

**T.C.
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PERİODONTOLOJİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI ULTRASONİK UÇLARIN TİTANYUM DİSKLERİN
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ
Dt. Aysun DEMİRÇAL**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Şükrü ENHOŞ**

**İZMİR
Eylül 2022**

**T.C.
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PERİODONTOLOJİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI ULTRASONİK UÇLARIN TİTANYUM DİSKLERİN
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ
Dt. Aysun DEMİRÇAL**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Şükrü ENHOŞ**

Bu tez İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 2019-TDU-DİŞF-0014 Proje Numarası ile Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

**İZMİR
Eylül 2022**

ONAY SAYFASI



YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini İzmir Katip Çelebi Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

o Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekte teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

o Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını istemiyorum (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç)

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.)

o Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

o Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

Aysun DEMİRÇAL

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, tez danışmanım **Prof. Dr. şükrü ENHOş** danışmanlığında tarafımdan retilildiđini ve İzmır Kâtip elebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

Aysun DEMİRÇAL



TEŞEKKÜR

Periodontoloji uzmanlık eğitim hayatım boyunca, mesleki değerlerini ve bilgilerini her zaman aktaran, tez çalışmam süresince desteğini ve emeğini esirgemeyen, bilimsel, mesleki ve manevi desteğini her daim yanımda hissettiren, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum çok değerli ve saygıdeğer danışman hocam sayın Prof. Dr. Şükrü ENHOŞ'a,

Her konuda ilgiyle ve istekle, desteğini ve mesleki bilgilerini bize aktaran, çok kıymetli ve saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Abdullah Seçkin ERTUĞRUL'a, hem pratik hem de teorik anlamda meslek hayatıma çok büyük katkıları olan, her zaman yanımda desteğini hissettiğim saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mehmet SAĞLAM'a,

Tezimin ölçümlerinin yapılması konusunda ne zaman yanına gitsem yardımını, desteğini ve güler yüzünü eksik etmeyen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇÖLGEÇEN'e, tezimin laboratuvar çalışmalarının geliştirilmesi ve uygulanmasında akademik ve teknik bilgileri ile ışık tutarak güler yüzüyle yardımcı olan sayın Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ'e, tezimin istatistik hesaplamalarının yapılmasında çok büyük emeği ve desteği olan sayın hocam Prof. Dr. Ferhan ELMALI'ya,

Tezimin her aşamasında hem özveriyle yardım edip yükümü fazlasıyla hafifleten hem de mesleki klinik bilgileriyle uzmanlık hayatıma çok büyük katkısı olan sevgili kıdemlim Dt. Levent SAVRAN'a

Hem tez çalışma sürecimde birlikte yol aldığım, hem de çok iyi bir dost olan değerli arkadaşım Dt. Elif Zehra KARAFIRTINALAR SELVİ'ye,

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım, hayattaki en büyük şanslarımdan olan, birlikte çok eğlendiğimiz sevgili klinik arkadaşlarıma,

Beni her konuda destekleyen, karşılıksız sevgilerini, emeklerini ve fedakârlıklarını hiçbir zaman esirgemeyen, bu günlere gelmemdeki çabalarından dolayı sevgili anneme, babama ve kardeşime,

Beni her zaman motive eden, her konuda destekleyen, hayatıma kattığı her güzel gün için sevgili eşim Dt. Serdar DEMİRÇAL'a ve minik tatlı oğlum Demir'ime,

Çalışmamızda kullandığımız titanyum diskleri temin eden Bilimplant (Proimtech, İstanbul, Türkiye)'a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dt. Aysun DEMİRÇAL

ÖZET

FARKLI ULTRASONİK UÇLARIN TİTANYUM DİSKLERİN PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmamızın amacı; farklı ultrasonik uçlarla işlem gören titanyum disklerin pürüzlülük oranının belirlenmesi ve karşılaştırılması, peri-implantitis tedavisinde mekanik ultrasonik tedavinin güvenilirliğinin değerlendirilmesidir.

Tez çalışmamızda 35 adet Grade 4 ve 35 adet Grade 5 olmak üzere 70 adet SLA yüzeyli sterilize titanyum disk kullanılmıştır. Diskler her grupta 5 adet olacak şekilde 7'şer gruba ayrılmıştır. Grup 1,2 ve 3'teki diskler Woodpecker PT5 cihazıyla; Grup 4,5 ve 6'daki diskler Woodpecker UDS P cihazıyla işlem görmüştür. Grup 1 ve 4, titanyum uç ile; Grup 2 ve 5, çelik uç ile; Grup 3 ve 6, PEEK uç ile işlem görmüş olup Grup 7'deki diskler işlem görmemiş kontrol grubu olarak belirlenmiştir.

Disklerin sabitlenmesi ve ölçümlerin standart bir şekilde yapılabilmesi için akrilik stentler hazırlanmıştır. Disklere, profilometre ile başlangıç pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi sonrasında, ultrasonik uçlarla işlem yapılmıştır. Sonrasında yeniden profilometre ile sonuç değerler ölçülüp stereomikroskopta fotoğraflanmıştır. Bu fotoğraflar sonrasında uzman diş hekimi ve diş hekimi uzmanlığı olmayan kişilerce görsel olarak skorlanmıştır. Bulgular değerlendirilmiş ve istatistiksel analizi yapılmıştır.

Çalışmanın bulgularına göre; Grade 4 ve Grade 5 tüm disk gruplarında Ra değerleri başlangıca göre azalma göstermiştir. Grade 4 ve 5 gruplarında; Çelik grupları en fazla, PEEK grubu en az yüzey değişimi göstermiştir. Grade 4 grubunda; bütün gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Grade 5 grubunda; PEEK ile kontrol grubu ve PEEK ile Titanyum grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Grade 5 titanyum, Grade 4 titanyumdan daha dayanıklı bir materyal olduğundan dolayı, yüzey değişimlerinden daha az etkilenmiştir.

Çelik ve titanyum uçların peri-implant mukozitis ve peri-implantitis tedavi protokolleri arasında yer almaması gerektiği düşünülmektedir. En az yüzey değişimi yaratan uç PEEK grubudur. PEEK grubu peri-implant mukozitis ve peri-implantitis

tedavisinde kullanılması önerilebilir. Ancak yine de yüzey özelliklerini minimal de olsa değiştirdiğinden ve yüzeyde kalıntı bırakabileceğinden dolayı daha fazla çalışma yapılması önerilebilir.



