

Esra Bilgi Özyetim¹
Zeynep Özdemir²
Gül Bahar Basım³
Gülşen Bayraktar⁴

Farklı yüzey işlemi uygulanan titanyum abutmentlerin yüzey ıslanabilirliği yönünden in vitro incelenmesi

Effect of different surface treatments on surface wettability of titanium abutments

ÖZET

Titanyum dental implant abutment yüzeylerine uygulanan farklı yüzey işlemlerinin, yüzey ıslanabilirliğine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Uygulanan yüzey işlemlerine göre 60 adet abutment beş gruba ayrıldı: Grup 1: Kontrol grubu; Grup 2: Kumlama işlemi uygulanan grup; Grup 3: Hidrojen peroksit uygulanan grup; Grup 4: Kimyasal mekanik cilalama işlemi uygulanan grup; Grup 5: Sol-jel yöntemiyle titanyum dioksit nano kaplama işlemi uygulanan grup. Yüzey işlemleri uygulamalarından sonra abutment yüzeylerinin ışık mikroskobu ile analizi ve temas açısı ölçüm cihazı ile temas açısı ölçümleri yapıldı. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi testi kullanıldı. En yüksek yüzey temas açısı değerleri ortalamaları kumlama işlemi uygulanan grupta belirlendi. Kumlama işlemi uygulanan grubu sırası ile hidrojen peroksit işlemi uygulanan grup, kontrol grubu, kimyasal mekanik cilalama işlemi uygulanan grup ve sol-jel yöntemiyle titanyum dioksit nano kaplama işlemi uygulanan grup izledi.

Anahtar kelimeler

Titanyum, kimyasal mekanik cilalama, sol-jel yöntemiyle titanyum dioksit nano kaplama, temas açısı, ıslanabilirlik.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of different surface treatments applied to the titanium dental implant abutment surfaces on surface wettability. 60 abutments were divided into five groups (n:12) based on the selected surface treatments; Group 1: Untreated; Group 2: Sandblasted; Group 3: Hydrogen peroxide; Group 4: Chemical mechanical polishing and; Group 5: Sol-gel nano coating with titanium dioxide. After following the surface treatments, light microscope analyses and the contact angle measurements of abutment surface were performed. Data were statistically evaluated with one-way analysis of variance test. Significance was evaluated in $p<0.05$ level. The highest surface contact angle values were obtained with the sandblasted group followed by the hydrogen peroxide group, the control group, the chemical mechanical polishing group, sol-gel nano coating with titanium dioxide group.

Key words

Titanium, chemical mechanical polishing, sol-gel nano coating with titanium dioxide, contact angle, wettability.

Giriş

Tam dişsizlik, kısmi dişsizlik ve tek diş eksikliklerinde uygulanan implant destekli protezlerin başarı oranı yüksek, sonuçları öngörülebilir bir tedavi şekli olduğu bildirilmektedir (28). Implant destekli protezler, implanta bağlanma mekanizmalarına göre vida tutuculu ya da siman tutuculu olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar (21).

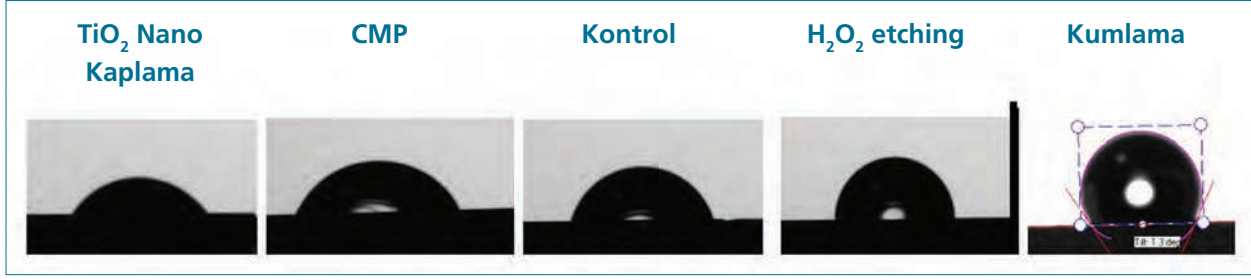
Implant destekli, sabit protezlerde, protezin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri de retansiyondur (19). Siman tutuculu sabit protezlerde abutment preparasyonu, yüzey alanı ve yüksekliği, koniklik açısı, siman tipi ve yüzey pürüzlülüğü gibi birçok faktörün retansiyonu etkilediği belirtilmektedir (15, 26, 34).

