

Farklı yöntemlerle üretilen ve yüzey işlemleri uygulanan metal alt yapıların dental seramikler ile bağlantı dayanımlarının değerlendirilmesi: Deneysel çalışma

Evaluation of the bond strength with dental ceramics of metal substructures produced by different methods and applied with surface treatments: In-Vitro study

Doç. Dr. Faik Tuğut

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Sivas

Orcid ID: 0000-0002-6323-407X

Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül Göze Saygın

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Sivas

Orcid ID: 0000-0003-2826-5011

Arş. Gör. Didem Durukan

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Sivas

Orcid ID: 0000-0001-8119-8845

Geliş tarihi: 15 Mart 2022

Kabul tarihi: 18 Ağustos 2022

doi: 10.5505/yeditepe.2022.61587

Yazışma adresi:

Doç Dr. Faik Tuğut

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye

Tel: +90 532 513 60 89

E-posta: tugut78@hotmail.com

ÖZET

Amaç: Farklı yöntemlerle pürüzlendirilen krom-kobalt (Cr-Co) alt yapı malzemesi ile üst yapı porseleninin bağlanma dayanımının (PBD) değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Disk şekilli Cr-Co alaşım üç farklı teknikle (Döküm, CAD/CAM, Lazer sinterleme) elde edildi. Örnekler, uygulanacak yüzey işlemine göre rastgele alt gruplara ayrıldı (n=10); GrupK: Al₂O₃ Kumlama (Kontrol grubu olarak), GrupE: Er-YAG lazer (1,5W), GrupN: Nd-YAG lazer (1,5W), GrupY: Ytterbium lazer (10W). Örneklere yüzey şartlandırma sonrası veneer porseleni uygulandı. 24 saat süreyle 37°C suda bekletilen örnekler, universal test cihazında kırıldı (0,5 mm/dk). Her bir gruptan alınan örneklerin yüzeylerinde olan değişiklikler taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelendi. İstatistiksel değerlendirme için Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testi kullanıldı.

Bulgular: Farklı yüzey şartlandırma işlemleri ve üretim yöntemlerinin PBD değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0,05). Döküm ve CAD/CAM ile üretilen materyallerin farklı yüzey işlemleri sonrası PBD değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı fakat lazer işlemlerin kumlama benzer bağlanma dayanımı gösterdiği görüldü. En yüksek dayanım değerinin lazer sinter alt yapı üzerine uygulanan Nd-YAG lazer ile pürüzlendirme işleminde olup ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü. Er-YAG ve Nd-YAG lazer uygulamalarının tüm alt yapı materyalleri arasında bağlanma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) ve en yüksek CAD/CAM alt yapısında olduğu görüldü.

Sonuç: PBD farklı üretim yöntemlerine ve yüzey şartlandırma işlemlerine göre değişebilir. Er-YAG ve Nd-YAG lazer uygulaması kumlama alternatif olarak gösterilebilir.

Anahtar kelimeler: Lazer, krom kobalt, yüzey şartlandırma

SUMMARY

Aim: It was aimed to evaluate the shear bond strength (SBS) of chromium-cobalt (Cr-Co) infrastructure material and superstructure porcelain, which is roughened by different methods.

Materials and Method: Disc-shaped Cr-Co alloy was obtained by three different methods (Casting, CAD/CAM, Laser sintering). The samples were randomly divided into subgroups according to the surface treatment to be applied (n=10); GroupK: Al₂O₃ Sandblasting (as Control group), GroupE: Er-YAG laser (1,5W), GroupN: Nd-YAG laser (1.5W), GroupY: Ytterbium laser (10W). After surface treatments, veneer porcelain was applied to the samples. The samples, which were kept in water at 37°C for 24 hours, were broken in a universal test machine (0,5 mm/min). The changes in the surfaces of the samples taken from each group were examined under

scanning electron microscopy (SEM). Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests were used for statistically analysis.

Results: The difference between SBS values of different surface treatments and production methods was found to be statistically significant ($p < 0,05$). It was observed that the SBS values of the materials produced by casting and CAD/CAM after different surface treatments were not statistically significant, but the bond strength of the laser treatments was similar to sandblasting. The highest strength value was found laser sinter infrastructure in the treated with the Nd-YAG laser and it was found to be statistically significant. It was seen that Er-YAG and Nd-YAG laser applications were statistically significant ($p < 0,05$) among all infrastructure materials in terms of bond strength and the highest was in the CAD/CAM infrastructure.

Conclusion: The SBS may vary according to different production methods and surface conditioning processes. Er-YAG and Nd-YAG laser application can be shown as an alternative to sandblasting.

