



## Farklı Tiplerdeki Titanyum Altyapı Materyali ile Kompozit Rezın Tabakalama Materyalinin Bağlantı Dayanıklılığının İncelenmesi

### Investigation of Bond Strength of Different Type of Titanium Infrastructure Material to Composite Resin Veneering Material

Hakkı Cenker Küçükeşmen<sup>1</sup>, Aykut Öno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.

<sup>2</sup>Kütahya Ağız Diş Sağlığı Merkezi, Kütahya, Türkiye.

#### Özet

**Amaç:** Titanyum ile kompozit rezın arasındaki bağlantı dayanım değerlerine farklı yüzey işlemlerinin etkisini araştırmaktır.

**Materyal-Method:** Grade 2 (2), Grade 4 (4) ve Grade 5 (5) titanyum alaşımı kullanılarak 90 adet 8 mm çapında ve 4 mm yüksekliğinde disk elde edildi (n=30). Disk yüzeylerine sırasıyla; 600 numara zımpara kâğıdı (kontrol grubu) uygulaması (a), zımparalamayı takiben 50 µm alüminyum oksit tozu ile kumlama (b), zımparalamayı takiben tribokimyasal kumlama işlemleri (c) uygulanmıştır. Hazırlanan disk yüzeylerine, 4mm çapında ve 6 mm yüksekliğinde kompozit rezın uygulanmış ve bağlantı dayanımları universal test cihazı yardımıyla değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Kruskal-Wallis analizi sonucu, titanyum tipleri ve yüzey işlemleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur (p<0.005). Gruplar arası farklılıklar Bonferroni-Dunn testi ile değerlendirildiğinde, alüminyum oksit tozu ile kumlama işlemi uygulanan test gruplarında (b) Grade 5 titanyum alaşımı (5b); Grade 2 (2b) ve Grade 4 (4b) saf titanyum gruplarına göre daha yüksek dayanım değerleri ortaya koymuştur. Tribokimyasal kumlama yapılan gruplarda (c); Grade 4 (4c) ve Grade 5 (5c) grupları, Grade 2 (2c) grubuna göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Yüzey işlemleri kendi aralarında değerlendirildiğinde; alüminyum oksit tozu ile kumlama (b) ve tribokimyasal kumlama (c) uygulamaları benzer ortalama makaslama dayanım değerleri ortaya koymuştur. Kontrol gurubu olan zımparalama işleminden elde edilen değerler daha düşük dayanım değeri ortaya koymuştur. **Sonuç:** Alüminyum oksit kumlama (b) ve tribokimyasal kumlama (c) işlemleri, zımpara kağıdı uygulaması yapılan örneklerden daha yüksek değerler ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** Titanyum, Kompozit Rezın, Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı

#### Giriş

Diş hekimliğinde kullanılan dental alaşımların toksik ve allerjik potansiyelleri, alternatif metallerin arayışını gerekli kılmıştır (1).

Titanyum, biyouyumluluk, korozyona karşı direnç, yüksek mekanik özellikler, düşük özgül ağırlık, röntgen geçirgenliği

#### Abstract

**Objective:** The purpose of this study to investigate the effect of different surface treatments on the bond strength values between titanium and composite resin.

**Material-Method:** Grade 2 (2), Grade 4 (4) and Grade 5 (5) titanium alloys were used to obtain 90 discs 8 mm in diameter and 4 mm in height (n = 30). On the disk surfaces, respectively; (A), sanding with 50 µm aluminum oxide (b) followed by tribochemical sanding (c) followed by sanding. Composite resin with 4 mm diameter and 6 mm height was applied to the prepared disk surfaces and the connection strengths were evaluated with universal test machine.

**Results:** Significant differences were found between the results of Kruskal-Wallis analysis, titanium types and surface treatments (p <0.005). Differences between the groups were evaluated by the Bonferroni-Dunn test. In the test groups which were sandblasted with aluminum oxide, (b) Grade 5 titanium alloy (5b); Grade 2 (2b) and Grade 4 (4b) showed higher strength values than pure titanium groups. In tribochemical sandblasting groups (c); Grade 4 (4c) and Grade 5 (5c) groups were higher than Grade 2 (2c) groups. When surface treatments are evaluated among themselves; sandblasting with aluminum oxide (b) and tribochemical sanding (c) applications revealed similar average shear strength values. The values obtained from the control group sanding process revealed lower strength values.