1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. DENTAL İMPLANTLAR VE TARİHÇESİ.....	3
2.2. İMPLANT BİYOMATERYALLERİ	3
2.2.1. <i>İmplant Materyalinin Özellikleri (14, 15):</i>	4
2.2.2. <i>Polimerler</i>	6
2.2.3. <i>Seramikler</i>	7
2.2.4. <i>Metaller ve Metal Alaşımları</i>	7
2.3. DENTAL İMPLANTLARIN MORFOLOJİSİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	9
2.4. OSSEOİTEGRASYON	11
2.5. PERİODONTAL VE PERİ-İMLANTER DOKULAR	13
2.6. PERİ-İMLANTER HASTALIKLARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI.....	15
2.6.1. <i>Peri-implanter Sağlık</i>	15
2.6.2. <i>Peri-implant Mukozitis</i>	16
2.6.3. <i>Peri-implantitis</i>	18
2.6.4. <i>Peri-İmplant Sert ve Yumuşak Doku Eksiklikleri</i>	21
2.7. PERİ-İMLANTER HASTALIKLARIN TEDAVİSİ.....	21
2.7.1. <i>Peri-implant Mukozitisin Cerrahi Olmayan Tedavisi</i>	22
2.7.2. <i>Peri-implantitisin Cerrahi Olmayan Tedavisi</i>	24
2.7.3. <i>Peri-implantitisin Cerrahi Tedavisi</i>	26
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. DİSKLERİN HAZIRLANMASI VE GRUPLARA AYRILMASI.....	37
3.2. TİTANYUM DİSKLERİN BAŞLANGIÇ PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİNİN PROFİLOMETRE İLE ÖLÇÜLMESİ	38
3.3. ULTRASONİK KAZIYICI UÇLARIN TİTANYUM DİSK YÜZEYLERİNE UYGULANMASI	39
3.4. DİSKLERİN STEREOMİKROSKOPTA İNCELENİP FOTOĞRAFLANMASI.....	42
3.5. GÖRSEL ANALİZ ÖLÇEKLENDİRİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	45
3.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	46
4. BULGULAR	47
4.1. PROFİLOMETRE BULGULARI	47
4.2. GÖRSEL ANALİZ BULGULARI	52
5. TARTIŞMA	54
6. SONUÇLAR	61
7. KAYNAKÇA	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Periodontal dokular ve peri-implanter dokular	13
Şekil 2. Sağlıklı bir diş ve implant bölgesi.....	16
Şekil 3. Gingivitis ve Peri-implant mukozitis	18
Şekil 4. Periodontitis ve Peri-implantitis.....	19



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Osseointegrasyonun histolojik görüntüsü	12
Resim 2. Peri-implant mukozitis	17
Resim 3-A. Peri-implantitiste görülen kemik kaybı; B. Peri-implantitisin radyografik görünümü.....	19
Resim 4. Peri-implantitis klinik görünümü	20
Resim 5. Oral hijyen araçları.....	23
Resim 6. Titanyum küret	28
Resim 7. Teflon ve plastik küret	28
Resim 8. Ultrasonik cihazın çelik uç ile kullanımı	29
Resim 9. Ultrasonik PEEK uç	30
Resim 10. Air-abraziv sistem	30
Resim 11. Titanyum fırça	32
Resim 12. Peri-implantitisin titanyum fırça ile dekontaminasyon	32
Resim 13. Er-YAG lazer ile dekontaminasyon işlemi	34
Resim 14-A. Grade 4, B. Grade 5 titanyum disk	38
Resim 15. Titanyum disklerin yüzey pürüzlülüğünün profilometre cihazı ile ölçülmesi	38
Resim 16. Profilometre pürüzlülük değeri ölçümü	39
Resim 17. Woodpecker PT5 piezoelektrik ultrasonik cihaz ve disklerin yüzey işlemi öncesi hazırlanması	40
Resim 18. Titanyum ucun titanyum disk yüzeyine uygulanması.....	40
Resim 19. Çelik ucun titanyum disk yüzeyine uygulanması.....	41
Resim 20. PEEK ucun titanyum disk yüzeyine uygulanması	41
Resim 21. Nikon SMZ 745T Stereomikroskop.....	42
Resim 22-A. Grade 4 PT5 Titanyum; B. UDS-P Titanyum.....	42
Resim 23-A. Grade 4 PT5 Çelik; UDS-P Çelik	43
Resim 24-A. Grade 4 PT5 PEEK; B. UDS-P PEEK.....	43
Resim 25-A. Grade 4 kontrol grubu; B. 50x büyütmede Grade 4 diskler.....	43
Resim 26-A. Grade 5 PT5 Titanyum; B. UDS-P Titanyum.....	44
Resim 27-A. Grade 5 PT5 Çelik; B. UDS-P Çelik	44
Resim 28-A. Grade 5 PT5 PEEK; B. UDS-P PEEK.....	45
Resim 29-A. Grade 5 kontrol grubu; B. 50x büyütmede Grade 5 diskler.....	45

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. Grade 4 ve Grade 5 Ra Değerleri.....	49
Grafik 2. Başlangıç ve Bitiş Ra Değerleri Ortalama Farkı.....	51
Grafik 3. Grade 4 ve Grade 5 Görsel Analiz İstatistik Bulguları	53



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Dental İmplant Materyallerinin Sınıflandırılması.....	6
Tablo 2. Peri-implanter hastalıkların risk faktörleri/göstergeleri	21
Tablo 3. Profilometre ile Ölçülen Ra Değerlerinin İstatistik Bulguları	48
Tablo 4. Başlangıç ve Bitiş Ra Farkı İstatistik Bulguları.....	50
Tablo 5. Görsel Analiz İstatistik Bulguları	52



1. GİRİŞ

Dental implantlar, parsiyel ve total dişsizlik durumlarında hareketli ve sabit dental protezlere alternatif tedavi olarak son yıllarda başarılı ve yaygın olarak kullanılmaktadırlar (1).

Peri-implanter hastalıklar, implantın kemik ile başarılı bir şekilde osseointegrasyonunu takiben bakteriler ile konak cevabı arasındaki dengenin bozulması sonucu oluşur. Peri-implanter hastalıklar, peri-implant mukozitis ve peri-implantitis içeren biyolojik komplikasyonlar için ortak bir terimdir. Peri-implant mukozitis, implant çevresindeki yumuşak dokuların herhangi bir kemik kaybı olmaksızın etkilendiği geri döndürülebilir enflamatuvar değişiklikler olarak tanımlanırken, peri-implantitis, osseointegre olmuş bir implant çevresindeki tüm dokuları etkileyen, destek kemiğin kaybı ile sonuçlanan enflamatuvar bir süreç olarak tanımlanmaktadır (1, 2).

İmplant yüzey debridmanı, implant çevresi hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır, ancak implant dizaynı, implant yüzey özellikleri ve implantın üst yapısı gibi faktörler cerrahisiz mekanik tedaviyi olumsuz etkileyebilmektedir. İmplant yüzeyinin debridmanı için metal küretler ve ultrasonik uçlar kullanıldığında implant yüzeyinin zarar gördüğü gösterilmiştir. Bu nedenle implant yüzey debridmanında titanyum, karbon-fiber küretler ya da özel ultrasonik uçlar önerilmektedir (3). Peri-implantitis tedavisinde cerrahisiz tedaviye ek olarak değişik teknikler uygulanmıştır. Air-abrazivler, antimikrobiyal ağız gargaraları, klorheksidin irrigasyonu ya da jel olarak uygulanması, fotodinamik terapi, lokal ya da sistemik antibiyotik uygulanması ve Er:YAG lazer uygulamaları bu ek tedaviler arasındadır (4, 5).

