

# Farklı Boyutlarda Alüminyum Oksit ile Yüzey İşlemi Uygulanan Ti6Al4V ELI (Grade 5 ELI) Alaşımının ve Grade 4 Saf Titanyumun Yüzey Pürüzlülüğünün Karşılaştırılması

## Comparison of Surface Roughness of Ti6Al4V ELI (Grade 5 ELI) and Grade 4 Pure Titanium That are Treated with Different Size of Aluminum Oxide

Hasan Önder GÜMÜŞ,<sup>a</sup>  
Hayriye ŞENTÜRK ÇEŞMECİ,<sup>a</sup>  
Hasan Hüseyin KOCAĞAOĞLU,<sup>a</sup>  
Halil İbrahim KILINÇ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Protetik Diş Tedavisi AD,  
Erciyes Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi, Kayseri

Geliş Tarihi/Received: 21.01.2013  
Kabul Tarihi/Accepted: 07.06.2013

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Hasan Hüseyin KOCAĞAOĞLU  
Erciyes Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi,  
Protetik Diş Tedavisi AD, Kayseri,  
TÜRKİYE/TURKEY  
hasankocaagaoglu@hotmail.com

**ÖZET Amaç:** Bu çalışmanın amacı, Grade 4 saf titanyum ve Grade 5 ELI titanyum alaşımlarına uygulanan yüzey işlemlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini karşılaştırmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Elli adet Grade 4 ve 50 adet Grade 5 ELI titanyum materyali 15x15x1,5 mm ebatlarında üretildi. Örnekler üretici talimatlarına göre yüzeyleri ayna parlaklığına ulaşana kadar cilalandı. Grade 4 ve Grade 5 ELI alaşımlarının her ikisine de aynı işlemler uygulandı ve beşer gruba ayrıldı: Kontrol grubu; 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlama; 125 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlama; 250 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlama; sodyum bikarbonat püskürtme (Airflow). Ardından yüzey pürüzlülük değerleri profilometre cihazı kullanılarak ölçüldü ve kaydedildi. İstatistiksel değerlendirme Mann Whitney U testi ile yapıldı. **Bulgular:** Grade 4 ve Grade 5 ELI titanyum alaşımı arasında yüzey pürüzlülüğü bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (p=0,614). 125 ve 250 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlama yapıldığında, Grade 5 ELI titanyum alaşımı Grade 4 titanyuma göre daha fazla pürüzlülük değerleri göstermiştir (p<0,05). Her iki grup arasında yüzey cilalanabilirliği açısından fark görülmemiştir (p≥0,05). Grade 5 ELI titanyum alaşımında kontrol ve airflow grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (p≥0,05). 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlama yapıldığında her iki titanyum grubu arasında yüzey pürüzlülüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (p≥0,05). **Sonuç:** Grade 4 saf titanyum ile Grade 5 ELI titanyum alaşımlarının her ikisi için de kumlama yöntemi yüzey pürüzlülüğü oluşturmak için etkili bir yöntemdir.

**Anahtar Kelimeler:** Titanyum; titanyum alaşım (TiAl6V4); diş implantları

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study was to compare the effects of different surface treatments on surface roughness of Grade 4 pure titanium and Grade 5 ELI titanium alloys. **Material and Methods:** 50 Grade 4 and 50 Grade 5 ELI titanium plates (15x15x1.5 mm) were fabricated. Specimens were polished according the manufacturer's instructions using a polishing machine until they reached the brightness of the whole mirror. Same protocols were observed for the Grade 4 and Grade 5 ELI titanium specimens and they were divided in to five groups: no treatment (control group); air-borne particle abrasion with 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; air-borne particle abrasion with 125 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; air-borne particle abrasion with 250 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; air polishing with sodium bicarbonate powder(Airflow). Specimens were characterized by profilometry. Statistical analysis was performed using Mann Whitney U test. **Results:** No significant statistical difference found between Grade 4 and Grade 5 ELI titanium specimens. In terms of sandblasting with 125 and 250 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Grade 5 ELI titanium specimens had more surface roughness than Grade 4 titanium specimens (p<0.05). In control groups, Grade 4 and Grade 5 ELI titanium specimens had no statistical difference (p≥0.05). In Grade 5 ELI titanium specimens, there was no statistical difference with control and Air flow groups (p≥0.05). The Grade 4 titanium group treated with 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, showed no statistical difference if compared with Grade 5 ELI titanium alloy group treated with 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (p≥0.05). **Conclusion:** Air-borne abrasion is an effective method to achieve surface roughness for both Grade 4 pure titanium and Grade 5 ELI titanium alloys.