**Conclusions:** Aluminum oxide sandblasting (b) and tribochemical sandblasting (c) technics showed higher values than abrasivepaper application.

**Keywords:** Titanium, Composite Resin, Shear Bond Strength

(yaklaşık 1,6 mm kalınlığa kadar) düşük ısı geçirgenliği gibi önemli özelliklere sahiptir (2). Titanyum, allotropik bir elementtir. Yüksek mekanik dayanıklılığa sahip ve iyi şekil verilebilir yumuşak özellikteki alfa fazında bulunur. 885C°nin üstünde, hacim merkezli kübik (HMK) yapısında sert, dayanıklı ve zor şekillendirilen beta fazına dönüşür. Titanyumun alfa, alfa'ya yakın, alfa/beta, beta olmak üzere

farklı fazlarının olması, bu yapısal geçiş nedeniyledir (3). Tüm bu özelliklerinin kazandırdığı avantajlar sayesinde, titanyum, diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır.

Diş hekimliğinde kullanılan ticari saf titanyum değişik oranlardaki oksijen, demir ve eser elementlerin içerikliklerine göre 4 sınıfa ayrılır (4). Bazı araştırmacılar Ti-6Al-4V alaşımını diş hekimliğindeki 5. Sınıf titanyum alaşımı olarak tanımlamışlardır (5).

Saf titanyum veya titanyum alaşımları, diş hekimliğinde, implant ve diş destekli sabit protetik tedavilerde alt yapı materyali olarak, tam ve parsiyel protezlerde alt yapı materyali olarak, ortodontik tellerde, endodontik döner aletlerde uygulama alanı bulmaktadır (6).

Yapılan çalışmalar sonucunda; titanyum implant uygulamalarında üst yapı materyali olarak kompozit rezinlerin kullanımı sayesinde; kron kırık tamirlerinin kolay yapılabilirdiği, buna bağlı olarak tedavi randevularının daha az zaman gerektirdiği, implant destekli tek üye kron yapımında yüzey yapısının ve parlaklığının korunabilirdiği ve plak birikiminin az olduğu gösterilmiştir. Bu avantajlarından dolayı, kompozit üst yapı uygulamaları, bazı implant firmaları tarafından da önerilmektedir (7).

Bu deneysel çalışmada; farklı yüzey işlemleri uygulanan farklı tiplerdeki titanyum materyallerinin, tabakalama materyali olarak kullanılmakta olan kompozit rezin ile bağlantı dayanımlarını incelemek amaçlanmıştır.

## Materyal-Method

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Laboratuvarında ve Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

### Titanium Disklerin Elde Edilmesi

Grade 2, 4 ve 5 tiplerindeki titanyum çubuklardan (ASTM B348, Tifast, Z.I. San Liberato-İtalya) her birinde 30'ar adet olmak üzere 90 adet 8 mm çapında 4 mm yükseklikte titanyum diskler, freze cihazı (Cnc 4500-II, Mazak, Hampshire, İngiltere) ile kesilerek elde edildi. Titanium disklerin test cihazına bağlanabilmesi ve yüzey işlemlerinin yapılabilmesi için diskler 18 mm yüksekliğinde 14 mm çapında teflon borular kullanılarak kendiliğinden polimerize olan akrilik rezin (Pan Acryl, Arma Dental, Gebze, Türkiye) ile bloklar içine gömüldü. Örnekler her bir deney grubunda 10'ar adet olacak şekilde rastgele 9 gruba ayrıldı.

