısında Co-Cr alaşımlarının kullanımı ön plana çıkmıştır. Yüksek elastik modülleri, korozyon dirençleri ve düşük maliyetleri ile bu alaşımlar, MDP restorasyonlarda öncelikli olarak tercih edilmektedir. Öte yandan, metal alaşımlarının dökümü zor olup, yüksek erime ısı ve döküm sırasında düşük oksidasyon oluşma potansiyeli gibi dezavantajlara sahiptir ve bu alaşımların tesviyesi, bitirilmesi ve laboratuvar işlemleri sertlikleri nedeni ile uzun zaman almaktadır.⁶

Günümüzde dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte, yaygın olarak kullanılan geleneksel döküm yöntemine alternatif olarak, stereolitografi, erimiş birikim şekillendirme yöntemi (fused deposition modeling), sıcak presleme tekniği (hot pressed technique) ve seçici lazer sinterleme (SLS) gibi çeşitli güncel metal altyapı üretim teknikleri de kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde SLS yöntemiyle, Co-Cr da dâhil çeşitli alaşımlardan, minimum internal porozite ve üstün mekanik özelliklere sahip metal tasarımlar, doğrudan ve verimli bir şekilde üretilebilmektedir. Öte yandan bu teknik ile üretilen metal tasarımların yüzey pürüzlülüğünün yüksek olması, temel dezavantaj olarak kabul edilmektedir.⁷⁻⁹ SLS tekniğinde, ilk önce üretilen parça taranarak 3 boyutlu bir dijital tanımlaması oluşturulmaktadır. Üretilen parçanın elde edilen 3 boyutlu dijital tanımlanması 20-50 µm'luk fragmanlara bölünmektedir. Lazer ışını oluşturulan dijital kesitleri tarayarak parçanın katmanlar hâlinde üretilmesini sağlamaktadır. İçerisinde Co-Cr toz yatağının bulunduğu iki kabın ortasında bulunan indeksleme tablasının üzerine, metal tozları, bir kol aracılığı ile her bir tabaka için 20-50 µm kalınlığında düzgün bir şekilde yerleştirilmektedir.

Lazer ışını indeksleme tablasının içerisinde bulunan Co-Cr toz yatağı üzerindeki tozu 20-50 µm'luk fragmanlar hâlinde selektif olarak seçerek eritmektedir. Bir katman parça oluşturulana kadar bu işlem tekrarlanmakta; sonrasında toz yatağı, yeni bir toz tabakası kalınlığında aşağı inmekte ve bir önce oluşturulan katmanın üzerine, yanlarda bulunan kaplardan Co-Cr metal tozları aynı kalınlıkta yığılarak, yeni bir parça katman oluşturulmaya başlanmaktadır.^{8,9}

MDP restorasyonların klinik olarak uzun dönem başarılı olabilmesi için, metal altyapı ile üstyapı porseleni arasında yeterli bağ kuvveti bulunması esastır. Yapılan çalışmalar, MDP restorasyonların %2,3-8 aralığında kırılma başarısızlığı oranı gösterdiğini rapor etmiştir.¹⁰ Her türlü metal-porselen bağlanma başarısızlıkları, klinik ve laboratuvar alanında maliyetli ve zaman alıcı bir problem hâline gelebilmektedir.¹¹⁻¹³

Metal-porselen bağlanma dayanımı sıklıkla eğilme, gerilme ve kesme gibi farklı laboratuvar testleri ile değerlendirilebilmektedir. Bu tür çalışmaların sonuçları klinik koşullara doğrudan entegre edilememektedir, ancak kullanılacak metal-porselen kombinasyonlarının etkinliğini ve davranışını öngörebilen bir klinik uygulama protokolü oluşturulmasında yararlı olabilecekleri düşünülebilmektedir.^{3,14-18} Metal-porselen ara yüzünün bağlanma dayanımını değerlendirebilmek için birtakım mekanik testler yapılabilir de ilk kez Lenz ve ark. tarafından önerilen ve ISO 9693:1999'da yayımlanan test; metal-porselen bağlanma dayanımını belirlemek için uygulanan Schwickerath çatlak başlangıcı testi (üç nokta bükme testi)'dir.^{19,20} Üç nokta bükme testine ek olarak; metal-porselen sisteminin kırılma tiplerini belirlemek için, porselen bağlantısının değerlendirilmesi de kullanılmıştır.²¹