**Key Words:** Titanium; titanium alloy (TiAl6V4); dental implants

**T**itanyum, üstün biyolojik uyumluluğu, korozyona direnci, fiziksel ve mekanik özelliklerinin kabul edilir derecede iyi olması gibi nedenlerle 1950'li yıllardan bu yana kullanılmaktadır. Diş hekimliği alanında da son yıllarda özellikle kemik içi implantlarda ve hareketli ve sabit protezlerde kullanımı oldukça artmıştır.<sup>1-6</sup>

Titanyum elementi ticari olarak kendi içerisindeki saflık derecelerine, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre derecelendirilmiştir. Ticari olarak üretilen 30'dan fazla titanyum alt grubu bulunmaktadır. Bu alt gruplar 'Grade (Gr)' olarak isimlendirilmektedir. Dental implantlarda kullanılan titanyum ise Grade 1-5 alt grubudur. Daha yoğun olarak ise Grade 4 ve 5 kullanılmaktadır.<sup>5</sup>

Gr 1-4, saf titanyum olarak bilinmektedir. Bu materyaller alaşım olmayıp titanyum kristallerinin arasında az miktarda oksijen, nitrojen ve karbon ihtiva eder. Bunların mühendislik özellikleri de içerisindeki bu materyaller ile ilgilidir. Gr 1, en saf titanyum olmakla birlikte, Gr 4 ise içerisinde en fazla oksijen, nitrojen ve karbon içeren materyaldir. Böylece Gr 4 titanyum daha sağlam ancak daha rijit bir materyaldir.<sup>7</sup>

Gr 5 ise bir titanyum alaşımı olup Ti-6Al-4V veya Ti-6-4 olarak isimlendirilir. Çünkü içerisinde %6 alüminyum, %4 vanadium, %0,25 demir, %0,2 oksijen içerir. Bu kombinasyonla birlikte Gr 5 titanyum alaşımının daha işlenebilir, dayanıklı ve korozyon direncine sahip olmakla birlikte en çok kullanılan titanyum alaşımı olduğu söylenmektedir.<sup>5,6</sup> ELI alaşımı ise Gr 23 olarak da bilinir, alaşımı oluşturan elementler Gr 5 ile aynıdır, ancak oksijen içeriği %0,13'e kadar düşürülmüştür. Bu nedenle elastiklik modülü Gr 5'e göre daha düşüktür.<sup>7</sup>

Porselen ile dental alaşımın bağlantısı mekanik kilitlenme, kimyasal bağlantı, kompresif kuvvetler veya Van der Waals kuvvetleri ile oluşmaktadır.<sup>8,9</sup> Her 4 bağlantı şeklinde de metal yüzeyinin porselen ile ıslanması söz konusudur. Üstün özelliklerinin olmasının yanı sıra titanyumun porselen ile bağlantısında birtakım sorunlar vardır. Yüksek ısılarda oksijen ile reaksiyona girerek kalın bir titanyumoksit tabakası oluşturur. Bu kalın oksit tabakası titanyum ve porselen bağlantısını önemli ölçüde zayıflatır.<sup>10</sup> Bu bağı güçlendirmek için pek

çok yöntem araştırılmıştır.<sup>11-14</sup> Reyes implant yüzeyine yapılan alüminyumoksit ( $Al_2O_3$ ) parçacıkları ile pürüzlendirme işleminin porselenin titanyuma bağlantısını arttırdığını göstermiştir.<sup>15</sup> Tsuchimoto ve ark. yaptıkları çalışmada, dayanak üstyapı bağlantısında mikromekanik tutunmanın  $Al_2O_3$  kumlama ile yapılabileceğini göstermişlerdir.<sup>16</sup> Mikromekanik retansiyonun sağlanması amacıyla en fazla kullanılan metot ise  $Al_2O_3$  partikülleri ile kumlamadır.<sup>17,18</sup> Bu işlemle yüzey alanı artar ve yüzey temizlenir.<sup>19</sup> Yüzeyin elmas frezle pürüzlendirilmesi veya kimyasal ajanlarla dağlanması işlemleri de yüzey alanının artırılması amacıyla yönelik işlemlerdir.<sup>16,20</sup> Mekanik pürüzlendirme ve kimyasal pürüzlendirmeye ek olarak üçüncü sırada tiribokimyasal mekanik kaplama sayılabilir.<sup>21</sup> Bu yöntem, silika kaplı alümina parçacıklarının basınç altında püskürtülmesi ile yüzeye gömülmesi işlemidir.