Bu *in vitro* çalışmamızın amacı; farklı ultrasonik uçların titanyum implant yüzeyinde oluşturacağı pürüzlülüğü değerlendirip karşılaştırmak, peri-implanter hastalıkların tedavisinde, mekanik ultrasonik kazıyıcı uçların güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini değerlendirmektir.

Bu çalışmanın hipotezleri

1. Polieter eter keton (PEEK) uçlar titanyum diskler üzerinde diğer metal uçlara göre anlamlı derecede daha az yüzey bozulması oluşturacaktır.
2. Grade 4 titanyum disklerin yüzeyi, Grade 5 disklerle göre daha fazla oranda değişecektir.

3. Çalışmamızdaki PT5 piezoelektrik ultrasonik cihaz yüzeyde daha az bozulmaya sebep olacaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dental İmplantlar ve Tarihçesi

Dental implantların tarihi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. İnsanlar, rahat çiğneme fonksiyonunu ve yüz estetiğini yeniden sağlamak için eksik dişleri farklı yollarla değiştirmeye çalışmışlardır. Osseointegrasyon döneminden önce, farklı başarı oranlarına sahip parsiyel protezler, protezleri destekleyen iskeletler ve çeşitli implant tasarımları kullanılmıştır. İmplantlarda zaman içerisinde porselen, kobalt-krom, iridioplatin gibi çeşitli malzemeler kullanılmıştır; ancak titanyumun keşfedilmesi, implant tarihinin gidişatını değiştirmiştir (6).

1950'lerde, İsveçli bir anatomi profesörü olan Per-Ingvar Branemark, kemikteki kan dolaşımını incelerken, tıpta tarihi bir buluş yapmıştır. Yük transferi ile başa çıkabilmek için yeterli dayanım sağlayabilecek, sıkı bir implant-kemik ilişkisi görmüş ve titanyuma doğru uzanan bir kemik apozisyonu keşfetmiştir. Bu fenomeni “osseointegrasyon” olarak tanımlamıştır ve bunu tahmin edilebilir bir şekilde başarmak için belirli bir protokole sahip bir implant sistemi geliştirmiştir (7). İmplantlar, dişsiz çenede protezleri sabitlemek için kullanılmış ve ilk hasta 1965 yılında başarıyla tedavi edilmiştir (7-9). Daha sonraki klinik çalışmalar, yüklenmemiş bir iyileşme periyodunu da içeren, tam olarak kurallara bağlı bir protokolle yerleştirilen ticari saf titanyum implantların, tahmin edilebilir bir şekilde osseointegrasyon sağlayabildiğini ve tüm ark protezin uzun dönem başarı (15 yıl) ile fonksiyonda tutabildiğini kanıtlamıştır (7, 10).

Son dönemde yapılan araştırmalar ışığında; implantların, eksik dişlerin gerçek anlamda yerini alabileceği ve uzun süre rehabilite edebilir olduğu görülmüştür (11).

2.2. İmplant Biyomateriyalleri

Yirminci yüzyılın başlarında, altın, kurşun, iridyum, tantal, paslanmaz çelik ve kobalt alaşımlı metal implantlardan bahsedilmiştir. Sonrasında, ultra yüksek moleküler ağırlıklı poliüretan, poliamid, polimetilmetakrilat rezin, politetrafloroetilen ve poliüretan dahil olmak üzere çeşitli polimerler dental implant olarak kullanılmıştır. Günümüzde, titanyum ve titanyum alaşımları, implant üretimi için en çok kullanılan materyallerdir (12). Son dönemde, implantlar için mevcut olan biyomateriyaller

alanındaki kapsamlı çalışmalar ve ilerlemeler ile zirkonya, roksolid, yüzeyi modifiye edilmiş titanyum implantlar gibi daha yeni malzemeler ortaya çıkmıştır. Bu malzemeler sadece fonksiyonel gereksinimleri karşılamakla kalmaz, aynı zamanda estetik olarak da oldukça iyidir (13).

2.2.1. İmplant Materyalinin Özellikleri (14, 15):

Kütlesel özellikler

Elastisite modülü: İmplantta stresin eşit dağılımını sağlamak ve implant-kemik ara yüzündeki rölatif hareketi en aza indirmek için kemiğe (18 GPa) benzer elastisite modülüne sahip implant malzemesi seçilmelidir.

Çekme, basma ve kesme direnci: Bir implant malzemesi, kırılmaları önlemek ve fonksiyonel stabiliteyi arttırmak için yüksek çekme ve basma direncine sahip olmalıdır. İmplanttan kemiğe olan iyileştirilmiş stres transferinin, ara yüz kesme direncinin arttığı ve implanttaki streslerin azaldığı rapor edilmiştir.

Akma direnci, yorulma direnci: Bir implant materyali, döngüsel kuvvet altında gevrek kırılmayı önlemek için yüksek akma direncine ve yorulma mukavemetine sahip olmalıdır.

Esneklik: Amerikan Diş Hekimleri Derneği (ADA)'ne göre dental implant için minimum %8 esneklik gereklidir. İmplantta esneklik, bir implantın konturlanması ve şekillendirilmesi için gereklidir.

Sertlik ve dayanıklılık: Sertliğin artması implant malzemesinin aşınma oranını azaltır ve dayanıklılığın artması implantların kırılmasını önler.

Yüzey özellikleri

Yüzey gerilimi ve yüzey enerjisi: İmplantın ıslanabilirliği sıvı (kan) tarafında ıslatılabilmeyi ve implant yüzeyinin temizliğini ifade eder. Osteoblastlar, implant yüzeyine gelişmiş adezyon gösterir. Yüzey enerjisi de proteinlerin adsorpsiyonunu etkiler(11, 14).

Yüzey pürüzlülüğü: İmplantların yüzey pürüzlülüğündeki değişiklikler, implantın kemiğe bitişik yüzey alanını artırarak hücrelerin ve dokunun cevabını etkiler ve böylece kemiğe hücre tutunmasını iyileştirir.

Biyouyumluluk

İmplant materyalinin bu özelliği, belirli fonksiyondaki bir biyolojik ortamda olumlu cevap göstermek için gereklidir. Korozyon, metal yüzeyinden çevre ortama metal iyonların kaybıdır ve biyouyumluluk korozyon ürünlerinin sitotoksitesine ve korozyon direncine bağlıdır (11, 16, 17).

İmplant biyomateryali korozyona dayanıklı olmalıdır. Korozyon, yüzeyin pürüzlenmesine, restorasyonun zayıflamasına, metal veya alaşımdan elementlerin salınmasına, toksik reaksiyonlara neden olabilir. Komşu dokuların rengi bozulabilir ve element salınımına bağlı olarak hastalarda alerjik reaksiyonlar meydana gelebilir.