Titanyum ve alaşımları düşük yoğunluk, yüksek korozyon direnci, biyoyumluluk ve üstün mekanik özellikleri nedeniyle protetik uygulamalarda ve implantolojide sıklıkla kullanılmaktadır (18). Titanyum alaşımı ile siman arasındaki bağlanma dayanımını, materyallerin yüzeyleri arasındaki temasın yakınlığı önemli ölçüde etkiler. Alaşım ile siman arasındaki temas optimal olduğunda, siman alaşım yüzeyindeki düzensizliklere daha fazla akma yeteneğine sahiptir. Bu nedenle simanın özellikleri ve alaşım yüzeyinin mikro topografyası protezin tutuculuğunda önemli rol oynamaktadır (9).

Yüzey temas açısı; bağlanma özelliklerini, özellikle bağlanma dayanımını kontrol etmek için en belirleyici ve etkili parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir. Temas açısı ne kadar küçükse, yüzey bağlanma dayanımı o kadar yüksek olmaktadır. Ayrıca, daha küçük bir temas açısı ile, bağlayıcı ajan yüzey dışbükey kısımlarına kolayca nüfuz etmekte ve bağın güçlenmesine neden olmaktadır (34).

Titanyum yüzeyine uygulanan işlemler ile oluşturulan titanyum dioksit (TiO_2) devamlı, gözeneksiz ve adeziv koruyucu oksit film tabakasıdır (24). Titanyum yüzey işlemleri ile bağlanmayı arttıran stabil adeziv tabakanın oluşumu amaçlanmaktadır (2). Adeziv tabakanın oluşumunu sağlamak amacıyla çeşitli yüzey işlemleri uygulanmaktadır.

Kumlama işlemi, en yaygın, en ucuz ve en kolay uygulanan bir yöntemdir (16).



Resim 1: Kontrol ve deney gruplarının temas açısı ölçümleri.

Hidrojen peroksit (H_2O_2) ile muamele işleminde; yüzeye reaktif oksijen uygulanmasının, implant yüzeyinden titanyum iyon salınımını ve titanyum peroksit jel oluşumunu indüklediği (30, 31), yüzey hidrofiliğini artırdığı bildirilmektedir (25).

Kimyasal mekanik cilalama (CMP) işlemi dental implant materyalinin biyouyumluluğunu ve korozyon direncini arttırmak amacıyla kullanılan yeni bir yöntemdir (3).

Sol-jel yöntemi ile titanyum dioksit nano kaplama işleminin, titanyum yüzeyinde ince metal oksit tabakasının oluşturulmasında kullanılabileceği belirtilmektedir (11). Bu oksit tabakanın dental seramikler ile metal altyapılar arasındaki adezyonu artırma amacıyla kullanılabilirliği bildirilmektedir (4).

Çalışmada dental implant abutment yüzeylerine kumlama, H_2O_2 , CMP, sol-jel yöntemiyle TiO_2 nano kaplama işlemleri uygulanarak abutmentlerin yüzey ıslanabilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada dişeti yüksekliği 2 mm olan 60 adet titanyum direkt abutment (Mode Implant / Mode Medikal San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) ve titanyum implant analog (Mode Implant / Mode Medikal San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. İmplant analogları otopolimerizan akrilik rezin blokların (Meliodent, Hanau, Almanya) içine paralelometre yardımı ile yer düzlemine dik olacak şekilde gömülmüştür. Abutmentler her grupta

12 örnek olacak şekilde 5 gruba ayrılmıştır.