Keywords: Laser, Chromium Cobalt, surface treatment

GİRİŞ

Hem diş destekli hem de implant destekli restorasyonların yapımında sıklıkla kullanılan dental porselenler, altın standart olarak kabul edilen biyouyumlu materyallerdir.¹ Ancak sahip olduğu avantajların yanı sıra zayıf mekanik özellikleri ve kırılmalıkları sebebiyle klinik kullanımda metal alt yapılarla desteklenmeye ihtiyaç duyarlar.² Üretim teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte klinik uygulamalarda metal altyapı olarak kullanılan krom- kobalt (Cr-Co) alaşımları ekonomik sebepler ve yüksek korozyon direnci sebebiyle tercih edilmektedir.³

Metal alaşımları elde etmede kullanılan geleneksel döküm yöntemi çok zaman gerektirmesi ve teknisyenin becerisine de bağlı olması gibi dezavantajlara sahiptir. Gelişen teknoloji ile birlikte bu alaşımların elde edilmesinde geleneksel döküm metodu, yerini bilgisayar destekli sistemlere bırakmaktadır. Computer aid design (CAD) / Computer aid manufacturer (CAM) yöntemi metal, seramik ve rezin kazıma işlemlerinin yapılabilirdiği, yüksek başarı oranına sahip yöntemler arasında popüleritesini arttırmaktadır.⁴ CAD/CAM teknolojisi intra/ekstra oral tarayıcılar aracılığı ile dental teknisyenlerin modeli kullanarak protezi oklüzal ve estetik kriterlere göre hazırladığı bir seri işleme dayanır. CAD/CAM sisteminin aksine yöntemi ilave yöntemi ile üretime dayanan bir diğer 3D yazılım sistemi olan selektif lazer sinterleme (SLS), yüksek sıcaklarda metal tozlarının lazer ışınları ile bir araya getirilmesi sistemidir.⁵

Başarılı bir protetik restorasyondan elde edebilmek için metal alt yapı ile porselen bağlantısının yeterince sağ-

lanmış olması gerekir. Temel olarak mekanik, kimyasal ve sıkışma kuvvetleri ile sağlanan bağlanma mekanizmasından söz edilmektedir. Porselen üstyapının metal alt yapıdan delaminasyonunun (chipping) metal destekli porselende görülme oranı %1.7 olarak rapor edilmiştir.⁶ İki materyal arasındaki bağlantıyı arttırmak için araştırmacılar tarafından farklı yüzey pürüzlendirme yöntemleri önerilmektedir. Geleneksel yüzey pürüzlendirme işlemi olan kumlama metal üzerindeki pürüzlülük artırılarak porselen bağlantısı için daha geniş bir yüzey elde edilmeye çalışılır. Ayrıca metalin yüzeyinde mikro düzeyde oluşturulan değişiklikler ile yüzey modifiye edilebilmektedir.

Lazerin diş hekimliği alanına girmesiyle birlikte farklı türdeki lazer uygulamaları da yüzeyde modifikasyon yaratmak açısından kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda Er-YAG, Nd-YAG, Ho-YAG, femtosecond lazer, nano saniye lazer ışınların frekansına, gücüne, atım (pulse mode) özelliğine ve uygulama süresine bağlı olarak sert yüzeylerde pürüzlülük oluşturabilmektedir.^{7,8,9} Literatürde bu mekanizmayı tam olarak açıklayan bir veri yoktur. Sağlık ve endüstri alanında kullanım alanına sahip olan nano-saniye lazer sistemleri metal yüzeyinde pürüzlülüğünün araştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Ancak bildiğimiz kadarıyla henüz diş hekimliğinde yeterince araştırılmamış bir konudur. Bu sebeple çalışmamızda farklı üretim teknikleri ile hazırlanmış Cr-Co metal alt yapıları farklı lazerler kullanarak seramikler ile makaslama bağlantı dayanımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sıfır hipotezi (H₀) farklı üretim teknikleri ile hazırlanan metal alt yapıları uygulanan yüzey işlemlerinin bağlantıyı etkilemeyeceği şeklindedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu tarafından onaylandı (Karar No:2021-05/48) ve Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapıldı. Yapılan literatür taramasında üzerinde çalışılacak yöntemlere ilişkin yüzde ölçüm değerleri baz alınarak 0,8 (cohen) etki büyüklüğü, %99 güç ve 0,05 hata payı ile G-POWER 3.0.10 (University Kiel, Almanya) programı kullanılarak bulunan toplam örneklem büyüklüğü $n=52$ olarak hesaplandı.¹⁰

Çalışmada 3 farklı yöntemle [döküm, milled (CAD / CAM), lazer sinterizasyon (LS)] üretilmiş Cr-Co metal alt yapılar üzerine uygulanan farklı yüzey işlemlerinin (Kumlama, Er-YAG lazer, Nd-YAG lazer, ve Nanolazer) porselen ile bağlantı dayanımları incelendi (Tablo 1). İlk olarak 7 mm çapında^{11,12,13}, 3 mm yüksekliklerine uygun disk şekilli Cr-Co metal altyapı örneklerinin standart bir şekilde olması için dijital olarak tasarım yapılarak, her bir gruptan 10 örnek olacak şekilde toplam 120 örnek hazırlandı. Dijital olarak CAD/CAM cihazı (Yenamak D30, İstanbul, Türkiye) ile tasarlanan örneklerde metal alt yapıların boyutlarının

standardize edilmesi için; dökümde kullanılmak üzere tasarımı yapılan 40 adet şablon örnek üç boyutlu bir yazıcı ile EnivisionTEC (EnivisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya) üretildi.