Dental implantların üretiminde kullanılan materyaller iki farklı şekilde kategorize edilebilir. Temel kimyasal bakış açısından, dental implantlar aşağıdaki üç ana gruptan birine girer: Polimerler, metaller ve seramikler. Ek olarak, biyomateryaller implante edildiklerinde ortaya çıkardıkları biyolojik yanıtın tipine ve konakçı doku ile gelişen uzun vadeli etkileşime göre sınıflandırılabilir. Üç ana biyodinamik aktivite türü rapor edilmiştir: Biyotolerant, biyoinert ve biyoaktif (Tablo 1). Farklı biyouyumluluk seviyeleri, hiçbir materyalin biyolojik çevre tarafından tamamen kabul edilmediği gerçeğini vurgular. Biyolojik performansı optimize etmek için, yeterli işlevi sağlarken olumsuz biyolojik yanıtı en aza indirecek yapay yapılar seçilmelidir (18-20).

Tablo 1. Dental İmplant Materyallerinin Sınıflandırılması

Dental İmplant Materyallerinin Sınıflandırılması			
Biyodinamik aktivite	Kimyasal kompozisyon		
	Metaller	Seramikler	Polimerler
<i>Biyotolerant</i>	Altın Kobalt-krom alaşımlar Paslanmaz çelik Zirkonyum Niyonyum Tantal		Poliyeten Poliamid Polimetilmetakrilat Politetrafloretillen Poliüretan
<i>Biyoinert</i>	Ticari olarak saf titanyum (cp-Ti) Titanyum alaşım (Ti-6Al-4V)	Alüminyum oksit Zirkonyum oksit	
<i>Biyoaktif</i>		Hidroksiapatit Trikalsiyum fosfat Tetrakalsiyum fosfat Kalsiyum fosfat Floroapatit Brushite Karbon: vitroz,pirolitik Karbon-silikon Biyocam	

Biyotolerant materyaller, canlı dokuya implante edildiğinde, mutlaka doku tarafında reddedilmeyen, ancak kapsül şeklinde fibröz bir tabaka ile çevrelenen materyallerdir. Biyoinert materyaller, kemiğin yüzeyine yakın bir şekilde apozisyonuna izin vererek, kontak osteogenezisine yol açar. Biyoaktif materyaller, ayrıca yüzeylerinde yeni kemik oluşumuna izin verir, ancak konak doku ile iyon değişimi, arayüz boyunca kimyasal bir bağ oluşumuna yol açar (bağlanma osteogenezisi). Biyoinert ve biyoaktif materyaller ayrıca osteokondüktiftir, yani yüzeylerinde kemik büyümesine izin veren iskelet görevi görebilirler. Biyotolerant, biyoinert ve biyoaktif materyallerin tümü tanım gereği biyouyumludur ve spesifik uygulamada öngörülebilir bir konak yanıtı ile sonuçlanır (21).

2.2.2. Polimerler

Ultra yüksek moleküler ağırlıklı poliüretan, poliamid fiberler, polimetilmetakrilat rezin, politetrafloroetilen ve poliüretan dahil olmak üzere çeşitli

polimerler, dental implant materyalleri olarak kullanılmıştır (15, 22, 23). Esnekliklerinin periodontal ligamentin mikrohareketini taklit etmesi ve muhtemelen doğal dişlerle bağlantıya izin vermesi beklenmiştir. Bununla birlikte, esnek implantların, stresi kemiğe daha uygun bir şekilde aktarma yeteneği, rijit implantlarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklılık bulunamamıştır (24). Düşük mekanik özellikler, canlı dokulara adezyon eksikliği ve olumsuz immünolojik reaksiyonlar, bu materyallerin yüzey kaplama tabakası olarak uygulanmasını ortadan kaldırmıştır (15, 25). Günümüzde polimerik materyaller, implantlar tarafından desteklenen üst yapılara dahil edilen, şok absorpsiyonu sağlayan bileşenlerin üretimi ile sınırlıdır (26).

2.2.3. Seramikler

Seramikler, yüksek sıcaklıklarda sıkıştırma ve sinterleme yoluyla üretilen inorganik materyallerdir. Metalik olmayan, nonpolimerize materyaller olarak tanımlanmıştır. Metalik oksitlere veya diğer bileşiklere ayrılabilirler (14). Oral ve maksillofasiyal implantlar alanında kullanılan seramik materyaller biyoinert veya biyoaktiftir. Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) (HA), trikalsiyum fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ve biyocamlar, muhtemelen kemik ile koheziv yapıya sahip kimyasal bir bağ geliştiren daha yaygın olarak kullanılan biyoaktif seramiklerden bazılarıdır (13, 27, 28).

Seramikler implantın tamamını oluşturabildiği gibi metalik bir çekirdek üzerine yüzey kaplaması şeklinde uygulanabilir. Tüm seramik bir implantın düşük eğilme mukavemeti ve çeşitli derecelerde çözünürlük gibi özellikleri nedeniyle implant uygulamalarında tercih edilmemektedir; fakat yüzey seramik kaplama implant diş hekimliği alanında daha çok tercih edilen uygulama haline gelmiştir (18).

Seramikler, inert davranışları, iyi mukavemetleri ve minimum termal ve elektriksel iletkenlik gibi fiziksel özellikleri nedeniyle cerrahi implant sistemlerinde kullanılmıştır. Seramiklerin düşük esneklik ve kırılabilirlik gibi bazı özellikleri seramik kullanımını sınırlamaktadır (18).

2.2.4. Metaller ve Metal Alaşımları

Metaller, implant materyali olarak uygun biyomekanik özelliklere sahiptir. Bu özelliklerin yanı sıra metallerin işlenmesi de kolaydır ve iyi bir bitişe sahiptir. Metalik implantlar, kullanımlarını kolaylaştıran genel sterilizasyon prosedürü ile sterilize

edilebilir. Ancak zamanla, gelişmeler ve metallerin (altın, paslanmaz çelik, kobalt-krom) düşük başarı oranları nedeniyle, bu materyaller artık eskide kalmış ve yerini daha yenilerine bırakmıştır. Titanyum (Ti) ve esas olarak Ti-6Al-4V alaşımları, dental implantları için tercih edilen metaller haline gelmiştir (11, 18).

Titanyum ve Titanyum Alaşımları

Titanyum, bir implant materyali olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır ve titanyum implantlarla elde edilen bu başarı, yüzeyinde oluşan stabil oksit tabakasının oluşması nedeniyle mükemmel biyouyumluluğuna borçludur (13, 29). Dental implantlar için titanyum; iyi kemik teması, düşük yoğunluk, mekanik dayanım, korozyon direnci, kimyasal stabilite ve biyouyumluluk gibi iyi materyal özelliklerinden dolayı uygundur (8, 30, 31).