Kontrol Grubu: Abutment yüzeylerine hiçbir yüzey işlemi uygulanmamıştır.

Deney Grupları:

1- Kumlama İşlemi Uygulanan

Grup: Abutment yüzeyleri 110 μm partikül büyüklüğünde alüminyum oksit (Al_2O_3) (Mega Strahlkorund, Seeweg, Almanya, Lot: 095503) ile 2.5 atmosfer basınç altında 10 mm mesafeden 10 saniye (sn) süre kumlanmıştır. Kumlama işleminden sonra örnekler 5 sn süre buhar uygulanmış ve 10 sn süre hava ile kurutulmuştur.

2- H_2O_2 İşlemi Uygulanan Grup: Alkali tip oksitleyici olan %35 ağırlıklı H_2O_2 (Sigma Aldrich, Steinheim, Almanya, Lot: SZBB2900V) kullanılmıştır. Abutment örnekleri 15 ml H_2O_2 içeren beherlere oda sıcaklığında 30 dakika boyunca daldırılmıştır. H_2O_2 uygulanmasından sonra ultrasonik banyoda deiyonize su kullanılarak temizleme işlemi uygulanmıştır.

3- CMP İşlemi Uygulanan Grup: CMP sıvısı silisyum dioksit (SiO_2) sıvısından (BASF company, USA) %5 konsantrasyonda dilüe edilerek hazırlanmıştır. Stabilitenin sağlanması amacıyla süspansiyonlar tamamen stabilize olana kadar ultrasonik işleme tabi tutulmuştur. Abutment yüzeylerine %3 ağırlıklı, oksitleyici (H_2O_2) (Sigma Aldrich, Steinheim, Almanya) 10 dk süre ile uygulanmıştır. CMP sıvısı içerisinde

bulunan nanoboyutlu aşındırıcılar ve kullanılan polimerik fırça yardımıyla mekanik cilalama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlemden sonra her örnek ultrasonik banyoda aseton, etanol ve pH ayarlı suda 5 dakika süre ile bekletilmiştir.

4- Sol-Jel Yöntemiyle TiO_2 Nano Kaplama İşlemi Uygulanan

Grup: TiO_2 nano film, literatür (7,32) baz alınarak sol-gel yöntemi ile çökeltilmiştir. Prekürsör olarak $TiOSO_4$ kullanılmış, 0.5M Ti kaynağı 0.5M H_2O (DIW) ve 20M etanol içinde çözülmüş ve sürekli karıştırılmıştır. pH=1.23 olacak şekilde HNO_3 (0.1M) kullanılarak pH ayarlanmıştır. Titanyum " $TiO-SO_4(s) + 2H_2O(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + TiO(OH)_2(s)$ " hidroliz reaksiyonuna girmiştir. Hidroliz reaksiyonu sonucunda TiO_2 şeffaf (transparan) solüsyonu elde edilmiş ve abutment yüzeyleri Dip Coater cihazında (PTL-MMB01) bulunan solüsyona daldırılarak abutment yüzeyinde TiO_2 nano film deposisyonu sağlanmıştır. TiO_2 ile kaplanacak olan abutmentler, kaplama solüsyonuna daldırılmış ve belirli bir hız (140 mm/dk) ve uzaklık (100 mm) aralığında geri çekilmiştir. Örnekler Dip Coater cihazı ile birleşik bir fırın kullanılarak $200^\circ C$ 'de 1 saat süreyle kurutulmuştur.

Yüzey işlemlerinden sonra kontrol ve deney grubundan örnekler seçilmiş ve seçilen örneklerin abutment yüzeyleri optik mikroskop (KH-7700 HIROX Dijital Mikroskop Sistemi) altında

TABLO 1

Kontrol ve deney gruplarının temas açısı değerleri.