SLS yöntemi ile elde edilen metal altyapıların birçok avantajı literatürde rapor edilmesine rağmen, bu teknikte üretilen altyapıların metal-porselen bağlantısı ile ilgili yeterli çalışma mevcut değildir.^{7,22-25}

Bu çalışmada, SLS ve geleneksel döküm yöntemi ile elde edilen Co-Cr alaşımlarının metal-por-

selen bağlanma dayanımlarının, iki farklı test metodu kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sıfır hipotezi ise farklı üretim teknikleri ile elde edilen metal altyapıların metal-porselen bağlanma dayanımlarının farklı olacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, 20 adet Co-Cr metal alaşımdan (Bego Medical GmbH, Almanya) SLS ve 20 adet Co-Cr metal alaşımdan (Schütz Dental GmbH, Almanya) geleneksel döküm yöntemi ile her bir örnek ISO 9693 standartlarına göre 0,5 mm x 3 mm x 25 mm boyutlarında olacak şekilde, toplamda 40 adet örnek hazırlanmıştır (Resim 1, Resim 2). Örnekler öncelikle, 250 µm alüminyum oksit partikülleri ile 2 bar basınç altında kumlanmış ve 10 dk boyunca ultrasonik olarak temizlenmiştir. Her bir örnek yüzeyi, boyutları ve bağlanma için düz bir yüzey elde edildiğinden emin olmak amacıyla, ışık mikroskopu kullanılarak x10 magnifikasyon değeri altında porselen uygulamasından önce dikkatli bir şekilde kontrol edilmiştir.

SLS (n=20) ve geleneksel döküm yöntemi (n=20) ile elde edilen örnekler rastgele dağıtılarak 10'ar adet örnekten oluşan 4 alt grup oluşturul-

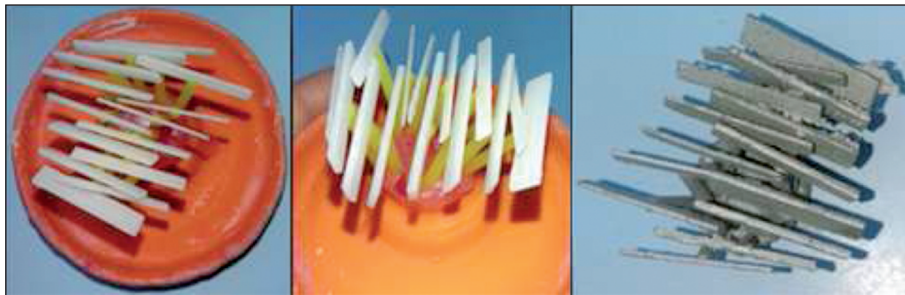
muştur. Geleneksel döküm ve SLS ile elde edilen 10'ar örneğe üç nokta bükme testi uygulanabilmesi için, örneklerin ortasındaki 8 mm x 3 mm'lik dikdörtgen alana ISO 9693'e göre toplam 1,1 mm kalınlığında olacak şekilde, ilk olarak porselen bağlayıcı ajan (3C-Bond Ceka Preci-Line, Alpha-dent NV, Belçika), sonrasında ince bir tabaka opak porselen (Vita Opaque VMK Master, Almanya) ve opak porselenin üzerine gövde porseleni (Kuraray Noritake Dental Inc., ABD) uygulanmıştır. Tabakalama işlemleri sonrası porselenlere glaze uygulaması yapılmıştır (Resim 3).

Makaslama bağlanma dayanımı testi için ise SLS ve geleneksel döküm yöntemi ile elde edilen diğer 10 metal çubuğun ortasındaki 4 mm çapında dairesel bölgeye, toplamda 4 mm kalınlığında porselen tabaka olacak şekilde, ince bir tabaka opak porselen ve üzerine gövde porseleni tabakası uygulanmıştır. Tabakalama işlemleri tamamlanan porselenlere glaze uygulaması yapılmıştır. Makaslama bağlanma dayanımı testi yapılacak örnekler otopolimerizan akrilik bloklara gömülmüştür (Resim 4).