Titanyum oksit tabakası 4-6 nm kalınlığındadır ve okside ek olarak hidroksil grupları da içerir. Yüzeyin tam bileşimi, osteoblastların adezyonunu teşvik etmede önemlidir (30). Yapılan çalışmalarda, kemiğin implante edilen metallere ve alaşımlara tepkisi incelenmiş ve titanyumun, oksit yüzeylerine bitişik bölgesinde kemik büyümesine izin verdiği gösterilmiştir (32).

Kullanılan temel metal, ticari olarak saf titanyum (cp-Ti) olarak adlandırılır. Titanyumun saflığına ve işlenen oksijen içeriğine göre, 1'den 4'e kadar numaralandırılmış dört grade sınıflaması mevcuttur (30, 33). Bu dereceler korozyon direnci, esneklik ve mukavemet açısından farklılık gösterir. En yüksek oksijen içeriği (yaklaşık %0,4) ve en yüksek mekanik mukavemet ile dental implantlar için en yaygın olarak kullanılan Grade 4 cp-Ti'dir. Ayrıca Grade 5 titanyum olarak adlandırılan Ti-6Al-4V alaşımı da vardır (30). Grade 5 titanyum biyomedikal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (34, 35). Bunun nedeni bu alaşımın iyi mekanik özelliklere sahip olması, oldukça üstün mukavemeti ve düşük Young modülüdür (35, 36). Diş hekimliğinde de kullanılabilir ve bu alaşımın kullanımının biyolojik olarak kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir (35). Genel olarak titanyum ve titanyum alaşımları, insanlarda implantlar için osseoentegre olarak tanımlanan implant-kemik ara yüzleri göstermiştir (14).

Grade 1: En yumuşak ve soğuk şekillendirilebilen, darbe dayanıklılığına sahip, daha düşük mukavemet, en yüksek esneklik, mükemmel direnç gösteren alaşımsız titanyum sınıfıdır. Sertlik (Rockwell B/C) 70 HRB'dir.

Grade 2: Soğuk şekillendirilebilirlik ve üretilebilirlik, orta mukavemetli, mükemmel dirençli, endüstride kullanılan alaşımsız titanyum sınıfıdır. Sertlik (Rockwell B/C) 80 HRB'dir.

Grade 3: Kabul edilebilir soğuk şekillendirilebilirlik ve esneklik ile benzer korozyon direncine sahip Gr 2 titanyumun biraz daha güçlü versiyonudur. Sertlik (Rockwell B/C) 90 HRB'dir.

Grade 4: Makul kaynaklanabilirlik ve azaltılmış esneklik ve soğuk şekillendirilebilirlik ile Gr 2 ve 3 titanyumun çok daha güçlü, yüksek intertisyel versiyonudur. Sertlik (Rockwell B/C) 100 HRB/24 HRC'dir.

Grade 5 (Ti-6Al-4V): 400°C'ye kadar kullanım için ısıtılabilir, piyasada en çok bulunan titanyum alaşımı, iyi kaynaklanabilirlik ve üretilebilirlik ile birlikte yüksek dayanıklılık, sertlik ve esnekliğin mükemmel bir kombinasyonunu sunar (37). Sertlik (Rockwell B/C) 107 HRB/32 HRC'dir.

2.3. Dental İmplantların Morfolojisi ve Yüzey Pürüzlülüğü

İmplant yüzeyi, dental implantların gerekli osseointegrasyonunun sağlanması için kritik öneme sahiptir (30). İmplant yüzeyinin, kemik kalitesinden, miktarından ve kemiğin anatomik özelliklerinden bağımsız olarak iyileşme sürecine olumlu katkıda bulunabilecek özellikte olması gerektiği belirtilmektedir (38). Yüzey morfolojisi, dental implantların başarısını karşılaştırmak için kullanılan önemli bir parametredir (36).

Titanyum implantların yüzeyinin kimyasal yapısı, yüzey enerjisi, ıslanabilirliği (hidrofilik), yüzey topografisi (pürüzlülüğü) ve doku entegrasyonu tipi (osseöz, fibröz veya karışık) implant ve kemik arası bağlantıyı etkileyerek osseointegrasyonda rol oynayan parametrelerdir (14, 39). Yüzey enerjisindeki, kimyasal bileşimdeki ve yüzey topografisindeki modifikasyonların, hücrel aktiviteyi ve doku yanıtlarını etkilediği ve bunun da osteogenezisin artmasına neden olduğu bilinmektedir (7). Yapılan çalışmalarda, cp-Ti implantların yüzey pürüzlülüğündeki artışın, arayüzde oluşan kemik miktarına göre kemik entegrasyonunu iyileştirdiği, osteokondüksiyonu ve osteogenezi arttırdığı görülmüştür(40). Yüzey enerjisinin yüksek olmasının tek başına hücre cevabı üzerinde etkili olmadığı, ancak yüksek pürüzlülüğe sahip materyallerle sinerjistik etki göstererek osteoblast hücrelerinin adezyonunu, çoğalmasını,

farklılaşmasını ve matris oluşumunu arttırdığı gözlenmiştir (41). Yüzey pürüzlülüğünün artması sadece kemik oluşumunu uyarmakla kalmaz; kemik rezorpsiyonunu da önler (42).

Yüzey işlemi veya yüzey modifikasyonu, dental implantlardaki son gelişmelerdeki temel endişe olarak kabul edilmektedir. Yüzey işlemi, yüzey enerjisi ve kimyasal bileşimdeki değişiklikleri içerir. Mikro ve nano-pürüzlülük, yapı ve gözeneklilik gibi yüzey morfolojisi değişiklikleri, hücrelerin katı bir alt tabakaya adezyon yeteneğini etkilediği için implantın önemli özelliklerindendir (36).

Yüzey pürüzlülüğü oluşturma veya implant yüzeyinin işlem görmesinin birincil amacı, hücrel aktiviteyi arttırmak ve kemik apozisyonunu iyileştirmektir (43, 44). İnsan klinik deneylerinde endosseöz diş implantlarını kullanan çalışmalar, pürüzlü yüzeylerin nispeten pürüzsüz yüzeylere sahip malzemelere göre kemikle daha iyi entegre olduğunu göstermiştir (45). İmplantların yüzey pürüzlülüğü makro, mikro ve nano boyutlu topolojilere ayrılabilir (46).

Makrotopografik profil, 10 µm'den fazla yüzey pürüzlülüğü veren dişli vida ve makro gözenekli yüzey işlemleri ile doğrudan implant geometrisi ile ilgilidir. Çok sayıda rapor, protezin hem erken fiksasyonunun hem de uzun vadeli mekanik stabilitesinin, pürüzsüz yüzeylere kıyasla yüksek bir pürüzlülük profili ile geliştirilebileceğini göstermiştir (47). Yüksek pürüzlülük, implant yüzeyi ile kemik büyümesi arasında mekanik kilitleme ile sonuçlanmıştır; fakat yüksek yüzey pürüzlülüğü nedeniyle, peri-implantitiste ve iyonik sızıntıda bir artış olabilir (48). 1-2 µm'lik orta düzeyde bir pürüzlülük bu iki parametreyi sınırlayabilir. Bu sebeple çalışmalarda, mikro ve nano pürüzlülük seviyeleri araştırılmıştır (49).