Yüzey İşlemi	Yüzey İşlemi Etkisi	Temas Açısı
Kontrol	-	63.17±6.78
Kumlama	Mekanik	109.57±6.73
H ₂ O ₂ Etching	Kimyasal	88.6±9.4
CMP	Mekanik & Kimyasal	56.64±5.99
TiO ₂ Nano Kaplama	Kimyasal	34.27±9.43

incelenerek, abutment yüzeylerinin makro yapıları değerlendirilmiştir.

Islanabilirlik özellikleri temas açısı ölçüm cihazı (KSV ATTENSION Theta Lite) kullanılarak “sessile drop” yöntemi ile kontrol grubu ve yüzey işlemi uygulanmış abutment yüzeylerinin temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Her bir abutment yüzeyinden beş damla ölçümü yapılmıştır. Damla görüntüleri bir kamera tarafından kaydedilmiş ve temas açısı (θ) görüntülemenin ardından bilgisayar ortamında temas açısı verileri hesaplanmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanılmıştır. Çalışma verilerinin parametrelerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptanmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların yanı sıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) testi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

BULGULAR

Titanyum abutment örnek yüzeylerine uygulanan farklı yüzey işlemlerinden sonra, örneklerin temas açısı ölçümü, temas açısı ölçüm cihazı ile “ θ ” biriminde ölçülmüştür (Resim 1). Beş farklı gruba ait temas açısı değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Temas açısı değerleri ortalama ve standart sapmaları sırasıyla kontrol grubu

için 63.17±6.78, kumlama grubu için 109.57±6.73 H₂O₂ grubu için 88.6±9.4, CMP grubu için 56.64±5.99 ve sol-jel yöntemiyle TiO₂ nano kaplama grubu için 34.27±9.43 olarak saptanmıştır.

En yüksek ortalama temas açısı değerleri kumlama grubunda izlenirken bunu sırasıyla H₂O₂, kontrol, CMP grupları izlemiştir. En düşük temas açısı değerleri ise sol-jel yöntemiyle TiO₂ nano kaplama grubunda gözlenmiştir.

Kumlama işlemi uygulanan grupta, aşındırıcı partiküllere bağlı olarak diğer gruplara göre abutment yüzeyinde belirgin düzensizlikler ve derin makro boşluklar görüntülenmiştir. Kontrol grubunda abutment yüzeyinde gözlenen makro çiziklerin sol-jel yöntemiyle TiO₂ nano kaplama, CMP, H₂O₂ işlemi uygulanan gruplarda azaldığı gözlenmiştir (Resim 2).

TARTIŞMA

İmplant destekli sabit protezlerin rantsiyonu, implantın titanyum protetik üst yapısı ile siman arasında güçlü bağlantı gerektirir. Bu bağlantı, titanyumun yüzey özelliklerine ve kullanılan simanın özelliklerine, kompozisyonuna ve adezyon kabiliyetine bağlıdır (9).

İmplant destekli sabit protezlerde rantsiyon kaybı en sık görülen teknik komplikasyonlardan biridir (5). Simanın yüzeye adezyonu hem mikro-mekanik kilitlenme, hem de fizikokimyasal bağlanmaya bağlıdır (27).

Titanyum ile siman arasındaki bağlanma dayanımını arttırmak için; kumla-

ma, metal primer uygulama, silanizasyon, H₂O₂ uygulama, TiN kaplama ve asidik-alkali işlemleri içeren bazı yüzey işlemleri önerilmiştir (8–10). Bu yüzey işlemleri genellikle materyallerin ıslanabilirlik özelliklerini değiştirerek materyalin adezyon ve yüzey pürüzlülüğünün gelişmesine ve mikro-mekanik kilitlenmeye olanak sağladığı bildirilmektedir (10, 27).