Materyal	Marka	Üretici	Bileşimleri (%)
Döküm Cr-Co	Wironium Plus	Bego, Almanya	Co 62.5, Cr 29.5, Mo 5, Mn 1.5, Si 1 C<1 N<1 Ta<1
Lazer sinter Cr-Co	Sint-Tec2724G, PM100 Dental	Riom, Fransa	Co 64.5, Cr 29-30, Mo 5.5 Mn<1, Si<1, Fe<1
CAD/CAM Cr-Co	White Peaks Dental Systems	Copra Bond K, Almanya	Co 59-63, Cr 27-27, W 8-9, Si 1.5-1.8 Fe<1, C<1, Mn<1
Porselen tozu	Noritake EX-3	Noritake Dental Supply, Japonya	Potassium alumino silicate glass, Sodium feldspar, Quartz (SiO ₂), Pigments

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri

Elde edilen örnekler manşete alınarak döküm yoluyla metal alt yapılar elde edilirken (Wironium Plus, Bego, Almanya), bilgisayar ortamında hazırlanmış olan dijital tasarımın lazer sinterizasyon yöntemi ile üretim aşamasında ise 3D Smart ProX-200 sistemi (3D Systems Corporation, Rock Hill, SC) kullanılarak yapıldı. Lazer sinterizasyon yöntemiyle 200 W gücünde fiber lazer (Sisma, Mysint, İtalya) kullanılarak, Cr-Co metal alaşım tozunun (Sint-Tec2724G, PM100 Dental, Riom, Fransa) lazer ışını tarafından eritilerek toplamda 40 metal örnek üretildi. Milleme yönteminde ise Cr-Co alaşım bloğu (White Peaks Dental Systems GmbH & Co. KG, Copra Bond K, Almanya) kullanılarak 5 eksenli milleme cihazında (YENADENT, D12, İstanbul, Türkiye) kazıma işlemi yapılarak örnekler elde edildi.

Metal örneklerin üretim işlemleri tamamlanarak 4 ana grup oluşturuldu. Bu gruplardaki örnekler yüzey işlemi uygulanması amacıyla basit bir düzenek hazırlandı. Lazer başlıkları bu destek düzenek üzerine sabitlendi ve alttaki alt yapı örnekleri hareket ettirilerek aşağıdaki gibi farklı yüzey işlemleri uygulandı;

*GrupK: Kumlama cihazıyla (Blastmate II; Ney, Yucaipa, CA), örneklerin bağlanma yüzeyleri özel bir tutucuya monte edildi. 110 µm Al₂O₃ partikülleri 0,5 MPa basınçla 10 mm uzaktan 15 saniye boyunca uygulandı. 10 Kumlama işleminden sonra numuneler akan su altında durulanmış ve kalıntıları gidermek için yağsız basınçlı hava ile kuru-tuldu.

**GrupE: Örnek yüzeylerine optik fiber taşıma sistemi ile 150 mJ enerjide, 1,5 W çıkış gücünde ve 10 Hz tekrarlama hızında Er:YAG lazer (Smart 2940D Deka Laser, Floransa, İtalya) enerjisi 10 mm mesafeden 20 saniye boyunca 4 mm çapında titanyum mafsallı kol iletim sistemi aracılığıyla iletildi ile uygulandı. Işınlama sırasında su irrigasyonu kullanıldı.

***GrupN: Örnek yüzeylerine optik fiber taşıma sistemi ile 100 mJ enerjide, 1,5W çıkış gücünde, 10 Hz tekrarlama hızında Nd:YAG lazer (Smarty A10 Deka Laser, Floransa, İtalya) enerjisi sadece hava soğutması altında 10 mm mesafeden 20 saniye boyunca uygulandı.

****GrupY: Örnek yüzeylerine 1 mJ enerjisi, 10 W çıkış gü-

cünde, 40 kHz tekrarlama hızında, 1000 mm/s hız ile 0.05 mm tarama sıklığında nano saniye atımlı Ytterbium fiber lazer (NanoMARK;FiberLast, Ankara,Türkiye) uygulandı. Örnekler 10 dk süreyle ultrasonik temizleyici de temizlenerek seramik uygulamaya hazır hale getirildi. Tüm metal yüzeylere porselen bağlayıcı ajan (3C-Bond, Alphadent, NV Antwerpen, Belçika) ve opak (VITA VMK Master (Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) uygulandı. Daha sonra porselen fırınında 990°C'ye kadar getirilip 14 dakika boyunca bekletilerek fırımlandı. Metal alt yapı ve seramiği taklit edecek şekilde uygun çap ve yükseklikte metal bir kalıp hazırlandı (Resim 1a).Alt yapı materyalini yerleştirebilmek için 7 mm çapında ve 3 mm yüksekliğinde bir plaka ve üzerine gelecek porselen için 5 mm çapında ve 3 mm yüksekliğinde yuvalara sahip ikinci plaka üretildi. Birinci plaka içerisine metal alt yapı konulup üzerine ikinci plaka yerleştirildikten sonra boşluğa porselen uygulandı (Resim 1b,c).