Mikrotopografik profil, yüzey pürüzlülüğü için 1-10 µm aralığındaki mikropürüzlülük olarak tanımlanır. Bu pürüzlülük aralığı, mineralize kemik ile implant yüzeyi arasındaki kenetlenmeyi maksimuma çıkarır. Mikropürüzlülük osseointegrasyona hücrel seviyede etki etmektedir (47).

Nanotopografik yüzey profili (1-100 nanometre), proteinlerin adsorpsiyonunda, osteoblastik hücrelerin adezyonunda ve dolayısıyla osseointegrasyon hızında önemli bir rol oynar (50). Dental implantlarda nanopürüzlülük, hücrel ve protein düzeyinde hücre-implant etkileşimleri üzerinde

bir etkiye sahiptir ve osteoblastların farklılaşmasına etki ederek daha iyi ve daha hızlı bir osseointegrasyona izin verir (51).

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için birçok parametre kullanılmıştır. Fakat, en fazla rapor edilen parametre ortalama pürüzlülük (Ra) değeridir. Ra değeri, bir yüzeyin genel pürüzlülüğünü tanımlar ve pürüzlülük profillerinin ölçüm uzunluğu içindeki merkez çizgiden tüm mutlak mesafelerinin aritmetik ortalama değeri olarak tanımlanır (52).

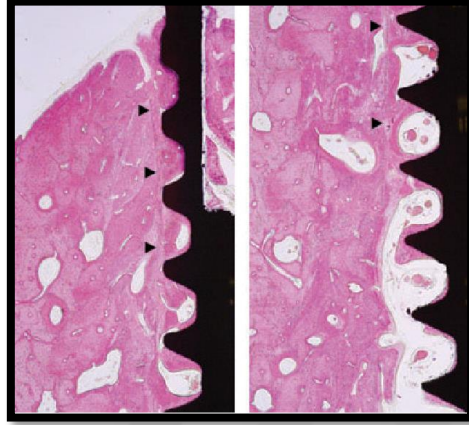
Dental implant bileşeninin işlevine bağlı olarak farklı pürüzlülük değerleri gerekir. Bir implant yüzeyinde, 2 µm civarında Ra değerleri olan nispeten pürüzlü yüzeylerin, osteoblast farklılaşması ve işlevi için gerekli proteinlerin sekresyonunu doğrudan teşvik ederek, mekanik olarak stabil bir kemik-implant arayüzü oluşturduğu bilinmektedir. Ancak, 2 µm civarındaki pürüzlülük değerleri, morfolojilerini ve mikrobiyal profillerini etkileyerek yüzey ve bakteri hücreleri arasındaki etkileşimi de kolaylaştırabilir (53, 54).

Bir implantın yüzey topografisi, kemiğin anatomik yüzeyi kontrol edilemediğinden kemik-implant temasını artırmak için gözenekli hale getirilerek ve/veya implant yüzeyi diğer uygun malzemelerle kaplanarak tasarlanabilir(43). İmplantların yüzeyinde kontrollü pürüzlülük oluşturmak için çeşitli yüzey işlemleri mevcuttur. Yüzeyler fiziksel, kimyasal, termal veya mekanik yöntemlerle modifiye edilebilir. İmplant yüzeyleri, plazma ark ile hidroksiapatit ekleme, kalsiyum fosfat kaplama, titanyum plazma sprej (TPS) kaplama ve iyon depozisyonu gibi additif (yüzeye eklenen) yöntemlerle veya asitleme, kumlama gibi subtraktif (yüzeyden aşındırılan) yöntemlerle işlenebilir (40, 55). Bu işlemler ayrıca mekanik, kimyasal, elektrokimyasal, elektro-polisaj, vakum, termal ve lazer yöntemleri olarak sınıflandırılabilir (56). Bu yöntemlerden bazıları implant üzerinde yüzey topografisi oluşturmanın yanı sıra implant yüzeylerinde steril yüzeyler de oluşturur (57).

2.4. Osseointegrasyon

İmplant yerleştirmenin birincil amacı, stabil bir kemik-implant bağlantısı (yani osseointegrasyon) elde etmek ve bunu sürdürmektir. Branemark osseointegrasyonu 'histolojik olarak, düzgün, canlı kemik ile yük taşıyan bir implantın yüzeyi arasında fibröz dokular olmaksızın doğrudan yapısal ve fonksiyonel bağlantı; klinik olarak ise,

bir alloplastik materyalin (implant) oklüzal kuvvetlere dayanma kabiliyeti ile kemiğe asemptomatik rijit fiksasyonu' olarak tanımlamıştır (7, 10, 58).



Resim 1. Osseointegrasyonun histolojik görüntüsü

İmplant bölgesinde osteotomi preparasyonu (kemik yaralanması), enflamatuvar reaksiyon, kemik rezorpsiyonu, büyüme faktörlerinin salınımı ve osteoprogenitör hücrelerin kemotaksis ile bölgeye çekilmesi gibi bir dizi olayı başlatır. Osteoprogenitör hücrelerin osteoblastlara farklılaşması implant yüzeyinde kemik oluşumuna yol açar. Osteokalsin gibi ekstrasellüler matris proteinleri, apatit kristallerinin büyümesini modüle eder. Kemik oluşumu için optimal olan spesifik koşullar, osseointegrasyonun sağlanması için iyileşme bölgesinde muhafaza edilmelidir (7).

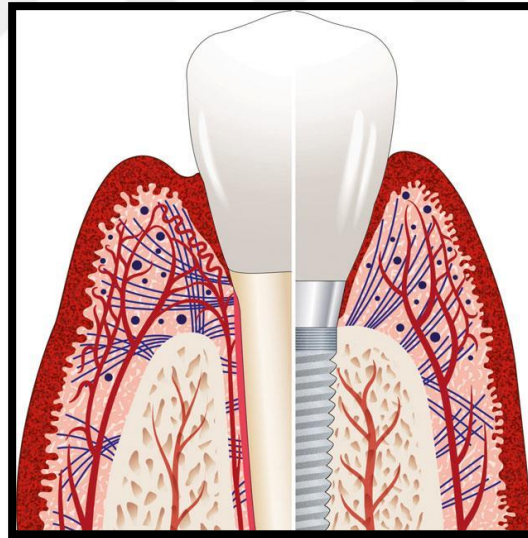
Osseointegrasyon, ancak hücreler biyomateryal yüzeyine yapışırsa gerçekleşebilir. Bu aşamada, hücre-biyomateryal ara yüzünde hücre iskeletinin yeniden organize olması ve hücreler ile ekstrasellüler matris arasındaki bilgi alışverişi meydana gelir, bu da gen aktivasyonunu ve spesifik doku remodelasyonunu sağlar. Biyomateryal yüzeyinin hem morfolojisi hem de pürüzlülüğü, hücre proliferasyonu ve farklılaşma, ekstrasellüler matris sentezi, lokal faktör üretimi ve hatta hücre morfolojisi üzerinde etkilidir (59, 60).