Yüzey işlemlerinden önce titanyum örneklerin yüzeylerinin temizliği amacıyla ultrasonik temizlik cihazında (Pro 30, Asonic, Ljubljana, Slovenya) %96'lık etil alkol çözeltisinde 5 dk süresiyle temizlendi. Üç farklı yöntemle yüzey işlemleri uygulandı. Bu işlemler;

1. 600 numara sulu zımpara (P, Saitac, Torino, İtalya) (kontrol grubu), (a)
2. Zımparayı takiben alüminyum oksit tozuyla Kumlama ( $Al_2O_3$ ) kumlama (b)
3. Zımparayı takiben tribokimyasal kum, ile kumlama (Cojet Blast-Coating Agent, 3M ESPE, Landsberg Almanya) (c)

Buna göre; Grade 2 titanyum; zımpara grubu (2a), Kumlama grubu (2b), tribokimyasal kumlama grubu (2c). Grade 4 titanyum; zımpara grubu (4a), Kumlama grubu (4b), tribokimyasal kumlama grubu (4c). Grade 5 titanyum; zımpara grubu (5a), Kumlama grubu (5b), tribokimyasal kumlama grubu (5c) olmak üzere 9 grup oluşturuldu.

### Zımpara İşlemi

Bütün örneklere zımpara işlemi, metalografik polisaj cihazında (Metkon Forcipol 1 V, Metcon, Bursa, Türkiye), 600 numara zımpara ile yapıldı. Titanium yüzeylerinde zımparalanmamış yüzey kalmayana kadar işleme devam edildi (8-10.) Sadece zımparalama uygulanan 2a, 4a, 5a grupları, kontrol grubu olarak seçildi.

### Alüminyum Oksit Kumlama

Titanium disklerin kompozit rezin ile bağlantı dayanıklılığının artırılması amacıyla 2b, 4b ve 5b gruplardaki örnekler, zımpara işlemine ek olarak 50µm parçacık büyüklüğünde  $Al_2O_3$  kullanılarak, kumlama cihazı (Basic Solo, Renfert, Hilzingen, Almanya) ile kumlandı (11-13).

### Tribokimyasal Kumlama

Zımpara işlemine ek olarak 2c, 4c ve 5c gruplarındaki örneklerin yüzeyleri, tribokimyasal kumlama yöntemi ile kumlandı. Bu yöntemde Cojet 30 µm tribokimyasal kumlama ajanları kullanıldı. Kumlama işlemi üretici firma talimatlarına göre 3 bar basınç altında 30 saniye süresince gerçekleştirildi (14-16).

Yüzey işlemleri uygulanan titanyum yüzeylere aynı ebatlarda kompozit rezin uygulanması için 4mm iç çapı ve 6mm yükseklikte ince teflon borular hazırlandı. Çalışmamızda kompozit materyali olarak mikrofil dolduruculu A2 renginde kompozit rezin (Ceramage, Shofu, Kyoto Japonya) kullanıldı. Resin-metal bağlanması amacıyla set içinden çıkan primer (M.L. Primer, Shofu, Kyoto Japonya) üretici firma talimatlarına göre aplikatör ile ince bir tabaka halinde titanyum yüzeyine uygulandı. Primerin kuruması için 10 saniye için beklendi. Kuruma işlemi bittikten sonra aynı işlem ikinci kez tekrarlandı. Primer uygulanan yüzeylere, Set içindeki pre-opak (pre-opak, Shofu, Kyoto Japonya) maddesi üretici firmanın önerdiği ince uçlu kıl fırça yardımıyla uygulandı. Işınlama cihazı (Solidite V, Shofu, Kyoto, Japonya) yardımıyla örnekler 3 dak süresince polimerize edildi. Ceramage opak da (Ceramage opak, Shofu, Kyoto Japonya) aynı yöntemler ile uygulandı ve polimerize edildi. Pre-opak ve opak tabakaları hazırlanan titanyum örneklere, kompozit rezin uygulamasına geçildi. Shofu Ceramage A2 renginde kompozit rezin tabakalama materyali her seferinde 2mm olacak şekilde ince teflon boru içine el aletleri ile 4mm çapında 6mm yükseklikte uygulandı (17, 18). Solidite V ışınlama cihazında her seferinde 2 dak süresince döner tabla üzerinde tüm bölgeleri eşit miktarda ışınlandı.

Hazırlanan örneklerden ince teflon borular çıkarıldı ve makaslama bağlantı dayanıklılık testine tabi tutulana kadar, oda sıcaklığında distile su içinde saklandı (8). Örnekler, universal test cihazında (Lloyd LRX, Lloyd Fareham, Hands, İngiltere) kompozit materyal titanyum yüzeyden ayrılıncaya kadar dikey yönde, yükleme hızı 1 mm/dk olacak şekilde

kuvvet uygulandı (19, 20).