Titanyum yüzeyine yapılan mikromekanik pürüzlendirmenin porselen uygulanacak yüzeye yapıldığında porselen bağlantısını artırdığı, simantasyon yapılacak dayanak yüzeyine yapıldığında ise üstyapının tutuculuğunu artırdığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.<sup>22,23</sup>

Sonuç olarak titanyum yüzeyi farklı amaçlarla pürüzlendirilmektedir. Titanyum yüzeyinin cilalanabilirliği ve pürüzlendirilebilirliği ile ilgili literatürde farklı çalışmalar mevcuttur.<sup>18,24,25</sup> Ancak kullanımı artmaya başlayan Gr 5 ELI titanyum alaşımı ile Gr 4 alaşımın cilalanabilirliği ve pürüzlendirilebilirliğini karşılaştıran bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, standart cilalama protokolü sonrasında  $Al_2O_3$  kum ve sodyum bikarbonat tozu uygulandığında Gr 5 ELI Ti6Al4V alaşımı ile Gr 4 saf titanyumun cilalanabilirliğini ve pürüzlendirilebilirliğini karşılaştırarak incelemektir. "Farklı pürüzlendime protokollerinin farklı titanyum alaşımlarında yüzey pürüzlülüğüne etkisi yoktur" boş hipotezi değerlendirilmiştir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### A. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

15x15x1,5 mm ebatlarında 50 adet Ti6Al4V (Gr 5, ELI, Baoji Titanium Industry Company, Çin) örneği

levhadan giyotin makas (Durmazlar Mak. San., Bursa, Türkiye) ile kestirilerek elde edildi. Elli adet Gr 4 (Gr 4, Straumann, Villeret, İsviçre) titanyum ise 15x15x1,5 mm ebatlarında hazır olarak alındı. Hazırlanan örnekler 30 mm çapında plastik kalıplama (FixiForm, Struers, Ballerup, Almanya) parçaları yardımıyla akrilik rezin kalıplara gömüldü. Örnekler otomatik polisaj makinesinde (Tegrapol-11, Struers, Ballerup, Almanya) struers'in titanyum ve alaşımlarının polisajı için tarif ettiği protokol (03.2008/62140202 no'lu katalog, Struers, Almanya) çerçevesinde cilalandı. Tesviye (*grinding*) işlemleri için 320 grenli SiC folyo zımpara, 25 N kuvvet altında 300 rpm dönme hızında istenen düz yüzey elde edilinceye kadar su ile birlikte kullanıldı. Sonrasında MD Largo disk, Dia Pro Largo süspansiyonu (Struers, Ballerup, Almanya) damlatılarak 150 rpm'de 5 dk boyunca 30 N kuvvet uygulanarak tesviye işlemi sonlandırıldı. Cila (*polishing*) için ise MD-Chem disk Op-S süspansiyonu (Struers, Ballerup, Almanya) ile 150 rpm'de 35 N kuvvet altında 1 dk boyunca kullanıldı.

## B. YÜZEY İŞLEMLERİ

Ayna görüntüsüne sahip toplam 50 adet Gr 4 ve 50 adet Gr 5 ELI titanyum örnekler için aşağıdaki işlemler uygulandı:

Onar tanesi kontrol grubu olarak ayrıldı ve herhangi bir yüzey işlemi uygulanmadı. Onar tanesi 50 µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu ile, 10'ar tanesi 150-µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozu ile ve 10'ar tanesi de 250 µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile 276 kpa basınçta (Bego Easyblast 26080, Bego, Bremen, Almanya) 5 sn boyunca 10 mm uzaklıktan kumlanarak pürüzlendirildi.<sup>24,26,27</sup> Kalan 10'ar örnek ise sodyum bikarbonat (*Airflow*) ile 4 dk boyunca 5 mm uzaklıktan 3.2 atm (*Airflow Handy Classic Powder*, EMS, Nyon İsviçre) basınç altında 30-60 derece arasında prop ucu hareket ettirilerek pürüzlendirildi.

## C. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜMLERİ

Yüzey işlemlerine tabi tutulan örnekler 15 dakika boyunca aseton içerisinde bırakıldı ve daha sonra distile suda 5 dakika boyunca ultrasonik olarak (Elmasonic S100H, Elma GmbH & Co KG, Singen, Almanya) temizlendi ve hava ile kurutuldu. Ardından her bir örneğin üç ayrı bölgesinden yüzey

pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak (Surftest SJ-301, Mitutoyo America Corporation, Aurora, ABD) ölçüm yapıldı ve µm cinsinden değerleri kaydedildi. Sonrasında ise her bir örnek için ölçülen üç değerlerin ortalaması kaydedildi.