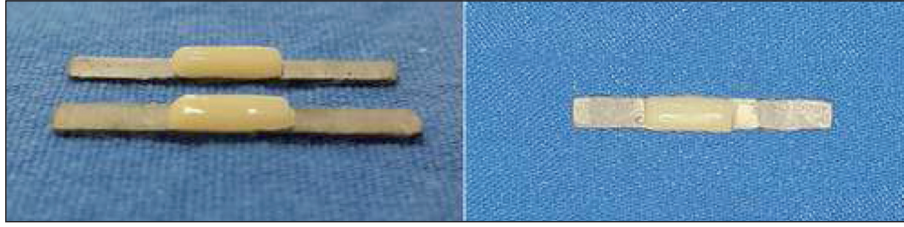
Örneklerin metal-porselen bağlanma dayanımları, ISO 9693 kriterleri doğrultusunda univer-



RESİM 1: SLS ile elde edilen Co-Cr metal alaşım grubu.



RESİM 2: Geleneksel döküm yöntemi ile elde edilen Co-Cr metal alaşım grubu.



RESİM 3: Üç nokta bükme testi için örnekler üzerine uygulanan porselen tabakası.



RESİM 4: Otopolimerizan akrilik rezin içerisine gömülmüş makaslama bağlanma dayanımı yapılacak örnekler üzerine uygulanan porselen tabakası.

sal test cihazı (Lloyd Instruments, LRX, Lloyd Inst. Ltd. Hants, İngiltere) kullanılarak üç nokta bükme testi ile değerlendirilmiştir. İki destekleyici kolon arasındaki mesafe 20 mm ve piston bükme yarıçapı 1 mm olarak ayarlanmıştır. Örnekler simetrik olarak yerleştirilmiş ve merkezlerine 1,5 mm/dk hız ve 90° açı ile yük uygulanarak kırılma veya çatlak başlangıç noktasındaki maksimum kuvvet değerleri ölçülmüştür (Resim 5).

Makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanan grupların metal-porselen bağlanma dayanımları, universal test cihazı (Lloyd Instruments, LRX, Lloyd Inst. Ltd. Hants, İngiltere) kullanılarak 0,5 mm/dk hızla, kırılma oluşana kadar yüklenerek ölçülmüştür (Resim 6).

Test edilen örneklerin metal-porselen bağlanmalarında meydana gelen kırılma tipleri ise ışık mikroskopu kullanılarak x10 magnifikasyon değeri altında optik olarak incelenerek belirtilen şekilde sınıflandırılmıştır;

Adeziv: Veneer porselen ve metal altyapı arasındaki ara yüzeyde,

Koheziv: Tamamen porselen içinde,

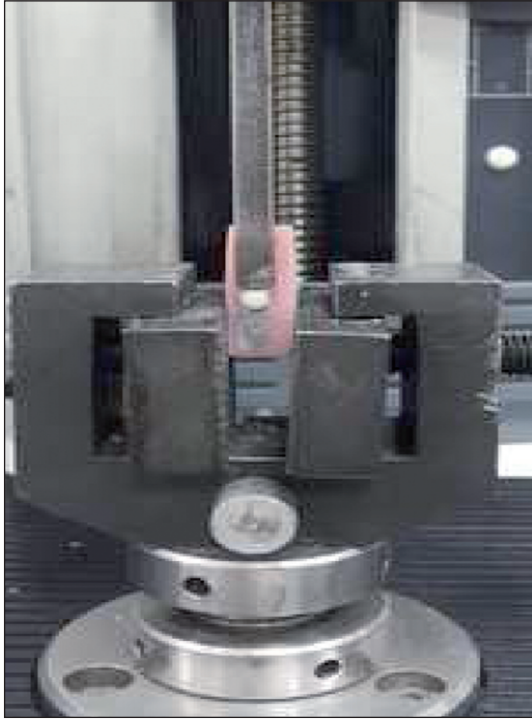
Koheziv: Tamamen metal içerisinde,

Karışık: Adeziv ve koheziv tiplerin kombinasyonu.