Makaslama bağlantı dayanıklılık testi sonrasında, başarısızlık türlerini belirlemek amacıyla arayüzler Leica stereomikroskop (S4E Stereozoom, Leica. Wetzlar, Almanya) altında 10x büyütmede incelendi.

#### İstatistiksel Metot

Çalışmada bağlantı dayanım değerleri bakımından elde edilen veriler istatistik analize tabi tutulmadan önce parametrik testlerin ön şartı olan verilerin normal dağılması ve varyansların homojenliği ön şartlarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir.

Uygulanan Kolmogorov-Smirnov testi sonucunda bağlantı dayanım değerlerinin dağılımının normal olduğu tespit edilse de (KS:0,082; p=0,135) uygulanan Bartlett's Ki-Kare testi sonucunda varyansların homojen olmadığı sonucuna varılmıştır (Ki-Kare: 20,96; p=0,007).

Parametrik testlerin en önemli şartı olan varyansların homojenliği şartı sağlanmadığı için verilerin değerlendirmesinde parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Uygulamaların sıra sayı ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Bonferroni-Dunn testi uygulanmıştır. Farklılıkların sıra sayı ortalamaları tabloların üzerinde Latin harfleri ile gösterilmiştir.

## Bulgular

### Bağlantı Dayanıklılık Sonuçları

Farklı titanium materyallerinin (Grade 2, 4 ve 5) farklı yüzey işlemleri uygulanarak (kontrol grubu, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama, tribokimyasal kumlama) kompozit rezin materyali ile bağlantı dayanım değerleri Newton (N) cinsinden elde edildi. Newton cinsinden elde edilen sonuçlar yüzey alanına bölünerek MPa'ya çevrildi.

### İstatistiksel Sonuçlar

Grade 2 titanium ile yüzey uygulamaların karşılaştırılmasında uygulanan Kruskal-Wallis testi sonucunda uygulamaların sıra sayı ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. (p<0,01)

Grade 2 titanium-kompozit örneklerde, diğer iki grup (2b ve 2c), kontrol grubuna göre (2a) anlamlı farklılık göstermiştir. (p<0,01) Grade 4 titanium-kompozit bağlantısında, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama (4b) ve tribokimyasal kumlama uygulanan örneklerin (4c), kontrol grubundan (4a) istatistiksel olarak anlamlı farklı olduğu gözlenmiştir (p<0,01). Grade 5 titanium-kompozit bağlantısında, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama (5b) ve tribokimyasal kumlama (5c), kontrol grubundan (5a) istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. (p<0,01) (Tablo 1)

Test edilen tüm titanium tipleri için kontrol grupları arasında uygulanan Kruskal-Wallis testi sonucunda, farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur (p>0,05). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama grupları ve titanium tipleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (p<0,05). Grade 5'te (5b) en yüksek bağlantı değerlerinin olduğu ve Grade 2 (2b) ile Grade 4 (4b) arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür (p>0,05). Tribokimyasal kumlama grupları ve titanium tipleri arasındaki farklılık incelendiğinde farkın istatistiksel olarak

önemli olduğu bulunmuştur (p<0,05). Grade 4'te (4c) ve Grade 5'te (5c), Grade 2'ye (2c) göre daha yüksek ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri olduğu görülmüştür (Tablo 2).

**Tablo 1.** Titanium tiplerinin, yüzey işlemlerine göre istatistiksel sonuçları

Ti Tipi	İstatistiksel veriler	Kontrol Grubu	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kumlama	Tribokimyasal Kumlama
Grade 2	Ortalama	4,62 <sup>B</sup>	14,12 <sup>A</sup>	11,05 <sup>A</sup>
	Standart Sapma	2,52	4,36	3,92
Grade 4	Ortalama	4,87 <sup>B</sup>	12,72 <sup>A</sup>	15,52 <sup>A</sup>
	Standart Sapma	2,56	4,1	3,48
Grade 5	Ortalama	2,69 <sup>B</sup>	17,35 <sup>A</sup>	15,76 <sup>A</sup>
	Standart Sapma	1,01	2,71	2,48

Farklılıklar aynı satırdaki ortalamalar için geçerlidir.