Kumlama işlemi ile alaşım yüzeyinden yağsı materyaller ve oksitler uzaklaştırılarak rezin simanlar ile arasındaki tutuculuk değerleri artırılır (33). Al₂O₃ partikülleri ile kumlama işlemi uygulamasıyla alaşım yüzeyinde mikroretantif topografya elde edilir ve alaşımın yüzey alanı artar. Alaşımın yüzey enerjisi aktive olur ve ıslanabilirliği artar. Böylece alaşım ile siman arasında daha güçlü bir bağlantı sağlanır (14). Literatürde kumlama işleminin yüzey pürüzlülüğünü ve abutment ile kuron arasındaki tutuculuğu arttırdığını bildiren çok sayıda çalışma (1, 8, 27) olmasına rağmen uygulanan yüzey işleminin metal ile siman arasındaki stresi arttırabildiği, metal ile siman arasında boşluklara neden olabildiği ve ıslanabilirlik özelliklerini olumsuz etkileyebildiğini bildiren çalışmalarda (6, 17) mevcuttur. Bu çalışmada abutment yüzeyine kumlama işlemi uygulanan grupta elde edilen temas açısı değerleri diğer gruplardan yüksek saptanmıştır. H₂O₂ işleminin titanyum yüzeyinde oksidasyon oluşturarak siman ile bağlanma dayanımını arttırdığı bildirilmektedir (12). Yoshida ve ark. (34) 2005 yılında yayınladıkları çalışmada; titanyum yüzeylerine H₂O₂ işlemi uygulamışlardır. Çalışmada kullanılan örnekler 3 gruba ayrılmış; a) Yüzey işlemi uygulanmayan grup, b) % 34,5 konsantrasyonda H₂O₂ işlemi uygulanan grup, c) % 34,5 konsantrasyonda H₂O₂ işlemi + halojen ışın uygulanan gruptur. Titanyum yüzeylerine yaklaşık 1 ml H₂O₂ uygulanmış ve uygulama süreleri 40 sn, 100 sn, 160 sn, 220 sn olarak seçilmiştir. H₂O₂ işlemi uygulanan grupta; H₂O₂ uygulama sü-

resi arttıkça ıslanabilirlik değerlerinin arttığı da bildirilmiştir. Bu çalışmada da abutment yüzeyine H_2O_2 işlemi uygulanan grupta elde edilen temas açısı değerleri $88.6 \pm 9.4^\circ$ 'dir. Elde edilen değer kumlama işlemi uygulanan gruptan sonra elde edilen en yüksek temas açısı değeridir. Literatürde, titanyum yüzeyine H_2O_2 uygulamasının yüzey ıslanabilirliğini artırdığını bildiren çalışmalar (25,34) mevcuttur ancak bu çalışmada H_2O_2 işleminin yüzey ıslanabilirliğini azalttığı saptanmıştır. Çalışmada H_2O_2 'in 30 dk gibi uzun bir süre kullanılmış olması ıslanabilirlik özelliklerini olumsuz etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

CMP, dental implant materyalinin biyouyumluluğunu ve korozyon direncini arttırmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir (13). CMP işleminde titanyum üst yüzeyi, içerisinde submikron boyutta partiküller ve aşındırıcılar bulunan cilalama bulamacındaki kimyasallara maruz bırakılarak koruyucu oksit tabaka içeren kimyasal olarak değiştirilmiş üst film tabakası oluşturulmaktadır (13, 29). Özdemir ve ark. (23, 24) 2016 ve 2017 yılında yayınladıkları çalışmalarda; titanyum disk yüzeyleri ve dental implant yüzeylerine CMP işlemi uygulamışlar ve en düşük temas açısı değerlerinin CMP ile birlikte oksitleyici işlem uygulanan grupta saptandığını bildirmişlerdir. Temas açısının bağlanma dayanımını etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu ve temas açısı küçüldükçe bağlanma dayanımının da arttığı bildirilmektedir (20). Bu nedenlerle çalışmamızda; 2016 ve 2017 yıllarında

yayımlanan bu literatür bulguları (23, 24) dikkate alınarak abutment yüzeylerine % 3 ağırlıklı oksitleyici ile beraber CMP işlemi uygulanmıştır.