RESİM 5: Üç nokta bükme testi için hazırlanan test düzeneği.

Elde edilen verilerin normalliği Saphiro Wilks testi ile ölçüldü, gruplar arasındaki fark ise tek yönlü varyans analiz (One-way Anova) testi kullanılarak, $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde bir bilgisayar yazılımı ile analiz edildi (SPSS sürüm 20, IBM, San Francisco, CA, ABD).



RESİM 6: Makaslama bağlanma dayanımı testi için hazırlanan test düzeneği.

BULGULAR

Gruplardan elde edilen metal-porselen bağlanma dayanımı verileri Tablo 1’de görülmektedir. Bulgulara göre; SLS ve geleneksel döküm yöntemiyle elde edilen metal alaşımlarının metal-porselen bağlantısının üç nokta bükme testi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı.

SLS yöntemiyle hazırlanan alaşımların metal-porselen bağlanma dayanımlarının, geleneksel döküm yöntemiyle hazırlanan alaşımların metal-porselen bağlanma dayanımlarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptandı ($p<0,05$) (Tablo 1).

Gruplara uygulanan üç nokta bükme testi ve makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçlarına göre, gruplarda meydana gelen kırık tiplerinin hepsinin ise karışık tip kırık olduğu belirlendi.

TARTIŞMA

Çalışmanın, “Farklı üretim teknikleri ile elde edilen metal altyapıların metal-porselen bağlanma dayanımlarının farklı olacaktır.” hipotezi kısmen kabul edilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, üç nokta bükme testi uygulanan gruplar arasında metal-porselen bağlanma dayanımı arasında anlamlı bir fark saptanamamış iken, grupların makaslama bağlanma dayanımları arasında anlamlı bir fark olduğu, SLS yöntemiyle elde edilen grubun makaslama dayanımının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Metal-porselen sistemlerinde uzun dönem başarı için önemli faktörlerden biri; restorasyonun yeterli dayanıklılığını sağlayan, porselen ile metal arasındaki güçlü bağlanma kuvvetidir. Çalışmamızda tüm örneklerde karışık tip kırık modeli izlenmiştir. Selektif lazer ile sinterlenen metal alaşımlarda, oksit katmandaki adeziv kırılmanın daha yoğun olduğu karışık tip kırıklar gözlenmiştir. Geleneksel döküm ile elde edilen metal alaşımlarda ise porselen içindeki koheziv kırıklar içeren karışık tip kırıklar çoğunluktadır. Bu kırık modeli, yüksek metal-porselen bağlanma dayanımını gösterdiği için tercihen kabul edilebilir bir kırık modelidir. Bununla birlikte, istatistiksel analiz sonuçlarına göre; geleneksel döküm ve SLS grupları arasında üç nokta bükme testi sonucuna göre gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu duruma karşın, makaslama bağlanma dayanımı testinde SLS ile elde edilen alaşımların metal-porselen bağlanma dayanımının, geleneksel döküm ile elde edilen de-

TABLO 1: Gruplardan elde edilen bağlanma dayanımı ortalama ve standart sapma değerleri.

	Üretim tekniği	Min. (MPa)	Maks. (MPa)	Ortalama (MPa)	Standart sapma	p
3 nokta bükme testi	Geleneksel döküm	22,14	62,74	44,89	±7,1	p=0,06
	SLS	22,92	59,22	42,08	±5,5	
Makaslama bağlanma dayanımı testi	Geleneksel döküm	33,36	66,26	36,78	±6,8	p=0,009*
	SLS	53,64	79,0	64,36	±5,3	

*** Gruplar arasındaki istatistiksel farkı ifade eder. ($p<0,05$). SLS: Seçici lazer sinterleme.

ğerlerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Buna bağlı olarak, daha önceki çalışmalara benzer şekilde bu çalışma; kırık tipinin, kırılma kuvveti ile korelasyon göstermediğini de ortaya koymuştur.^{3,22,25-28}