Daha sonra metal kalıbın vidaları açılarak örnekler kalıptan çıkarıldı. Ardından veneer porselen üretici firma talimatlarına uygun olarak programlanabilen vakumlu porselen fırınında pişirildi. Elde edilen örneklerin tamamı 24 saat boyunca 37± 1 °C' de su banyosu cihazında (BM302, Nuve, Ankara, Türkiye) bekletildi. Daha sonra örneklerin bağlanma dayanımını belirlemede Universal test cihazı (Lloyd instruments LF Plus segensworth Fareham/ İngiltere) kullanıldı ve 0,5mm/dk. kafa hızında makaslama bağlanma dayanımı testine tabi tutuldu. Elde edilen bağlanma kuvveti verileri Megapascal (MPa) cinsinden ölçüldü. Elde edilen veriler SPSS (ver:22,0) programına yüklendi. Verilerin değerlendirilmesinde Kruskal Wallis ve Mann-Whitney U testi kullanıldı. Yanılma düzeyi 0,05 olarak alındı. Tüm örneklerdeki kopma tipleri ışık mikroskopunda (Carl Zeiss MicroImaging Göttingen, Almanya) x8'lik büyütmede incelendi. Oluşan kopma tipleri; porselenin alt yapıdan tamamen ayrılması durumunda adhesiv, seramik kendi içinde tamamen kırılması durumunda kohesiv, her iki kırılma tipinin de görüldüğü durumlarda kombine olarak sınıflandırıldı.

Yüzey işlemi uygulanan örneklerin metal yüzeylerinde oluşan değişiklikler, taramalı elektron mikroskobu (TESCAN MIRA3 XMU, Brno-Kohoutovice, Çek Cumhuriyeti) ile incelendi.

BULGULAR

Gruplara ait veriler Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir. Farklı yöntemlerle elde edilen alt yapı materyallerine uygulanan yüzey işlemlerine göre değerlendirildiği zaman en yüksek bağlantı dayanım değeri LS grubunda Nd-YAG lazer grubuna aitken (15.73,±4.45 MPa), en düşük dayanım değeri aynı alt yapı materyaline ait Grup E'de elde edildi (9.73±2.03 MPa). CAD/CAM ile üretilen alt yapı materyalinde en yüksek bağlantı skoru Nd-YAG ile pürüzlen-

dirilen grupta (12.61 ± 2.31 MPa) iken, döküm ile üretilen alt yapı grubunda en yüksek skor kumlama grubuna ait bulundu.

Grup içi karşılaştırmalar yapıldığında; döküm ve CAD/CAM ile üretilen alt yapılara ait bağlantı dayanım değerleri farklı yüzey şartlandırma işlemlerine göre istatistiksel olarak anlamsız bulunmasına rağmen ($p > 0,05$), lazer sinter grubunda farklı yüzey şartlandırma işlemlerinin dayanım değerleri arasındaki fark anlamlı bulundu ($p < 0,05$) (Tablo 2).

	Yüzey İşlemi	Ort.±Ss (MPa)	En Düşük	En Yüksek	p
Döküm Metal	Kumlama	10.29±2.87	9.08	16.04	p=0.345
	Er-YAG	13.92±1.91	9.96	15.19	
	Nd-YAG	12.02±2.46	10.70	17.33	
	Yttrium lazer	12.42±0.99	11.76	14.31	
CAD/CAM	Kumlama	13.05±1.72	12.19	16.55	p=0.390
	Er-YAG	12.61±2.31	10.08	16.64	
	Nd-YAG	13.38±2.53	10.80	17.56	
	Yttrium lazer	12.72±2.14	9.28	14.54	
Lazer Sinterleme	Kumlama	12.25±0.84 ^a	11.33	13.62	p=0.001*
	Er-YAG	9.73±2.03 ^b	8.73	13.70	
	Nd-YAG	15.73±4.45 ^{a,b,c}	13.56	25.12	
	Yttrium lazer	9.98±2.0 ^c	8.00	13.94	

* Dikey sütunlarda aynı küçük harfle izlenen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Tablo 2. Farklı yöntemlerle üretilen metal alt yapıların yüzey şartlandırma işlemlerine göre makaslama bağlantı dayanımı bulguları

GrupK/GrupN, GrupE/GrupN, GrupN/GrupY arasındaki fark anlamlıyken; diğer gruplar arasındaki farklılık anlamsız bulundu ($p > 0,05$).

Farklı yüzey işlemlerine göre veriler değerlendirildiğinde; istatistiksel anlamlılık Grup E ve Grup N yüzey şartlandırma işlemleri arasında bulundu (Tablo 3).