CMP işlemi ile ilgili yapılan çalışmalar yoğun olarak CMP işleminin dental implant osseointegrasyonuna etkisini değerlendirmeye yöneliktir. CMP işleminin abutment yüzey ıslanabilirliğini değerlendiren çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışmada abutment yüzeyine CMP işlemi uygulamasının, abutment yüzey ıslanabilirliğini kontrol grubuna göre arttırdığı saptanmıştır.

Sol-jel yöntemiyle TiO_2 nano kaplama işleminin, titanyum yüzeyinde ince metal oksitlerin oluşturulmasında kullanılabileceği belirtilmektedir (11). Oksit kaplamaların dental seramikler ile metal altyapılar arasındaki adezyonu artırma amacıyla kullanılabilirdiği de bildirilmektedir (4). Bienias ve ark. (4) sol-jel yöntemiyle üretilen silisyum dioksit ve silisyum dioksit-titanyum dioksit kaplama işlemlerinin titanyum ile porselen arasındaki bağlanma dayanımını arttırmak amacıyla klinikte uygulanabilecek basit ve etkili işlemler olduğunu bildirmişlerdir. Sol-jel yöntemi ile TiO_2 nano kaplama işleminin, titanyum abutment yüzeyine uygulandığı ve yüzey temas açısının, abutment ile kuron arasındaki tutuculuğa etkisinin değerlendirildiği çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Çalışmamızda en düşük temas açısı değerleri sol-jel yöntemi ile TiO_2 nano kaplama işlemi uygulanan grupta elde edilmiştir ve abutment yüzey hidrofilikliğinin kontrol grubuna göre arttırdığı saptan-

mıştır. Çalışmanın sonuçları doğrultusunda literatürde ilk defa bu çalışmada uygulanan sol-jel yöntemiyle titanyum dioksit nano kaplama işleminin abutment ile kuron arasındaki tutuculuk değerlerini arttırmada etkili bir yöntem olabileceği düşünülmektedir.

Düşük temas açısı değerleri yüzeyin ıslanabilirlik özelliklerinin iyi olduğunu; 90° 'nin üzerindeki temas açısı değerleri ıslanabilirlik özelliğinin zayıf olduğunu, 0° temas açısı ise tam ıslanmayı ifade etmektedir. 90° 'nin altındaki temas açısı değerlerinin hidrofilik özellik, 90° 'nin üzerindeki temas açısı değerlerinin ise hidrofobik özellik gösterdiği bildirilmektedir (22).

Temas açısı değerleri, bağlanma dayanımını etkileyen faktörlerden biridir. Çalışmada düşük yüzey temas açısı değerlerine sahip CMP ve sol-jel yöntemiyle TiO_2 nano kaplama işlemlerinin titanyum yüzeyi ile siman arasındaki bağlanma dayanımını arttırmada etkili olabileceğini düşünmekteyiz ve yüzey işlemleri ile yüzey pürüzlülüğü ve bağlanma dayanımının değerlendirildiği ve karşılaştırıldığı yeni çalışmalar yapılmasını önermekteyiz.

SONUÇLAR

Çalışmanın sınırlamaları dahilinde;

Abutment yüzeylerine kumlama işlemi uygulanan grup en yüksek yüzey temas açısı değerleri oluşturan grup olarak belirlenmiştir.

Kumlama işlemi ve H_2O_2 işlemi uygulamasının yüzey temas açısı değerini



Resim 1: Kontrol ve deney gruplarının temas açısı ölçümleri.

kontrol grubuna göre arttırdığı saptanmıştır.