MDP restorasyonun bağlanma dayanımı, üretim süreci de dâhil olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Bağlanma dayanımını belirleyen esas faktörler, metal ile porselen arasında oluşan kimyasal ve mekanik bağlardır. Kimyasal bağ, alaşım ve porselenin primer bileşenlerine ve dolayısıyla oksit tabakasına bağlıdır; mekanik bağ ise yüzey pürüzlülüğü ile alakalıdır. SLS yöntemi ile üretilen alaşımlar, geleneksel döküm yöntemi ile elde edilen alaşımlardan farklı olarak doğal bir yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Ancak, alüminyum oksit parçacıkları ile metal yüzeyini kumlama işleminin, metal yüzeyinin ıslanabilirliğini artırdığı, porselen ile metal arasındaki temas alanını genişlettiği ve dayanıklılığı artırdığı belirtilmiş ve yapılan önceki çalışmalarda, SLS yöntemi ile elde edilen metal örnekler porselen tabaka uygulanmadan önce örnekler kumlanmıştır.^{22,23,25,26,29,30} Bu sebeple, çalışmamızda elde edilen tüm metal örneklerin yüzeyleri porselen uygulaması öncesi alüminyum oksit parçacıkları ile kumlanmıştır.

Metal-porselen bağlanma dayanımları ile ilgili çalışmalarda genellikle üç nokta bükme testi uygulanmıştır. Bu test tekniğinde, metalin eğilme hareketinin, porselen ile metal arasındaki bağ kuvveti üzerindeki etkisi değerlendirilmektedir. Çalışmamızda, üç nokta bükme testinde kaydedilen tüm değerler, ISO 9693 kriterlerine göre minimum kabul edilebilir sınır değeri olan 25 MPa değerinin üzerindedir, ancak üretim yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.²⁰ Çalışmamıza benzer şekilde, Dimitriadis ve ark. geleneksel döküm ve selektif lazer ile sinterleme yöntemi ile elde ettikleri Co-Cr metal alaşım örneklerinin, üç nokta bükme testi ile porselen bağlanma dayanımını ve elastik modülünü değerlendirmiş ve çalışmamıza paralel olarak, geleneksel döküm ve selektif lazer ile sinterleme yöntemi ile elde edilen metal alaşım örneklerin porselen bağlanma dayanımı değerleri ve elastik modül değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığını bul-

muşlardır.⁷ Ayrıca, her iki yöntemde de kırık modellerinin porselen içinde koheziv tipte olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızdan farklı olarak ise Wang ve ark., geleneksel döküm, bilgisayar destekli milledme ve selektif lazer ile sinterleme yöntemleriyle elde edilen Co-Cr alaşımlarının metal-porselen bağlanma dayanımını üç nokta bükme testi ile değerlendirdikleri çalışmalarında, selektif lazer ile sinterleme grubunda bağlanma dayanımının daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.³¹ Ayrıca, örneklerde gözlenen kırılma başarısızlıklarının tümünün porselen içinde oluşan koheziv tipte kırık olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalarda rapor edilen bulgulardaki farklılıkların, üretim sürecinde laboratuvar aşamalarındaki veya örneklerin yüzeylerinde meydana gelen oksit tabakasındaki farklılıklara bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda, ISO 9693 kriterleri doğrultusunda, üç nokta bükme testi için metal örneklerin kalınlıkları 0,5 mm olarak hazırlanmıştır. Bununla birlikte, konnektör veya gövde gibi metal kalınlığının fazla olduğu bölgelerde veya metal bükülmesinin en düşük seviyede olduğu varsayılan durumlarda, metal-porselen ara yüzeyindeki bağlantı, makaslama bağlanma dayanımı testi ile değerlendirilebilmektedir. Literatürde ise bu test tekniği ile yapılan çok az sayıda araştırma mevcuttur. Bu sebeple çalışmamızda, olası metal kalınlığının fazla olduğu durumlar göz önüne alınarak örnekler makaslama bağlanma dayanımı testi de uygulanmıştır. Makaslama bağlanma dayanımı testi sonuçlarına göre ise SLS ile elde edilen alaşımların metal-porselen bağlanma dayanımının, geleneksel döküm yöntemi ile elde edilen alaşımlara göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur. Araştırmamızdan farklı olarak ise Serra-Prat ve ark. nın çalışmasında, geleneksel döküm, SLS ve milledme yöntemleriyle üretilen metal alaşımların makaslama bağlanma dayanımı testi ile elde ettikleri metal porselen bağlanma dayanımları arasında anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir.²³ Ayrıca, lazer sinterleme ile üretilen metal alaşımlarının metal-porselen bağlanma dayanımlarının termal yaşlandırma işleminden etkilenmediğini, diğer yöntemlerle üretilen metal alaşımların metal porselen dayanımının ise azaldığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızın limitasyonları dâhilinde elde edilen sonuçlar üzerinde termal veya mekanik yaşlandırma, fırınlama sayısı, metalin tekrar dökülmesi gibi faktörler etkili değildir. MDP restorasyonların ağız içi hizmet görmesi ile beraber karşılaştığı çevresel faktörler sonucu meydana gelen yaşlanma fenomeninin, porselen tabakalama ve glaze prosedürü sonrası uygulanan fırınlama işlemlerinin sayısının, farklı yöntemler ile elde edilen metal alaşımların porselen ile bağlantı kuvveti üzerine etkisini araştırarak ilave çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmanın limitasyonları dâhilinde;