		Ort.±Ss	En Düşük	En Yüksek	p
GrupK	Döküm Metal	11.93±2.87	9.8	16.04	X ² =1.40 p=0.49
	CAD/CAM	13.69±1.72	12.19	16.55	
	Lazer Sinterleme	12.32±0.84	11.33	13.62	
GrupE	Döküm Metal	13.40±1.91 ^a	9.96	15.19	X ² =9.80 p=0.007*
	CAD/CAM	13.11±2.31 ^b	10.08	16.64	
	Lazer Sinterleme	10.64±2.03 ^{a,b}	8.73	13.70	
GrupN	Döküm Metal	12.80±2.46 ^a	10.70	17.33	X ² =6.20 p=0.045*
	CAD/CAM	13.71±2.53 ^b	10.80	17.56	
	Lazer Sinterleme	17.02±4.45 ^{a,b}	13.56	25.12	
GrupY	Döküm Metal	12.79±0.99	11.76	14.31	X ² =3.20 P=0.202
	CAD/CAM	11.84±2.14	9.28	14.54	
	Lazer Sinterleme	10.69±2.01	8.00	13.94	

* Dikey sütunlarda aynı küçük harfle izlenen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

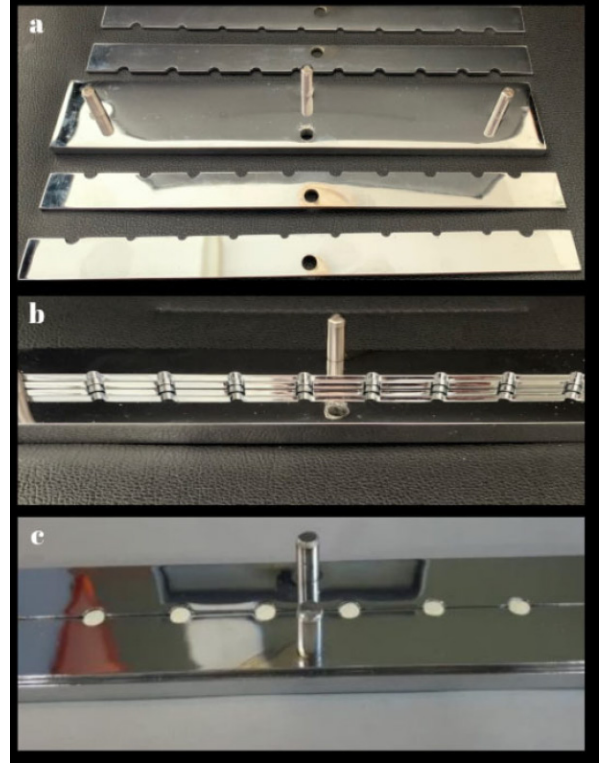
Tablo 3. Yüzey şartlandırma işlemlerinin farklı alt yapı materyallerine göre karşılaştırılması (MPa)

Döküm ile lazer sinter, CAD/CAM ile lazer sinter arasındaki farklılık anlamlı bulunmasına rağmen ($p < 0,05$); döküm ile CAD/CAM arasındaki farklılık önemsiz bulundu ($p > 0,05$). En yüksek skor Nd-YAG lazerin lazer sinter grubunda, en düşük skor ise aynı gruba ait Er-YAG ile pürüzlendirilen grupta elde edildi.

Kopma yönünden değerlendirildiğinde; döküm grubunda %55 oranında koheziv kopma, CAD/CAM grubunda

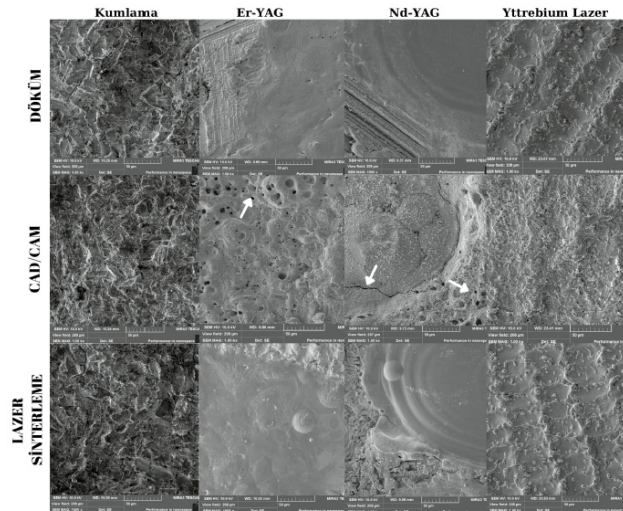
%55 oranında kombine kopma, lazer sinter grubunda ise %50 koheziv ve %50 kombine kopma görüldü.

SEM incelemesi sonucunda CAD/CAM ile üretilen metal alt yapı üzerine uygulanan yüzey işlemlerinde daha fazla girintili çıkıntılı düzensiz alanların olduğu görüldü (Resim 1).



Resim 1. Örneklerin hazırlanması a. Metal alt yapı ve seramiği taklit edecek şekilde hazırlanan metal kalıbın parçaları b. Metal alt yapı ve üst yapı porseleni için hazırlanmış yuvalar c. Metal alt yapılar üzerine tepilen seramik

Kumlama grubunda tüm alt yapı materyallerin yüzeyinde düzensiz pürüzlülüğe sahip alanlar mevcutken, lazer sinter grubunda, Er-YAG ve Nd-YAG lazer uygulanan örneklerin yüzeylerinde çukurcukların mevcudiyeti görülürken ayrıca Nd-YAG örneklerde çatlaklarda izlendi (Resim2). Yttrium lazerin tüm Cr-Co örneklerin yüzeyinde erimiş alanlar oluşturduğu görüldü (Resim 2).