**Tablo 2.** Yüzey işlemlerinin, titanium tiplerine göre istatistiksel sonuçları

Yüzey İşlemleri	İstatistiksel veriler	Grade 2	Grade 4	Grade 5
Kontrol	Ortalama	4,62 <sup>A</sup>	4,87 <sup>A</sup>	2,69 <sup>A</sup>
	Standart Sapma	2,52	2,56	1,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kumlama	Ortalama	14,12 <sup>B</sup>	12,72 <sup>B</sup>	17,35 <sup>A</sup>
	Kumlama	4,36	4,1	2,71
Tribokimyasal Kumlama	Ortalama	11,05 <sup>B</sup>	15,52 <sup>A</sup>	15,76 <sup>A</sup>
	Standart Sapma	3,92	3,48	2,48

Farklılıklar aynı satırdaki ortalamalar için geçerlidir.

### Stereomikroskop Bulguları

Stereomikroskop görüntüleri incelendiğinde, Grade 2 kontrol grubu (2a) ve Grade 4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama grubunda (4b) birer tane örnekte kompozit materyalinin içinde, kompozit ile opak maddesi arasında koheziv kırık gözlenmiştir. Karışık tip kırık alanları en çok Grade 2 kontrol grubunda (2a) görülmektedir. Ancak karışık tip kırılma gösteren örneklerin hiçbirinde koheziv tip kırık alanı bütün kırılma alanının yaklaşık %2'sinden fazla değildir. Örneklerden Grade 5 tribokimyasal kumlama grubu (5c), Grade 4 tribokimyasal kumlama grubu (4c) ve Grade 5 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama grubundaki (5b) örneklerin tamamı adeziv tip kırılma göstermişlerdir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Gruplara göre başarısızlık türleri

Ti Tipleri	İstatistiksel veriler	Kontrol Grubu	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kumlama	Tribokimyasal Kumlama
Grade 2	Adeziv Kırık	7	9	8
	Koheziv Kırık	1	0	0
	Karışık Kırık	2	1	2
Grade 4	Adeziv Kırık	9	8	10
	Koheziv Kırık	0	1	0
	Karışık Kırık	1	1	0
Grade 5	Adeziv Kırık	9	10	10
	Koheziv Kırık	0	0	0
	Karışık Kırık	1	0	0



## Tartışma

Kompozit materyali üzerine yapılan çalışmalara göre açık renkte olan kompozitler koyu renkteki kompozitlere göre daha fazla polimerize edici ışık penetrasyon derinliğine sahiptir (17). Bu nedenle çalışmamızda A2 rengindeki kompozit kullanılmıştır.

Kompozitler en fazla 2mm tabakalar halinde ve 3-4 cm mesafeden ışığa tabi tutulmalıdır (18). Çalışmamızda; kompozit materyali, 2mm'den fazla olmayacak şekilde tabakalama yöntemi kullanılarak uygulanmış ve 4 cm mesafeden ışınlama gerçekleştirilmiştir.

Yanagida et al. (10) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, farklı yüzey işlemleri uygulanan titanyum materyali ile kompozit materyali arasında bağlantı dayanımlarını araştırmışlardır. Bu çalışmada 8 farklı metal primer, 50 µm ve 125 µm partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu ile kumlama ve mikrofil doldurucu kompozit rezin uygulanmıştır. Örnekler mekanik testten önce 37 °C'de 24 saat suda bekletilmiş ve 4°C ve 60°C derecelerde 20.000 devirde termal döngüye tabi tutmuşlardır. En yüksek bağlantı dayanım değerleri Cesead II Opaque Primer uygulanan örneklerde 30,2 MPa bulunmuştur. En düşük bağlantı dayanım değerleri ise Eye Sight Opaque Primer uygulanan örneklerde 8,6 MPa bulunmuştur.

Titanyum materyali, günümüzde yaygın olarak kullanılan kobalt-krom altyapı alaşımlarının dezavantajları nedeniyle tercih edilmiştir.

Taira et al. (9) yaptığı bir çalışmada, Grade 1 titanyum ile yapıştırma ajanlarının fosfat ve tiosülfat içerikli primerlerin kullanımını araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre fosfat içerikli primerlerin yüksek bağlantı dayanım değerleri gösterdiği bulunmuştur. Bu literatür ışığında çalışmamızda Shofu Inc. M.L. Primer kullanılmıştır.