Osseointegrasyon sırasında, yük uygulandığında bile osteoblastlar ve mineralize matris, implant yüzeyi ile temas eder. Osseointegrasyonun iki özelliği olan, mevcut kemiğin korunması (remodelasyon) ve yeni kemik oluşumu, implant iyileşmesinin sonucunu ve implantın stabilitesini belirler (61). Çeşitli sistemik ve lokal faktörlerin, osseointegre bir arayüz oluşumu ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bunlar

implante edilen materyalin tipi ve biyouyumluluğu, yüzey kompozisyonunun makro ve mikro yapısı, cerrahi esnasında oluşan ısı ve kontaminasyon, implantın primer stabilitesi, kemik kalitesi ve implantların yüklenme zamanıdır (56, 60-62).

2.5. Periodontal ve Peri-implanter Dokular

Peri-implanter yumuşak dokular, görünüş ve yapı olarak periodontal yumuşak dokulara benzerdir. Yumuşak dokular, epitel dokusu ile örtülmüş bağ dokusundan oluşur. Bir gingival/mukozal sulkus, uzun bir bağlantı epiteli ataşmanı ve destekleyici kemiğin üzerinde bir bağ dokusu bölgesi vardır (7). Periodonsiyum ve peri-implanter destek yapıları benzer histolojik ve klinik özellikler göstermesine rağmen, dişlerin ve implantların çevresinde ve ataşmanı arasında birkaç temel farklılık vardır. Doğal dişler, bağ dokusu liflerinin sement içine girip alveolar kemikte asılı olduğu bir periodontal ligamente sahipken, osseointegre implantlarda periodontal ligament ve sement yoktur. Osseointegre implantların arayüzü boyunca herhangi bir bölgede kollajen lifleri yoktur. Kemik, implant yüzeyi ile doğrudan temas halindedir (7, 63).



Şekil 1. Periodontal dokular ve peri-implanter dokular

İmplantın (abutment) karşısında bulunan peri-implanter mukozanın iki ayrı bölümü vardır; gingivanın bağlantı epiteline benzer ince bir bariyer epitel ve sulkuler epitel ile kaplı koronal kısım. Apikal kısımda bağ dokusu implant yüzeyi ile doğrudan temas halindedir. Peri-implanter mukozanın bu apikal kısmı, bağ doku adezyon bölgesi olarak adlandırılmıştır (64).

Dentoalveolar ve dentogingival lifler, yumuşak dokuları dişle (sement) birleştirirken, peri-implanter dokularda bu lifler belirgin değildir. Periodontal olarak sağlıklı bölgelerde, gingival marjin, mine-sement sınırının ana hatlarını takip ederken, implant bölgesinde mukozal marjin, krestal kemiğin (çoklu implantlar) konturunu takip eder veya komşu dişlerde bağ doku adezyon bölgesi (tek implantlar) ile ilişkili olarak devam eder. Diş, soketin içinde periodontal ligamentin viskoelastik özelliği sebebiyle fizyolojik olarak hareket halindedir, implant ise etrafındaki kemiğe rijit olarak (ankilozan) tutunur (64).

Sulkuler ve bariyer epitelin bitişindeki bağ dokuda, dentogingival vasküler pleksusa benzer hassas pleksusu bulunurken, bağ doku adezyon bölgesi sadece sınırlı miktarda vasküler yapı barındırmaktadır (64, 65). Çiğneme mukozasına yerleştirilen implantlarda, ana kollajen lif demetleri krestal kemiğe yapışır ve implantın yüzeyine paralel olarak marjinal yönde uzanır. Bu tip peri-implanter mukozada sirküler liflerin de mevcut olabileceği varsayılmaktadır (64, 66).

Peri-implanter mukozadaki bakteri birikimi, doğal dişlerde bulunana benzer şekilde enflamasyona ve artan sondlama derinliğine yol açar (64, 67). Plağa yanıt olarak hem periodontal hem de peri-implanter dokulardaki enflamatuvar lezyon, keratinize oral epitel ile birleşim epiteli arasındaki yumuşak dokuların marjinal kısmında lokalizedir. Bununla birlikte, doğal dişlerden farklı olarak, implantların etrafındaki enflamatuvar infiltrat kemikle yakın temas halindedir ve kemik iliği boşluklarına kadar uzanabilir (68, 69).

Periodontitisin aksine, enfekte implantlarda enflamatuvar lezyon apikal yönde ilerler ve kollajen lifler tarafından kapsüllenmez. Peri-implantitiste elastaz üreten hücrelerin varlığı ayrıca daha akut bir enflamasyon tipine işaret edebilir (69, 70).

Bağlantı epitelinin en iç kısmındaki hücreler, diş yüzeyine sıkı bir sızdırmazlık sağlayan epitelyal ataşmanı oluşturur. Diş yüzeyindeki bu adezyon, birleşim epitelinin doku homeostazında ve mikroorganizmalara ve bileşenlerine karşı savunmada kritik bir rol oynadığı anlamına gelir (71). Benzer şekilde, implant ve peri-implanter mukoza arasındaki epitelyal bağlantının bütünlüğünün osseointegrasyonun sürdürülmesi için kritik olduğu evrensel olarak kabul edilmektedir (63).

2.6. Peri-implanter Hastalıkların Tanımı ve Sınıflandırılması

Amerikan Periodontoloji Akademisi (AAP) ve Avrupa Periodontoloji Federasyonu'nun 2017 yılında yürüttüğü çalışmalar sonucunda, 1999 yılından itibaren kabul edilmiş olan periodontal hastalık sınıflaması yeniden değerlendirilmiştir. Bu çalıştayda "Periodontal ve Peri-implanter Hastalıklar ve Durumlar Sınıflaması" ortaya konulmuştur. Bu yeni sınıflamada temel fark periodontitisin geçmişte agresif ve kronik olarak ayrı şekilde tanımlanan formları artık periodontitis olarak tek bir kategori altında toplanmış ve çok yönlü bir evre-derecelendirme sistemine dayanarak yeniden tanımlanmıştır (72).

Ayrıca peri-implanter hastalık ve durumlar da sınıflamaya dahil edilmiştir. Epidemiyolojik, etiyolojik, patogeneze ve hastalık tedavileri detaylı inceleme altına alınarak periodontitis ve periimplantitis hastalıkları güncel, yeni bir sınıflamada toplanmıştır. Çalıştay tarafından peri-implanter sağlık (64), peri-implant mukozitis (73) ve peri-implantitis (74) için yeni bir sınıflandırma geliştirilmiştir. Bu sınıflandırma için dünya çapında kabul edilebilecek bir fikir birliğine varmak için peri-implant sağlığı, hastalıkları ve implant bölgesi koşullarının ve deformatelerinin ilgili bölgelerinin tüm yönlerini gözden geçirmek için çaba gösterilmiştir (75, 76).