## D. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

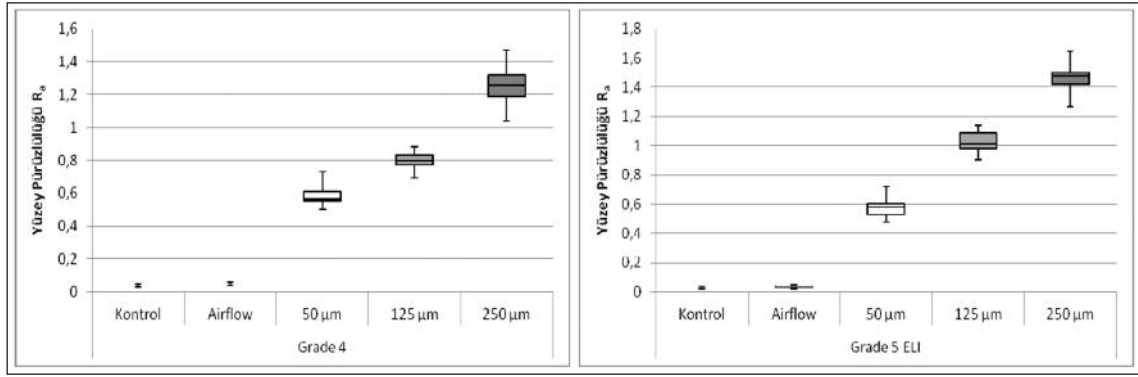
Çalışmadaki tüm örneklerden elde edilen ölçümler bilgisayar ortamına aktarıldı ve gerekli hata kontrolleri yapıldı. Verilerin normal dağılıma uymasından dolayı, Mann Whitney U, Kruskal Wallis ve post-hoc Student-Newman-Keuls testleri kullanıldı. İstatistiksel analizleri için "Sigma Stat for Windows Version 3.5" (Systat Software, Inc.) paket programları kullanıldı. Tüm karşılaştırmalarda p<0,05 düzeyi anlamlı farklılığın göstergesi olarak kabul edildi.

## BULGULAR

Grade 4 saf titanyum ve Grade 5 ELI titanyum alaşımlarına uygulanan işlemler sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kaydedilmiş ve elde edilen değerler gösterilmiştir (Şekil 1).

İstatistiksel değerlendirmede ilk olarak farklı titanyum alaşımlarının sırası ile kontrol, airflow, 50 µm, 125 µm ve 250 µm grupları karşılaştırılmıştır. Her bir karşılaştırılma için gerçekleştirilen Mann Whitney U testi sonuçlarına göre elde edilen p değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu bulgulara göre 50 µm pürüzlendirme grubu yüzey pürüzlülükleri alaşım farklılığından etkilenmemekte (p≥0,05); kontrol, airflow, 125 ve 250 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile pürüzlendirme işlemlerinde ise Gr 5 ELI grupları ile Gr 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir (p<0,05). Kontrol ve airflow gruplarında Gr 4 alaşımları daha yüksek pürüzlülük değerleri gösterirken, 125 ve 250 µm gruplarında Gr 5 ELI daha yüksek pürüzlülük sergilemiştir.

Gr 4 titanyuma uygulanan pürüzlendirme protokollerinin kontrol grubu ile birlikte değerlendirilmesinde ise, sırası ile kontrol, airflow, 50, 125, 250 µm gruplarında pürüzlülük aynı sırayı takip ederek artmıştır (p<0,001). Gr 5 ELI titanyum alt gruplarında ise kontrol ve airflow grupları arasında yüzey pürüzlülüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken (p≥0,05), diğer pürüzlendirme grup-



ŞEKİL 1: YüzeY pürüzlülük değerleri.

TABLO 1: Örnekler ve değerler.

	Grade 4		Grade 5 ELI		Mann-Whitney U (p)
	Medyan (Standart Hata)		Medyan (Standart Hata)		
Kontrol	0,040 (0,002) <sup>a</sup>		0,030 (0,001) <sup>A</sup>		0,008
Air flow	0,050 (0,010) <sup>b</sup>		0,040 (0,002) <sup>A</sup>		<0,001
50 µm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,565 (0,013) <sup>c</sup>		0,580 (0,022) <sup>c</sup>		0,940
125 µm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,795 (0,012) <sup>d</sup>		1,010 (0,097) <sup>f</sup>		<0,001
250 µm Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,260 (0,029) <sup>e</sup>		1,480 (0,034) <sup>g</sup>		<0,001

Aynı küçük ve büyük harfler istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını göstermektedir.

ları bu iki gruptan daha yüksek yüzey pürüzlülüğü sergilemişlerdir ( $p < 0,001$ ). 50, 125 ve 250 µm gruplarında ise pürüzlülük aynı sırayı takip ederek artmıştır ( $p < 0,001$ ).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, Gr 4 ve Gr 5 ELI titanyum alaşımının cilalanabilirliği ve pürüzlendirilebilirliği karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır. Sınanan boş hipotez farklı titanyum alaşımları karşılaştırılırken kabul edilmiş, farklı pürüzlendirme protokollerinin değerlendirilmesinde ise reddedilmiştir.