Üç nokta bükme testi sonuçlarına göre, SLS ve geleneksel döküm yöntemiyle elde edilen metal alaşımlarının metal-porselen bağlanım dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ve ISO 9693'e göre bu değerler kabul edilebilir sınırın (25 MPa) üzerindedir.

SLS yöntemiyle hazırlanan alaşımların metal-porselen makaslama bağlanım dayanımlarının, geleneksel döküm yöntemiyle hazırlanan alaşımların metal-porselen bağlanım dayanımlarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Ethics Committee Approval

Çalışmanın Türkiye Klinikleri DİŞHEKİMLİĞİ BİLİMLERİ Dergisi yazım kuralları çerçevesinde belirtilen etik kurul onayı gerektiren durumların dışında olması ile birlikte çalışmamızın in-vitro olması, herhangi bir insan veya hayvan ögesi içermemesi ve çalışmanın yürütüldüğü kurumların in-vitro çalışmalar için mevcut bir etik kurulu ve ilgili mevzuat yönetmeliğinin olmaması sebebiyle, bu çalışma için etik onay alınmamıştır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğru- dan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Doğan Derya Öztaş; **Tasarım:** Fehmi Gönüldaş, Caner Öztürk; **Denetleme/Danışmanlık:** Doğan Derya Öztaş; **Analiz ve/veya Yorum:** Caner Öztürk, Pelin Atalay; **Kaynak Taraması:** Pelin Atalay; **Makalenin Yazımı:** Caner Öztürk, Pelin Atalay; **Eleştirel İnceleme:** Fehmi Gönüldaş, Doğan Derya Öztaş.

KAYNAKLAR

- de Melo RM, Travassos AC, Neisser MP. Shear bond strengths of a ceramic system to alternative metal alloys. J Prosthet Dent. 2005;93(1):64-9. [Crossref] [PubMed]
- Castillo-Oyagüe R, Osorio R, Osorio E, Sánchez-Aguilera F, Toledano M. The effect of surface treatments on the microroughness of laser-sintered and vacuum-cast base metal alloys for dental prosthetic frameworks. Microsc Res Tech. 2012;75(9):1206-12. [Crossref] [PubMed]
- 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. [Crossref] [PubMed]
- Lee DH, Lee BJ, Kim SH, Lee KB. Shear bond strength of porcelain to a new millable alloy and a conventional castable alloy. J Prosthet Dent. 2015;113(4):329-35. [Crossref] [PubMed]
- Anusavice KJ. Wrought Alloys. Brantley WA. Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2003. p.621-54.
- Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Framework Design and Metal Selection For Metal-Ceramic Restorations. Contemporary Fixed Prosthodontics Pageburst on Kno Retail Access Code. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2006. p.589-615.
- Dimitriadis K, Spyropoulos K, Papadopoulos T. Metal-ceramic bond strength between a feldspathic porcelain and a Co-Cr alloy fabricated with Direct Metal Laser Sintering technique. J Adv Prosthodont. 2018;10(1):25-31. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Kovalev AI, Vainshtein DL, Mishina VP, Titov VI, Moiseev VF, Tolochko NK. Selective laser sintering of steel powders to obtain products based on SAPR-models. Metallurgist. 2000;4:206-9. [Crossref]
- Wang XC, Laoui T, Bonse J, Kruth JP, Lauwers B, Froyen L. Direct selective laser sintering of hard metal powders: experimental study and simulation. Int J Adv Manuf Technol. 2002;5(19):351-7. [Crossref]
- Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. Dent Mater. 2012;28(1):102-11. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Libby G, Arcuri MR, LaVelle WE, Hebl L. Longevity of fixed partial dentures. J Prosthet Dent. 1997;78(2):127-31. [Crossref]