Resim 2. Döküm, CAD/CAM ve lazer sinterleme ile üretilen materyaller üzerine uygulanan yüzey işlemleri sonrasındaki SEM görüntüleri (x1000)

TARTIŞMA

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel sonuçları çalışmamızın H0 hipotezini reddetmektedir. Sonuçlara göre farklı üretim teknikleri ile yapılan alt yapı üzerine uygulanan yüzey işlemlerinin bağlanma dayanımını arttırdığı görülmektedir.

Üretim tekniklerinden biri olarak CAD/CAM teknolojisi; üretim süresi ve maliyet avantajının yanı sıra, diş ve protez arasında gösterdiği mükemmel uyum sebebiyle konvansiyonel yöntemlere alternatif olarak kullanılmaktadır. Ancak konvansiyonel yöntemlere kıyasla CAD/CAM teknolojisi ile elde edilen alt yapı materyallerinin porselen bağlantı dayanımı daha düşük değerlerde bulunmuştur. Işık ve ark. farklı üretim teknikleri ile elde ettikleri, herhangi bir yüzey hazırlığı olmayan CrCo metal alaşımlarına bağladıkları farklı üst yapı porselenlerine termal yaşlandırma uygulandıktan sonra makaslama bağlantı dayanımını araştırdıkları çalışmada gruplar arasında farklılık olmadığı ifade etmişlerdir.¹⁴ En yüksek makaslama dayanımını döküm grubunda, en düşük dayanımı ise LS grubunda elde etmişlerdir. Bu çalışmadan farklı olarak, bizim çalışmamızda kumlama yüzey işlemi kontrol grubu olarak oluşturulmuştur ve tüm materyaller yüzey işlemine maruz bırakıldığı için sonuçlar farklılık göstermektedir. Nd-YAG lazer ile şartlandırılan LS grubunda en yüksek bağlantı dayanımı elde edilmiştir. Bu sebeple alt yapı materyallerine uygulanan yüzey işlemlerinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Kumlama teknik hassasiyet gerektirmeden yüzeyde morfolojik değişikliklere sebep olan ve diğer yöntemlere nazaran ucuz bir pürüzlendirme yöntemidir.¹⁵ Literatürde kumlamanın metal alt yapıyı pürüzlendirmede daha etkili olduğunu bildiren çalışmalara rastlamak mümkündür.^{16,17} Duran ve ark tarafından döküm yöntemi ile elde edilen CrCo alt yapının akrilik rezinle olan bağlantısını arttırmak amacıyla yüzeye uygulanan üç farklı şartlandırma işleminin araştırıldığı bir çalışmada kumlamanın Er-YAG uygulamasına göre daha etkili bir bağlantı sağladığı belirtilmiştir.¹⁷ Alümina ile pürüzlendirmenin mekanizması henüz tam açıklanmamış olsa da, yüzeyin mikromekanik olarak pürüzlendirmesine sebep olmaktadır. Ancak aynı araştırmacılar tek başına kumlamanın etkili olmadığını ve rezin ile metal alt yapının arasında kimyasal bir bağlantının var olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmamızda döküm yoluyla elde edilen alt yapıyı pürüzlendirmede lazerin daha etkili bir method olduğu sonucu elde edilmiştir. Elde edilen bulguların farklılığı alt yapıya bağlanan feldspatik dental porselen ile akrilik rezinin kimyasal yapıları ile lazerin gücünden kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Fiber lazerler (Nd-YAG, Er-YAG, Thulium,Yttrebiyum) alt ve üst yapı materyalleri arasındaki adhezyon kalitesini arttırması amacıyla kullanılmakta olup, üzerinde uzun zamandır çalışılan güncel bir konudur. Ortamda su olsun ya da olmasın, ablasyon mekanizması ile çalışan Er-YAG lazer

materyali ablasyona uğratır. Yani suyun olmaması ablasyonun etkinliğini azaltmaz ancak materyalde ısıl artışa sebep olur.¹⁸ Ablasyon işlemi ve krater benzeri çiziklerin oluşması muhtemelen mikro mekanik tutunma sağlar ve bağlanma değerlerinin artmasına neden olur.

Metal-seramik bağlantısını arttırmanın en önemli faktörlerinden biri altyapının yüzeyinde oluşan oksit tabakasının varlığı ve seramikle arasında oluşan kimyasal bağlantıdır. Madani ve ark. farklı yüzey işlemleri uygulanan metal alt yapılar ile rezin simanın bağlantısını inceledikleri çalışmalarında Er-YAG lazerin en yüksek bağlantı dayanımı bulgularını verdiğini göstermiştir.¹⁹ Lazer ışıklı grupta oksit tabakasının korunması ve mikro düzensizliklerin varlığı, kontrol grubuna göre daha yüksek bağlanma kuvvetinin ana nedeni olabilir.