Bu çalışmada uygulanan yüzey pürüzlendirme işlemi literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumludur. Al Hamad ve ark., yaptıkları çalışmada siman tutuculu implant üstü restorasyonlarda dayanak yüksekliği ve yüzey pürüzlülüğünün yapışma dayanımına etkisini incelemişlerdir.<sup>28</sup> Araştırmacılar yüzey pürüzlülüğünü benzer şekilde sağlamışlardır. Akın ve ark., titanyum yüzeyine çeşitli işlemler yapmışlar ve siman ile bağlanma dayanımını

incelemişlerdir.<sup>29</sup> Bu çalışmacılar yüzey işlemi olarak kumlamanın dışında lazer uygulamalarını da karşılaştırmışlardır.

Kim ve ark. yaptıkları çalışmada, dayanak yüzeyini elmas frez ve 50 µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama ile pürüzlendirmişler ve pürüzlendirmenin Gr 4 titanyum dayanak üzerinde geçici simantasyon kesme bağlantı dayanımını artırdığını bulmuşlardır.<sup>30</sup> Bizim çalışmamızda her iki grupta da kumlama grenlerinin büyüklüğü arttıkça pürüzlülük değerleri artmıştır. Gren boyutu arttıkça pürüzlendirmenin dolayısı ile bağlantı dayanımının artacağı beklenen bir sonuçtur. Çalışmamız sonucunda Gr 4 titanyum yüzeyinde kullanılmış olan pürüzlendirmenin Gr 5 ELI titanyum alaşımında da etkili olduğu görülmüştür. Bu pürüzlendirmelerin Gr 5 ELI alaşımındaki porselen bağlantısı üzerine etkisi ilerleyen çalışmalarla araştırılmalıdır.

Yüzey pürüzlülüğü, her ne kadar implantların kemiğe osseointegrasyonlarında, implant dayanaklarında ve sabit protetik restorasyonlarda porsele-

nin altyapıya tutunması için gerekli ise de; diğer yönden bakteri tutulumu açısından değerlendirildiğinde ise Inlay-onlay, laminate gibi koruyucu restorasyonlarda yüzeyin pürüzsüz olması restorasyonun ömrünü uzatmakta ve yüzeye plak birikimini etkileyerek daha sağlıklı olmalarına yardımcı olmaktadır.<sup>31,32</sup> Bununla birlikte implant yüzeylerinin özellikle diş eti kısmının pürüzsüz olması önemlidir. Maddelerin fiziko-kimyasal özelliklerinin bakteri tutulumunda etkili olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.<sup>33,34</sup> Serbest yüzey enerjisi ve yüzey pürüzlülüğü bu özelliklerden en etkili olan iki tanesidir, bu ikisi arasında ise yüzey pürüzlülüğünün daha etkili olduğu gösterilmiştir.<sup>35,36</sup> Bollen ve ark., yaptıkları çalışmada 0,2 µm üzerindeki yüzey pürüzlülüğü değerlerinde bakteriyel birikim olacağını belirtmişler, 0,2 µm'lik yüzey pürüzlülüğünü ise eşik  $R_a$  değeri olarak adlandırmışlardır.<sup>37</sup> Çalışmamızda elde edilen cilalı yüzeylerin hepsinde bu değer çok altında değerler elde edilmiştir. Buradan benzer cila protokolü uygulandığında bakteri tutulumunu engellenecek düzeyde yüzeyler elde edilebilir sonucu çıkarılabilir. Ancak mevcut çalışmada, standardizasyonun sağlanabilmesi için, kullanılan cilalama protokolü laboratuvar ortamında özel cihazlarla uygulandı. Bu nedenle klinik ortamda uygulanan cila yöntemleri ve bunların etkinliği ayrı çalışmalarla incelenmelidir. Çalışmamızda  $Al_2O_3$  ile yapılan tüm pürüzlendirmelerde Bollen ve ark.'nın tarif ettiği eşik değerin üzerine çıkıldığı görülmüştür. Bu çalışmadan, yüzeyinde bakteriyel kolonizasyon oluşmuş olan Gr 5 ELI veya Gr 4 titanyum yüzeyine sahip bir implant materyalinin yüzeyinin temizleme amaçlı  $Al_2O_3$  kumlama yapılmaması gerektiği sonucu çıkarılabilir. Pürüzlendirme işlemi, kronun retansiyonunu artırmak amacı ile dayanak üzerine yapılacak ise pürüzlendirme sırasında basamak altı yerlerin mumla korunması yerinde olacaktır. Airflow ile pürüzlendirmede ise her iki Grade titanyum örnekte de bu değer altında  $R_a$  değerleri görülmüştür. Buradan airflow kullanılarak Gr 4 ve Gr 5 ELI titanyum yüzeylerinin pürüzlendirilemeyeceği ancak titanyum yüzeyin zarar görmesinin istenmediği, sadece yüzey temizliğinin gerektiği durumlarda güvenle kullanılabilirliği sonucu çıkarılabilir.