12. Strub JR, Stiffler S, Schärer P. Causes of failure following oral rehabilitation: biological versus technical factors. *Quintessence Int.* 1988;19(3):215-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
13. Kim B, Zhang Y, Pines M, Thompson VP. Fracture of porcelain-veneered structures in fatigue. *J Dent Res.* 2007;86(2):142-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
14. Craig RF, Powers J, Wataha JC. *Properties of Materials. Dental Materials: Properties and Manipulation.* 7th ed. Sao Paulo, Santos: Mosby; 2002. p.12-32.
15. Anusavice KJ, Dehoff PH, Fairhurst CW. Comparative evaluation of ceramic-metal bond tests using finite element stress analysis. *J Dent Res.* 1980;59(3):608-13. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res.* 1995;74(9):1591-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
17. Almilhatti HJ, Giampaolo ET, Vergani CE, Machado AL, Pavarina AC. Shear bond strength of aesthetic materials bonded to Ni-Cr alloy. *J Dent.* 2003;31(3):205-11. [[Crossref](#)]
18. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky JJ Jr. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater.* 2003;19(8):693-9. [[Crossref](#)]
19. Lenz J, Schwarz S, Schwickerath H, Sperner F, Schäfer A. Bond strength of metal-ceramic systems in three-point flexure bond test. *J Appl Biomater.* 1995;6(1):55-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. ISO 9693: 1999(E): Metal-ceramic Dental Restorative Systems. 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 1999.
21. Papazoglou E, Brantley WA. Porcelain adherence vs force to failure for palladium-gallium alloys: a critique of metal-ceramic bond testing. *Dent Mater.* 1998;14(2):112-9. [[Crossref](#)]
22. Xiang N, Xin XZ, Chen J, Wei B. Metal-ceramic bond strength of Co-Cr alloy fabricated by selective laser melting. *J Dent.* 2012;40(6):453-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Serra-Prat J, Cano-Batalla J, Cabratosa-Termes J, Figueras-Álvarez 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):600-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Ren XW, Zeng L, Wei ZM, Xin XZ, Wei B. Effects of multiple firings on metal-ceramic bond strength of Co-Cr alloy fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent.* 2016;115(1):109-14. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Wu L, Zhu H, Gai X, Wang Y. Evaluation of the mechanical properties and porcelain bond strength of cobalt-chromium dental alloy fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent.* 2014;111(1):51-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Lawaf S, Nasermostofi S, Afradeh M, Azizi A. Comparison of the bond strength of ceramics to Co-Cr alloys made by casting and selective laser melting. *J Adv Prosthodont.* 2017;9(1):52-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
27. 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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. 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(1):54-9. [[Crossref](#)]
29. Bae EJ, Kim JH, Kim WC, Kim HY. Bond and fracture strength of metal-ceramic restorations formed by selective laser sintering. *J Adv Prosthodont.* 2014;6(4):266-71. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
30. Cai Z, Bunce N, Nunn ME, Okabe T. Porcelain adherence to dental cast CP titanium: effects of surface modifications. *Biomaterials.* 2001;22(9):979-86. [[Crossref](#)]
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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]