Özdoğan ve ark. Nd-YAG ve femtosecond lazeri pürüzlendirme amacıyla 4 W gücünde kullandıkları bir çalışmada, self-adheziv rezin siman ile dentin arasındaki bağlantıyı incelemiştir.¹⁸ Araştırmacıların elde ettiği bulgulara göre lazer uygulaması dentin ve rezin arasındaki bağlantıyı kuvvetlendirmektedir ve Nd-YAG lazerle pürüzlendirilen yüzeylerde en yüksek bağlantı dayanım değeri elde edilmiştir. Kullanılan materyallerin ve lazerlerin çıkış güçlerinin farklılığına rağmen Nd-YAG çalışmamızda olduğu gibi en yüksek dayanım değerini vermektedir.

Poulon-Quintin ve ark. Nd:YAG lazer ile yüzey şartlandırma işlemini döküm titanyumun mekanik özellikleri üzerinde incelemiş ve Cr-Co alaşımınıninkilerle karşılaştırmıştır.²⁰ Lazer ile şartlandırmanın, incelenen alanın yüzey bütünlüğünü olumlu yönde değiştirerek dökme titanyumun mekanik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermişlerdir. Nd-YAG ve CO2 lazer ışınlarının yüzeyde mikro kırıklara ve çatlaklara sebep olabileceği gösterilmiştir. Çalışmamıza ait örneklerden elde edilen SEM görüntülerinde Nd-YAG ile muamele edilen grupta yüzeyde çatlakların mevcudiyeti gözlemlenmiştir. Lazer ile pürüzlendirme esnasında, materyal yüzeyi üzerinde potansiyel bir problem oluşturulabileceği unutulmamalıdır. Bu sebeple gelecekte yapılacak olan çalışmalar, lazerlerin hangi parametrelerde alt ve üst yapı materyalleri arasındaki bağlantıyı kuvvetlendireceği üzerine odaklanmalıdır. Akın ve ark. titanyum alt yapı ile rezin bağlantısı üzerine yaptıkları bir çalışmada farklı yüzey işlemlerinin titanyum alt yapı ve siman bağlantısı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada Nd-YAG (1 W) lazerin Er-YAG (1.5 W) lazere göre daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.¹⁰ Kırmalı ve ark. zirkonya yüzeyinin 150 mJ, 10 Hz ve 1 W'da Er:YAG lazerle ve 20 s süreyle pürüzlendirilmesinin, işlem görmemiş yüzeylere kıyasla kesme bağ mukavemeti değerlerini arttırdığını bildirmiştir.¹³ Bu sebeple biz de çalışmamızda 1.5 W çıkış gücünde lazer uygulamasını tercih ettik.

Bildiğimiz kadarıyla literatürde diş hekimliği alanında yttrebiyum fiber lazer ile yapılmış çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

Mutluay-Ünal ve ark. farklı güç (5,12,17 and 20W) ve frekansta uyguladıkları ytterbium-doped fiber lazer ile yüzey şartlandırma yaptıkları zirkonya alt yapı örneklerinin yüzey pürüzlülüklerinin ve ıslanabilirliklerinin arttığı sonucunu elde etmişlerdir.²¹ Ancak seramik yüzeyde mikroçatlakların oluşabileceğini ve bu sebeple de optimum sonuçlar için uygulamanın doğru güç ve frekansta yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar zirkonya yüzeyinden elde ettikleri SEM görüntülerinde yüzeyde lazer ışınları ile erimiş alanların mevcudiyetinden söz etmiştir. Cr-Co alaşımının da yüzeyinde lazer ışınlarının uygulandığı doğrultuda erimiş bölgeler izlenmiştir.

Fornaini ve ark materyalin aşırı ısınmasının önüne geçerek minimal termal oluşturması açısından nanosaniye atımlı lazerin 10 W gücünde çalışmasının uygun olduğu çıkarımına varmıştır.²² Bu sebeple çalışmada lazerlerin çıkış güçleri, literatürde yüzey pürüzlendirmede en etkili olduğu değerler olarak tercih edilmiştir. Aynı araştırmacılar zirkonyanın yüzey özelliklerini değiştirdiğini ifade etmiş olsalar da, çalışmamızda nanosaniye lazerin etkinliği diğer yüzey işlemlerine göre anlamlılık göstermemiştir.

Bu çalışmanın limitasyonlarından biri termal yaşlandırmanın yapılmamış olmasıdır. Mevcut çalışma yüzey şartlandırma amacıyla kullanılan farklı lazer uygulamalarının makaslama bağlantısı üzerine olan sonuçlarını karşılaştırma imkanı vermek açısından literatüre katkı sağlayabilecektir. Dental alanda yapılan araştırmalarında yaygın olarak kullanılan basit kesme testi tasarımları, özellikle materyaller arasında elastik modül uyumsuzluğu ve temas noktalarındaki stres konsantrasyonları sebebiyle ara yüzde tek tip bir stres vermemektedir.²² Bu sebeple materyaller arasında bağlantı dayanımını arttırmak amacıyla kullanılan fiber lazerlerin hem laboratuvar şartlarında in-vitro olarak hem de klinik uygulamalarda kullanılarak in-vivo çalışmaların yapılmasının faydalı olabileceği düşüncesindeyiz.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde şu sonuçlara varılabilir:

-Kullanılan farklı üretim alaşım ve kaplama seramiğinin bağlanmasında uygulanan yüzey işlemleri, bağlanma gücü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

-Kumlama işlemine alternatif olarak tüm lazer grupları kullanılabilir ve özellikle Nd-YAG lazer kullanımı tercih edilebilir.