Matinlinna et al.'ın (14) yaptığı bir araştırmada, 20 adet titanyum disk kullanılmış ve her bir titanyum diske, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama ve silika kaplı kumlama (tribokimyasal kumlama) uygulanmıştır. Bu çalışmada 5 farklı dental silanın bağlantı dayanımına etkisi araştırılmıştır. Kullanılan tüm titanyum diskler Grade 2 titanyum materyalinden seçilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda en yüksek bağlantı değeri RelyX™ dental silan uygulamasında (19,5 MPa), en küçük değer ise Pulpdent™ dental silan uygulamasında (7,8 MPa) bulunmuştur.

Araştırmadaki yüzey işlemlerinden Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozuyla kumlama ve tribokimyasal kumlama yöntemleri ile çalışmamızda gerçekleştirilen yüzey işlemleri benzerdir.

Fujishima et al. (8) gerçekleştirdiği bir araştırmada, dört farklı yapıştırma ajanının titanyum materyali ile olan bağlantı dayanımlarını incelemiştir. Bu çalışmada Grade 2 titanyum kullanılmıştır. 168 adet disk elde edilmiş ve 600 numara sulu zımpara kâğıdı ile zımparalanmış ve 250 µm partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozuyla kumlama uygulanmıştır. Yapıştırma ajanlarının titanyum materyali ile bağlanmasından önce New Metacolor opak kullanılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre Silicoater ajanının 21,9 MPa ile en yüksek bağlantı dayanım değerine sahip olduğu

bulunmuştur. Çalışmamızda, farklı partikül boyutunda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu kullanılmıştır. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kum partiküllerinin farklı seçilmiş olması, çalışmamızdaki sonuçlar ile bu araştırmadaki sonuçların farklı olmasının nedeni olduğunu düşündürmektedir.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu partikül boyutunun büyük olmasının yüzey pürüzlendirme miktarını olumlu yönde değiştirdiği düşünülmektedir. Galo et al.'ın (19) yaptıkları bir çalışma da bu görüşü desteklemektedir. Bu çalışmada Grade 1 titanyum örnekler üzerine 50 µm, 110 µm, 180 µm ve 250 µm partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu ile kumlama uygulanarak yüzey pürüzlendirme yapılan örnekler 2 farklı tipte kompozit rezin uygulanmıştır. Örnekler termal döngüye tabi tutulmamışlardır. Bu çalışmada alınan sonuçlara göre, her iki kompozit rezinde de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu partiküllerindeki büyüme, bağlantı dayanım değerleri arttırmaktadır.

Lim et al. (11) bir çalışmada, Grade 5 titanyum alaşımı ve Grade 4 titanyum (%99,5) ile kompozit materyali arasında bağlantı dayanım sonuçları değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada 2000 numaralık zımpara, zımpara ardından 50 µm partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu ile kumlama ve zımpara ardından fosfat florit jel ile yüzey pürüzlendirme işlemleri uygulanmış ve örnekler 37°C'de 1 gün boyunca distile suda bekletilmişlerdir.

Bu çalışma sonucunda sadece zımpara kullanılmış olan grupta en yüksek bağlantı dayanım değeri Grade 5 titanyum alaşımı için 4,62 MPa olarak bulunmuştur. Çalışmamızda ise kontrol grubunda titanyum tipleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Zımpara ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama uygulanmış grupta ise Grade 5 titanyum alaşımı (5b) ve Grade 4 titanyum (4b) arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Bu sonuçlarla çalışmamızdaki farklılıklar; Lim et al.'ın çalışmasında kullanılmış olan Grade 4 titanyumun %99,5 saflık derecesine sahip olduğu belirtilmiş olmasına rağmen kalan içeriğinin belirsiz olması ve her iki çalışmada farklı grit boyutuna sahip zımpara kâğıdı kullanılmış olmasına bağlı olabileceği değerlendirilmiştir.