Sol-jel yöntemi ile TiO₂ nano kaplama işlemi çalışmada en düşük yüzey temas açısı değerleri oluşturan işlem olarak belirlenmiştir.

CMP işlemi uygulamasının, sol-jel

yöntemi ile TiO₂ nano kaplama işlemi uygulamasından sonra en düşük temas açısı değerleri oluşturan işlem olarak saptanmıştır.

Kimyasal etkili yüzey işlemi uygulamalarının; yüzey ıslanabilirliğini mekanik etkili yüzey işlemlerine göre daha çok arttırdığı belirlenmiştir.

Implant destekli sabit protezlerde gerekli ve yeterli tutuculuk değerlerinin sağlanmasında; çalışmada en düşük temas açısı değerlerine sahip CMP ve sol-jel yöntemi ile TiO₂ nano kaplama işlemlerinin uygulanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ates SM, Korkmaz FM, Çağlar IS, Duyum ZY, Turgut S, Bağis EA: The effect of ultrafast fiber laser application on the bond strength of resin cement to titanium. *Lasers Med Sci* 2017, 32:1121–1129.
2. Baburaj EG, Starikov D, Evans J, Shafeev GA, Bensaoula A: Enhancement of adhesive joint strength by laser surface modification. *Int J Adhes Adhes* 2007, 27:268–276.
3. Basim GB, Özdemir Z: Chemical mechanical polishing implementation on dental implants. 2015 International Conference on Planarization/CMP Technology. 2016
4. Bieniał J, Surowska B, Stoch A, Matraszek H, Walczak M: The influence of SiO₂ and SiO₂-TiO₂ intermediate coatings on bond strength of titanium and Ti6Al4V alloy to dental porcelain. *Dent Mater* 2009, 25:1128–1135.
5. Chaar MS, ATT W, Strub JR: Prosthetic outcome of cement-retained implant-supported fixed dental restorations: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2011, 38:697–711.
6. Darvell BW, Samman N, Luk WK, Clark RK, Tide-man H: Contamination of titanium castings by aluminium oxide blasting. *J Dent* 1995, 23:319–322.
7. Djaoued Y, Badilescu S, Ashrit P V, Bersani D, Lot-tici PP, Robichaud J: Study of anatase to rutile phase transition in nanocrystalline titania films. *J Sol-Gel Sci Technol* 2002, 24:255–264.
8. Elsaka SE: Effect of surface pretreatments on the bonding strength and durability of self-adhesive resin cements to machined titanium. *J Prosthet Dent* 2013, 109:113–120.
9. Fawzy AS, El-Askary FS: Effect acidic and alkaline heat treatments on the bond strength of different luting cements to commercially pure titanium. *J Dent* 2009; 37:255–263.
10. Fonseca RG, de Almeida JGDSP, Haneda IG, Adabo GL: Effect of metal primers on bond strength of resin cements to base metals. *J Prosthet Dent* 2009, 101:262–8.
11. He J, Ichinose I, Fujikawa S, Kunitake T, Nakao A: A General, efficient method of incorporation of metal ions into ultra thin TiO₂ films. *Chem Mater* 2002, 14:3493–3500.
12. Kamijo K, Yoshida T, Mizoguchi T, Nagasawa S, Ito M: Evolution of H₂O₂ surface treatment for the adhesion between resin cements and titanium. *J Jpn Soc Dent Mater Devices* 2002, 21:121–124.
13. Kaufman FB: Chemical-mechanical polishing for fabricating patterned W metal features as chip interconnects. *J Electrochem Soc* 1991, 138:3460.
14. Kim JT, Cho SA: The effects of laser etching on shear bond strength at the titanium ceramic interface. *J Prosthet Dent* 2009, 101:101–106.
15. 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, 95:450–455.
16. Kunt GE, Ceylan G, Yılmaz N: Effect of surface treatments on implant crown retention. *J Dent Sci* 2010, 5:131–135.