Cochis ve ark., yaptıkları bir çalışmada glisin ve sodyum bikarbonat tozu ile Gr 2 titanyum yüzeyini pürüzlendirmişler ve sonuç olarak glisinin dental implantlarda plak uzaklaştırmak için daha iyi bir metot olduğunu söylemişlerdir.<sup>38</sup> Bizim çalışmamızda ise Gr 4 ve Gr 5 ELI titanyum kullanılmıştır. Gr 5 ELI titanyumda airflow ile pürüzlendirmenin istatistiksel olarak pürüzlendirmeye katkı sağlamadığı görülmüştür. Çalışmamızda kullanılan toz sodyum bikarbonat tozudur. Her ne kadar Gr 4 titanyum örneklerde airflow yüzey pürüzlülüğü oluşturmuş ise de Gr 5 ELI, titanyumda yüzey temizliği için sodyum bikarbonat tozu kullanılabilir. Ayrıca sertlik bakımından da Gr 5 ELI titanyum Gr 2'den daha serttir.<sup>5</sup> Bununla birlikte glisinin Gr 4 ve Gr 5 ELI titanyum yüzeyleri üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. İlerleyen çalışmalarda bu konu araştırılabilir.

Guilherme ve ark., ticari saf titanyum ve Ti6Al4V alaşımının yüzeylerinin polisajlanabilirliğini konvansiyonel ve elektrolitik polisaj metotlarını kullanarak karşılaştırmış, elektrolitik polisaj yönteminin konvansiyonel yöntemle göre daha pürüzsüz yüzeyler elde etmede etkili olduğunu göstermişlerdir.<sup>39</sup> Araştırmacılar kullandıkları polisaj protokolleri ile elektrolitik polisaj yöntemiyle ortalama 0,24 µm'lik  $R_a$  değerini elde etmişlerdir. Bu değer çalışmamızda elde ettiğimiz ayna yüzey parlaklığı değerinden (ort. 0,04 µm) oldukça yüksektir. Ayrıca yine aynı araştırmacılar aynı çalışmada, yüzey polisaj tekniğinden bağımsız olarak titanyum alaşımının saf titanyumdan hep daha pürüzsüz olduğunu söylemişlerdir. Çalışmamızda ise aynı koşullar altında polisajı yapılan ve kontrol grubu olarak değerlendirilen Gr 4 saf ve Gr 5 ELI alaşım titanyumun yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde Gr 4 saf titanyum Gr 5 ELI titanyum alaşımına göre daha pürüzlü çıkmıştır. Buradan yine Gr 4 titanyumda pürüzsüz yüzey elde etmek Gr 5 titanyum alaşımına göre daha zordur sonucu çıkarılabilir. Çalışmamızdaki örnekler levhalardan elde edilmiş, diğer çalışmada ise döküm yoluyla elde edilmiştir. Yine bu çalışma ile de benzer sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen ısıl işlemin yüzey polisajlanabilirliğine etkisi olabileceği de değerlendirilebilir ve ayrı bir çalışma konusu olarak incelenmelidir.



Bienias ve ark. titanyum yüzeyinin SiO<sub>2</sub> ve SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> ile kaplandığında porselen bağlantısına olan etkisini incelemişlerdir.<sup>40</sup> Kontrol grubu olarak Gr 5 ve Gr 4 titanyumları ve 0.25 Mpa basınç altında 150 µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlamaya tabi tutmuşlar ve sırasıyla ortalama 0,55 ve 0,69 µm'lik R<sub>a</sub> değerlerini ölçmüşlerdir. Çalışmamızda benzer pürüzlülük değerleri her iki titanyum grubunda da 50 µm'lik kumlama ile ölçülmüştür ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> boyutları arttıkça beklendiği gibi pürüzlülük değerleri de artmaktadır. Bu değerler ile çalışmamız kendi içinde tutarlıdır. Her iki çalışmada kullanılan hava basıncı benzerdir. Çalışmalar arasındaki farklılık uygulama mesafelerinden ve Gr 5 ve Gr ELI-I alaşımlarının fiziksel farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir. Çalışmamızda 10 mm gibi çok kısa bir mesafeden kumlama yapılmıştır. Bienias ve ark. yaptıkları çalışmada kumlama mesafesini belirtmemişlerdir.