Watanabe et al. (12) çalışmalarında 50µm partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozuyla kumlanmış, 250 µm partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozuyla kumlanmış ve zımpara kâğıdı ile yüzey işlemi uygulanmış titanyum ile kompozit materyalinin bağlantı dayanım değerlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada Grade 2 titanyum ile altın alaşımı kullanılmış ve mekanik testten önce örnekler termal döngüye tabi tutulmamışlardır.

Behr et al. (15) gerçekleştirdikleri bir çalışmada 180 adet Grade 1 titanyum örneğe 800 numara zımpara kâğıdı ile yüzey pürüzlendirmesi uygulanmış ve sonra 15 saniye süresinde partikül boyutuna sahip Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozuyla kumlama ve 15 saniye süresince tribokimyasal kumlama uygulanmıştır. Örnekler bağlantı dayanım testi uygulanmadan önce 1 gün ile 150 gün süresince 37°C'de distile suda bekletilmişlerdir. Termal döngü uygulanmamıştır.

Bu çalışmada çalışmamız ile aynı mikrofil doldurucu kompozit rezin kullanılmıştır. Bu çalışmadan alınan sonuçlara göre tribokimyasal kumlama uygulanan titanyum yüzeyler için tespit edilmiş olan bağlantı dayanım değerleri diğer

yüzey işlemlerine göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Ancak son yıllardaki çalışmalarda özellikle titanyum yüzeyin  $Al_2O_3$  tozuyla kumlama ve tribokimyasal kumlama sistemlerin geliştirilmesine bağlı olarak kompozit materyali ile metallerin bağlantısı kuvvetlendirilmektedir (11).

$Al_2O_3$  tozuyla kumlama sadece yüzey pürüzlendirme ile sonuçlanmaz aynı zamanda titanyum yüzeyinde gömülü toz partikülleri de kalabilir. Titanyum materyali ile kompozit bağlantısında kullanılan yapıştırma ajanları doğrudan titanyum yüzeyi ile kimyasal bağlantı kurmaktadır ve yüzeyde gömülü kalan  $Al_2O_3$  partiküllerinin bağlantı mekanizmasını etkilediği düşünülmektedir (16).

$Al_2O_3$  tozuyla kumlama titanyum yüzeyinde pürüzlendirme görevine ek olarak yüzeydeki artıkların uzaklaştırılmasını sağlamakta ve yeni oksit tabakasının oluşumunu engellemektedir (11). Titanyum yüzeyindeki bu değişimler yüzey enerjisini ve yüzeyin kimyasal yapısını etkilemektedir. Buna bağlı olarak da örnekler arasında aynı şartlarda pürüzlendirme işlemleri yapılması gerekmektedir. Standardizasyon hataları bağlantı dayanım değerlerinde değişiklikler gösterebilir.

Özdemir ve ark. (13) yüzeylere sadece silan uygulandığında bağlantı dayanım değerlerinin yeterince artmadığını ve mekanik retansiyonun yapılması gerektiğini vurgulayan çalışmalarını dikkate alarak, mekanik retansiyon yöntemleri, kimyasal bağlantı ajanları ile kombine edilmiş ve kumlama, asitleme ya da kumlama+asitleme gibi mekanik pürüzlendirme yöntemlerini takiben tüm örnekler kimyasal bağlantı için silan bağlantı ajanı uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir.

## Sonuç

1. Kontrol grubundaki örnekler için yapılan analiz sonucu; makaslama bağlantı dayanım değerleri çok düşük olmak ile birlikte Grade 2 (2a) ,4 (4a) ve 5 (5a) titanyum grupları arasında anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir.

2.  $Al_2O_3$  tozu ile kumlanan örnekler için yapılan analiz sonucu; Grade 5 titanyum alaşımı (5b), Grade 4 (4b) ve Grade 2 (2b) titanyuma göre anlamlı derecede yüksek ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri göstermiştir.

3. Tribokimyasal kumlama grubundaki örnekler için yapılan analiz sonucu; Grade 4 (4c) titanyum ve ve Grade 5 titanyum alaşımına (5c) ait ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri Grade 2 (2c) titanyum grubuna ait ortalama makaslama bağlantı dayanım değerlerinden yüksek bulunmuştur.