-CAD/CAM ve lazer sinterle elde edilen alt yapı materyalleri döküme göre ilk tercih olmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin.* 2004;48(2):513-530.
2. Zhang Y, Kelly JR. Dental ceramics for restoration and metal veneering. *Dent Clin.* 2017;61:797-819.
3. Schmalz G, Garhammer P. Biological interactions

of dental cast alloys with oral tissues. *Dent Mater.* 2002;18(5):396-406.

4. Chavali R, Nejat AH, Lawson NC. Machinability of CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent.* 2017;118:194-199.

5. Wu G, Zhou B, Bi Y, Zhao Y. Selective laser sintering technology for customized fabrication of facial prostheses. *J Prosthet Dent.* 2008;100:56-60.

6. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia-and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont.* 2010;23:493-502.

7. Gorler O, Saygin AG. Comparative Evaluation of Effects of Laser Modalities on Shear Bond Strengths of Veneering Porcelains to Laser Sintered Substructures: An in Vitro Study. *Photomed Laser Surg.* 2017;338-344.

8. Gorler O, Dogan DO, Ulgey M, Göze A., Hubbezoğlu İ, et al. The effects of Er: YAG, Nd: YAG, and Ho: YAG laser surface treatments to acrylic resin denture bases on the tensile bond strength of silicone-based resilient liners. *Photomed Laser Surg.* 2015;33:409-414.

9. Gorler O, Ozdemir AK. Bonding strength of ceromer with direct laser sintered, Ni-Cr-based, and ZrO2 metal infrastructures after Er: YAG, Nd: YAG, and Ho: YAG laser surface treatments—a comparative in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2016;34:355-362.

10. Akin H, Guney U. Effect of various surface treatments on the retention properties of titanium to implant restorative cement. *Lasers Med Sci* 2012;27:1183-1187.

11. Coskun ME, Akar T, Tugut F. Airborne-particle abrasion; searching the right parameter. *J Dent Sci* 2018;13:293-300.

12. Yun J, Ha S, Lee J, Kim S. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent Mater* 2010;26:650-658.

13. Kirmali O, Akin H, Ozdemir AK. Shear bond strength of veneering ceramic to zirconia core after different surface treatments. *Photomed Laser Surg* 2013;31:261-268.

14. Işık EN, Aladağ A, Toksavul S. Farklı Yöntemlerle Üretilen Co-Cr Alt Yapıların, Porselen ile Bağlantısının Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2018;39:111-117.

15. Abreu A, Loza MA, Elias A, Mukhopadhyay S, Rueggeberg FA. Effect of metal type and surface treatment on in vitro tensile strength of copings cemented to minimally retentive preparations. *J Prosthet Dent.* 2007;98:199-207.

16. da Silva Ferreira S, Hanashiro FS, de Souza-Zaroni WC, Turbino ML, Youssef MN. Influence of aluminum oxide sandblasting associated with Nd: YAG or Er: YAG lasers on shear bond strength of a feldspathic ceramic to resin cements. *Photomed Laser Surg.* 2010;28:471-475.

17. Duran İ, Ural Ç, Sarı ME, Yüzbaşıoğlu E, Yılmaz B, Kavut İ. Effect of Er-YAG laser application on shear bond strength of polymethyl methacrylate to Cr-Co Alloy. *Selcuk Dent J.* 2016;3:87-91.

- 18.** Cernavin I, Hogan SP. The effects of the Nd: Y AG laser on amalgam dental restorative material. *Aust Dent J.* 1999;44:98-102.
- 19.** Madani AS, Astaneh PA, Shahabi S, Nakhaei MR, Bagheri H, Chiniforush N. Influence of different power outputs of intraoral Nd: YAG laser on shear bond strength of a resin cement to nickel-chromium dental alloy. *Lasers Med Sci.* 2013;28:229-234.
- 20.** Poulon-Quintin A, Watanabe I, Watanabe E, Bertrand C. Microstructure and mechanical properties of surface treated cast titanium with Nd: YAG laser. *Dent Mater.* 2012;28:945-951.
- 21.** Mutluay Unal S, Ozkir SE, Seyfioglu Polat Z, Guven S, Asutay H. The effect of ytterbium-doped fiber laser with different parameters on physical properties of zirconia surface. *Photomed Laser Surg.* 2017;35:157-163.
- 22.** Fornaini C, Poli F, Merigo E, Brulat-Bouchard, N., El Gamal, et al. Disilicate dental ceramic surface preparation by 1070 nm fiber laser: Thermal and ultrastructural analysis. *Bioengineering.* 2018;5:10.
- 23.** Darvell BW. Adhesion strength testing—time to fail or a waste of time? *J Adhes Sci Technol.* 2009;23:935-944.