Mohsen ve ark. Gr 2 saf titanyum ve Ti6Al4V alaşımını kullanarak porselen bağlantı dayanımlarını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında 250 µm'lik kumlama yaptıkları örneklerde ortalama 1,49 ve 1,02 µm'lik R<sub>a</sub> değerini ölçmüşlerdir.<sup>27</sup> Bizim çalışmamızda 250 µm'lik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile kumlama yapılan örneklerde 1,36 µm'lik ortalama değerlere ulaşılmıştır. Çalışmamızda Gr 5 ELI titanyum alaşımı kullanılmıştır ve mekanik özellikleri Gr 5 titanyuma göre farklılıklar göstermektedir. Çalış-

mamızda kumlama partikül büyüklüğünün artmasıyla tutarlı seyreden yüzey pürüzlülük değerleri görülmüştür.

Çalışmamızda, Gr 4 saf titanyum ve Gr 5 ELI alaşımlarının pürüzlendirilebilirliği ve polisajlanabilirliği araştırılmıştır. Bu alaşımlar medikal alanda en çok tercih edilen alaşımlar olmakla birlikte titanyumun pek çok alaşımı ticari olarak sunulmaktadır. İlerleyen çalışmalarda farklı titanyum alaşımları da ilave edilerek grup sayısı artırılabilir.

## SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları dâhilinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Gr 4 ve Gr 5 ELI titanyum yüzeylerinin pürüzlendirilebilirliği arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p=0,614).

2. Kullanılan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tozunun büyüklüğü arttıkça yüzey pürüzlülüğü her iki titanyum grubunda da anlamlı derecede artmaktadır (p<0,001).

3. Gr 5 ELI titanyum grubunda sodyum bikarbonat tozu ile yapılan pürüzlendirme istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p≥0,05) ve yüzeyin pürüzlenmesinin istenmediği durumlarda güvenle kullanılabilir. Gr 4 titanyum grubunda ise bikarbonat tozunun yaptığı pürüzlülük bakteriyel tutulum açısından güvenli sınırlar içerisinde.

## KAYNAKLAR

1. Reclaru L, Meyer JM. Study of corrosion between a titanium implant and dental alloys. *J Dent* 1994;22(3):159-68.
2. Wang RR, Fenton A. Titanium for prosthodontic applications: a review of the literature. *Quintessence Int* 1996;27(6):401-8.
3. Boening KW, Walter MH, Reppel PD. Non-cast titanium restorations in fixed prosthodontics. *J Oral Rehabil* 1992;19(3):281-7.
4. Da Silva L, Martinez A, Rilo B, Santana U. Titanium for removable denture bases. *J Oral Rehabil* 2000;27(2):131-5.
5. Oshida Y, Tuna EB, Aktören O, Gençay K. Dental implant systems. *Int J Mol Sci* 2010;11(4):1580-678.
6. Ungvári K, Pelsöczy IK, Kormos B, Oszkó A, Rakonczay Z, Kemény L, et al. Effects on titanium implant surfaces of chemical agents used for the treatment of peri-implantitis. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010;94(1):222-9.
7. Morais LS, Serra GG, Muller CA, Andrade LR, Palermo EF, Elias CN, et al. Titanium alloy mini-implants for orthodontic anchorage: immediate loading and metal ion release. *Acta Biomater* 2007;3(3):331-9.
8. Sakaguchi RL, Powers JM. Restorative materials-ceramics. In: Powers JM, ed. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13<sup>th</sup> ed. São Paulo: Santos; 2004. p.253-79.
9. O'Brien WJ. Dental ceramics. *Dental Materials and Their Selection*. 4<sup>th</sup> ed. Chicago: Quintessence Books; 2009. p.212-30.
10. Wang RR, Fung KK. Oxidation behavior of surface-modified titanium for titanium-ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 1997;77(4):423-34.
11. Adachi M, Mackert JR Jr, Parry EE, Fairhurst CW. Oxide adherence and porcelain bonding to titanium and Ti-6Al-4V alloy. *J Dent Res* 1990;69(6):1230-5.
12. Kimura H, Horng CJ, Okazaki M, Takahashi J. Oxidation effects on porcelain-titanium interface reactions and bond strength. *Dent Mater J* 1990;9(1):91-9.
13. Pang IC, Gilbert JL, Chai J, Lautenschlager EP. Bonding characteristics of low-fusing porcelain bonded to pure titanium and palladium-copper alloy. *J Prosthet Dent* 1995;73(1): 17-25.