17. Lim B-S, Heo S-M, Lee Y-K, Kim C-W: Shear bond strength between titanium alloys and composite resin: sandblasting versus fluoride-gel treatment. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2003, 64:38–43.
18. McCracken M: Dental implant materials: commercially pure titanium and titanium alloys. *J Prosthodont* 1999, 8:40–3.
19. Michalakis KX, Hirayama H, Garefis PD: Cement-retained versus screw-retained implant restorations: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003, 18:719–728.
20. Miller S, Zernik J: Sandblasting of bands to increase bond strength. *J Clin Orth* 1996, 30:217–22.
21. Newsome P, Reaney D, Owen S: Screw-versus cement-retained crowns. *Irish Dent* 2011, 22–25.
22. O'Brien WJ: *Dental materials and their selection*. 3rd ed. Chicago: Quintessence Publishing Co. 2002.
23. Özdemir Z, Basim GB: Effect of chemical mechanical polishing on surface nature of titanium implants FT-IR and wettability data of titanium implants surface after chemical mechanical polishing implementation. *Data Br* 2017, 10:20–25.
24. Özdemir Z, Özdemir A, Basim GB: Application of chemical mechanical polishing process on titanium based implants. *Mater Sci Eng C* 2016, 68:383–396.
25. Pan J, Thierry D, Leygraf C: Electrochemical and XPS studies of titanium for biomaterial applications with respect to the effect of hydrogen peroxide. *J Biomed Mater Res* 1994, 28:113–122.
26. Sahu N, Lakshmi N, Azhagarasan NS, Agnihotri Y, Rajan M, Hariharan R: Comparison of the effect of implant abutment surface modifications on retention of implant-supported restoration with a polymer based cement. *J Clin Diagnostic Res* 2014, 8:239–242.
27. Seker E, Kilicarslan MA, Deniz ST, Mumcu E, Ozkan P: Effect of atmospheric plasma versus conventional surface treatments on the adhesion capability between self-adhesive resin cement and titanium surface. *J Adv Prosthodont* 2015, 7:249–256.
28. Shadid R, Sadaqa N: A comparison between screw-and cement-retained implant prostheses. A literature review. *J Oral Implantol* 2012, 38:298–307.
29. Sittig C, Textor M, Spencer ND, Wieland M, Vallotton PH: Surface characterization of implant materials c.p. Ti, Ti-6Al-7Nb and Ti-6Al-4V with different pretreatments. *J Mater Sci Mater Med* 1999, 10:35–46.
30. Tengvall P, Lundström I, Sjöqvist L, Elwing H, Bjursten LM: Titanium-hydrogen peroxide interaction: model studies of the influence of the inflammatory response on titanium implants. *Biomaterials* 1989, 10:166–175.
31. Tengvall P, Elwing H, Sjöqvist L, Lundström I, Bjursten LM: Interaction between hydrogen peroxide and titanium: a possible role in the biocompatibility of titanium. *Biomaterials* 1989, 10:118–120.
32. Velten D, Biehl V, Aubertin F, Valeske B, Possart W, Breme J: Preparation of TiO₂ layers on cp-Ti and Ti6Al4V by thermal and anodic oxidation and by sol-gel coating techniques and their characterization. *J Biomed Mater Res* 2002, 59:18–28.
33. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M: Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007, 23:45–50.
34. Yoshida T, Terashima N, Niuro T, Nagasawa S, Ito M, Yagasaki H, Oshida Y, Agarwal P: Bond strength of resin cements to H₂O₂-treated titanium plates. *Dent Mater* 2005, 21:1087–1097.

YAZIŞMA ADRESİ

Dr. Öğr. Üyesi Esra Bilgi Özyetim

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD

Sütlüce Mahallesi, Binekteşi Sokak No:10 Beyoğlu / İstanbul

Tel: 0543 658 67 35 • e-posta: esrabilgiozyetim@hotmail.com