Test edilen tüm titanyum tipleri için;  $Al_2O_3$  tozuyla kumlama ve tribokimyasal kumlama yüzey işlemi uygulanmış titanyum yüzeylerinden elde edilmiş ortalama makaslama bağlantı dayanım değerleri benzer ancak sadece zımpara kağıdı uygulanmış titanyum yüzeylerinden elde edilmiş ortalama makaslama bağlantı dayanım değerlerinden yüksek olmuştur.

## Teşekkür

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 3981-D1-14 proje numarası ile desteklenmiştir. Yazarlar, Süleyman

Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederler.

## Kaynaklar

1. Meiers J, Freilich M. Conservative anterior tooth replacement using fiber-reinforced composite. *Oper Dent.* 2000; 25(3): 239-43.
2. Görler O, Özdemir AK. Porselen ile titanyumun bağlanma dayanımına Nd-YAG lazerin etkinliğinin incelenmesi. *Cumhuriyet Dent J.* 2013; 16(3): 174-80.
3. Roach M. Base metal alloys used for dental restorations and implants. *Dent Clin North Am.* 2007; 51(3): 603-27.
4. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection.* 2nd Edition. Chicago, Quintessence Publ. 1997.
5. Mudford L, Curtis R, Walter J. An investigation of debonding between heat-cured PMMA and titanium alloy (Ti-6Al-4V). *Journal of Dentistry* 1997; 25(5): 415-21.
6. Uzun İH, Bayındır F. Dental uygulamalarda titanyum ve özellikleri. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.* 2010; 20(2): 213-20.
7. Suzuki M, Bonfante E, Silva NR, Coelho PG. Reliability testing of indirect composites as single implant restorations. *J Prosthodont.* 2011; 20(7): 528-34.
8. Fujishima A, Fujishima Y, Ferracane JL. Shear bond strength of four commercial bonding systems to cpTi. *Dent Mater.* 1995; 11(2):82-6.
9. Taira Y, Yoshida K, Matsumura H, Atsuta M. Phosphate and thiophosphate primers for bonding prosthodontic luting materials to titanium. *J Prosthet Dent.* 1998; 79(4): 384-8.
10. Yanagida H, Matsumura H, Taira Y, Atsuta M, Shimoe S. Adhesive bonding of composite material to cast titanium with varying surface preparations. *J Oral Rehabil.* 2002; Feb; 29(2): 121-6
11. Lim BS, Heo SM, Lee YK, Kim CW. Shear bond strength between titanium alloys and composite resin: Sandblasting versus fluoride-gel treatment. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater.* 2003; 64(1): 38-43.
12. Watanabe I, Kurtz KS, Kabcenell JL, Okabe T. Effect of sandblasting and silicoating on bond strength of polymer-glass composite to cast titanium. *J Prosthet Dent.* 1999; 82(4): 462-7.
13. Özdemir E, Niğiz R, Zortuk M. Farklı yüzey hazırlıklarının porselen kompozit rezin bağlantısı üzerine etkisinin in-vitro araştırılması. *Acta Odontol Turc.* 2007; 24(2): 75.
14. Matinlinna J, Lassila L, Vallittu P. Evaluation of five dental silanes on bonding a luting cement onto silica-coated titanium. *Journal of Dentistry* 2006; 34(9): 721-6.
15. Behr M, Rosentritt M, Gröger G, Handel G. Adhesive bond of veneering composites on various metal surfaces using silicoating, titanium-coating or functional monomers. *Journal of Dentistry* 2003; 31(1): 33-42.
16. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent.*

1994; 71(5): 453-61.

17. Tsai PC, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater.* 2004; 20(4): 364-9.

18. Turssi C, De Magalhaes C, Serra M, Rodrigues A. Surface roughness assessment of resin-based materials during brushing preceded by pH-cycling simulations. *Oper Dent.* 2001; 26(6): 576-84.

19. Galo R, Ribeiro RF, Rodrigues RCS, Pagnano VdO,

Mattos MdGCd. Effect of laser welding on the titanium composite tensile bond strength. *Braz Dent J.* 2009; 20(5): 403-9.

20. Matinlinna JP, Özcan M, Lassila LV, Vallittu PK. The effect of a 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane and vinyltriisopropoxysilane blend and tris (3-trimethoxysilylpropyl) isocyanurate on the shear bond strength of composite resin to titanium metal. *Dent Mater.* 2004; 20(9): 804-13.