14. Yılmaz H, Dinçer C. Comparison of the bond compatibility of titanium and an NiCr alloy to dental porcelain. *J Dent* 1999;27(3):215-22.
15. Reyes MJ, Oshida Y, Andres CJ, Barco T, Hovijitra S, Brown D. Titanium-porcelain system. Part III: effects of surface modification on bond strengths. *Biomed Mater Eng* 2001;11(2):117-36.
16. Tsuchimoto Y, Yoshida Y, Takeuchi M, Mine A, Yatani H, Tagawa Y, et al. Effect of surface pre-treatment on durability of resin-based cements bonded to titanium. *Dent Mater* 2006;22(6):545-52.
17. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. *Dent Mater* 1993;9(3):151-61.
18. Kern M, Thompson VP. Effects of sandblasting and silica-coating procedures on pure titanium. *J Dent* 1994;22(5):300-6.
19. Matinlinna JP, Vallittu PK. Silane based concepts on bonding resin composite to metals. *J Contemp Dent Pract* 2007;8(2):1-8.
20. Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA, Bouschlicher MR. Metal surface treatment: characterization and effect on composite-to-metal bond strength. *Oper Dent* 2000;25(5):427-33.
21. Bertolotti RL. Adhesion to porcelain and metal. *Dent Clin North Am* 2007;51(2):433-51, ix-x.
22. Olivieri KAN, Neisser MP, Bottino MA, Miranda ME. Bond characteristics of porcelain fused to cast and milled titanium. *Braz J Oral Sci* 2005;4(15):923-8.
23. de Almeida-Júnior AA, Fonseca RG, Haneda IG, Abi-Rached Fde O, Adabo GL. Effect of surface treatments on the bond strength of a resin cement to commercially pure titanium. *Braz Dent J* 2010;21(2):111-6.
24. Al Hussaini I, Al Wazzan KA. Effect of surface treatment on bond strength of low-fusing porcelain to commercially pure titanium. *J Prosthet Dent* 2005;94(4):350-6.
25. Michalakis K, Pissiotis AL, Kang K, Hirayama H, Garefis PD, Petridis H. The effect of thermal cycling and air abrasion on cement failure loads of 4 provisional luting agents used for the cementation of implant-supported fixed partial dentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(4):569-74.
26. Watanabe I, Watanabe E, Yoshida K, Okabe T. Effect of surface contamination on adhesive bonding of cast pure titanium and Ti-6Al-4V alloy. *J Prosthet Dent* 1999;81(3):270-6.
27. Mohsen CA. Effect of surface roughness and thermal cycling on bond strength of C.P. titanium and Ti-6Al-4V alloy to ceramic. *J Prosthodont Res* 2012;56(3):204-9.
28. Al Hamad KQ, Al Rashdan BA, Abu-Sitta EH. The effects of height and surface roughness of abutments and the type of cement on bond strength of cement-retained implant restorations. *Clin Oral Implants Res* 2011;22(6):638-44.
29. Akin H, Guney U. Effect of various surface treatments on the retention properties of titanium to implant restorative cement. *Lasers Med Sci* 2012;27(6):1183-7.
30. Kim Y, Yamashita J, Shotwell JL, Chong KH, Wang HL. The comparison of provisional luting agents and abutment surface roughness on the retention of provisional implant-supported crowns. *J Prosthet Dent* 2006;95(6):450-5.
31. Ersöz E, Erkli H. [Influence of different polishing materials on surface roughness of a composite resin material]. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci* 2012;18(2):177-81.
32. Özden NA, Kansu G. [The effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of composite resin materials]. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci* 1998;4(3):158-62.
33. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clin Oral Implants Res* 2006;17 (Suppl 2):68-81.
34. Rasperini G, Maglione M, Cocconcelli P, Simion M. In vivo early plaque formation on pure titanium and ceramic abutments: a comparative microbiological and SEM analysis. *Clin Oral Implants Res* 1998;9(6):357-64.
35. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci* 1998;106(1):527-51.
36. Quirynen M, De Soete M, van Steenberghe D. Infectious risks for oral implants: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res* 2002;13(1):1-19.
37. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, van Steenberghe D. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clin Oral Implants Res* 1996;7(3):201-11.
38. Cochis A, Fini M, Carrassi A, Migliario M, Visai L, Rimondini L. Effect of air polishing with glycine powder on titanium abutment surfaces. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(8):904-9.
39. Guilherme AS, Henriques GE, Zavanelli RA, Mesquita MF. Surface roughness and fatigue performance of commercially pure titanium and Ti-6Al-4V alloy after different polishing protocols. *J Prosthet Dent* 2005;93(4):378-85.
40. Bienias J, Surowska B, Stoch A, Matraszek H, Walczak M. The influence of SiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> intermediate coatings on bond strength of titanium and Ti6Al4V alloy to dental porcelain. *Dent Mater* 2009;25(9):1128-35.