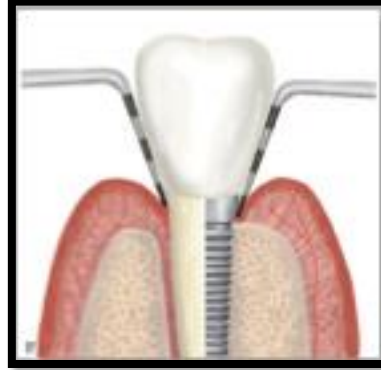
Peri-implanter Hastalıklar

1. Peri-implanter sağlık (64)
2. Peri-implant mukozitis (73)
3. Peri-implantitis (74)
4. Peri-implant yumuşak ve sert doku eksiklikleri (76)

2.6.1. Peri-implanter Sağlık

Peri-implanter dokular, osseointegre dental implantların çevresinde oluşan dokulardır. Yumuşak ve sert doku bölümlerine ayrılırlar. Yumuşak doku kısmı "peri-implant mukoza" olarak adlandırılır ve implant/abutment yerleştirilmesini takip eden yara iyileşme sürecinde oluşur (77). Sert doku kısmı, implant stabilitesini sağlamak için implant yüzeyi ile bir temas ilişkisi oluşturur (78). Peri-implant dokular histolojik ve anatomik özellikleri nedeniyle iki temel işlevi yerine getirir: Mukoza altta yatan kemiği korurken, kemik implantı destekler. Peri-implant dokuların yıkımı implantın

başarısını ve sağkalımını tehlikeye atabilir (79). Sağlıklı peri-implant dokuların özelliklerinin anlaşılması hastalığın tanınmasına izin verir (64).



Şekil 2. Sağlıklı bir diş ve implant bölgesi

Sağlıklı peri-implant mukoza, keratinize veya non-keratinize epitel ile örtülmüş bir bağ dokusundan oluşur. İmplantın kemik içi bölümünün çoğu mineralize kemikle temas halindedir, geriye kalan kısım ise kemik iliği, vasküler yapılar veya fibröz doku ile temas halindedir. Sağlıklı peri-implanter dokuların özellikleri literatürde doğru bir şekilde tanımlanmıştır. Peri-implanter mukozitis ve peri-implantitisin mevcut tanımlarına göre, bir bölgenin peri-implant sağlığına sahip olduğu sonucuna varmak için klinik enflamasyon belirtilerinin olmaması gereklidir. (64, 80).

Peri-implanter sağlıkta görülen bulgular:

1. Peri-implant enflamasyon belirtilerinin olmadığını gösteren görsel inceleme: pembe, şişlik görülmeyen, sıkı kıvamlı peri-implant mukoza;
2. Sondlamada (çizgi veya damla şeklinde) kanama olmaması;
3. Sondlama cep derinlikleri, implant bölgesindeki yumuşak dokunun yüksekliğine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Sondlama derinliğinde zamanla artan bir cep derinliği görülmemeli; ve
4. Başlangıçtaki iyileşmeyi takiben daha fazla kemik kaybı olmamasıdır (76).

2.6.2. Peri-implant Mukozitis

Peri-implant mukozitis, destekleyici peri-implanter kemik kaybı olmaksızın, endosseöz implantı çevreleyen mukozanın enflamatuvar bir lezyonu olarak

tanımlanmıştır. Peri-implant mukozitis tanımı için önemli kriterler, peri-implant mukozada enflamasyon varlığı ve devamlı marjinal peri-implant kemik kaybının olmamasıdır (73, 81).



Resim 2. Peri-implant mukozitis

Peri-implant mukozitis, implant çevresinde bakteriyel biyofilm akümüülasyonunu takiben sağlıklı peri-implant mukozadan gelişir. Peri-implant mukozitis, öncelikle implant-mukoza arayüzünde konak-konakçı homeostazının bozulmasından kaynaklanır ve geri döndürülebilir bir durumdur (73).

Peri-implant mukozitis, gingivitis ile benzer klinik özellikler göstermektedir. İki hastalıkta da enflamasyonun kendine has belirtilerini görülür. Peri-mukozitis ve gingivitis arasında birtakım farklılıklar olduğu da yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Meyer ve ark. tarafından yapılan bir deneysel çalışmada, hastaların gingivitis ve peri-implant mukozitis sırasındaki klinik ve biyolojik tepkileri karşılaştırılmış ve implant bölgelerinde daha az biyofilm birikimi gözlemlenmesine rağmen, peri-implant mukoza, diş etinde gözlenenden daha yüksek oranda kanama bölgesi görülmüştür(82). Benzer şekilde Salvi ve ark. yürüttükleri bir çalışmada, benzer plak birikimi görülen peri-implant mukozitis bölgelerinde, gingivitise göre daha şiddetli enflamatuvar yanıt olduğu saptanmıştır (83).



Şekil 3. Gingivitis ve Peri-implant mukozitis

Deneyisel peri-implant mukozitis çalışmalarında, optimum biyofilm kontrolü ile klinik düzeyde tam iyileşme 3 haftadan uzun sürebilir. Peri-implant mukozitis ile ilişkili faktörler arasında biyofilm akümülayonu, sigara ve radyoterapi yer alır.

Düzenli destekleyici peri-implant tedavisi ile biyofilmin uzaklaştırılması, peri-implanter sağlığın peri-implant mukozitise dönüşmesine ve ayrıca peri-implant mukozitisin peri-implantitise ilerlemesine karşı önemli bir önleyici stratejidir(73).

Peri-implant mukozitis tanısı:

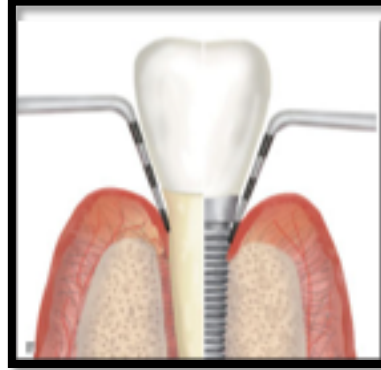
1. Peri-implant bölgede enflamasyon belirtilerinin varlığını gösteren görsel inceleme: kırmızı, ödematöz dokular, sıkı doku kıvamı bozulmuş ve yumuşak;
2. Sondlamada (çizgi veya damla) kanama ve/veya süpürasyon varlığı;
3. Başlangıç değerlere kıyasla sondlama derinliklerinde bir artış; ve
4. Başlangıç kemik şekillenmesinden kaynaklanan krestal kemik seviyesi değişikliklerinin ötesinde kemik kaybının olmaması(76).

2.6.3. Peri-implantitis

Peri-implantitis, dental implantların çevresindeki dokularda meydana gelen, peri-implant mukozasında enflamasyon ve progresif destekleyici kemik kaybı ile karakterize, plağa bağlı patolojik bir durumdur (81, 84, 85). Klinik olarak, yumuşak dokuda var olan enflamasyon, sondlamada kanama ile saptanırken, progresif kemik kaybı radyografilerde tanımlanır (74).

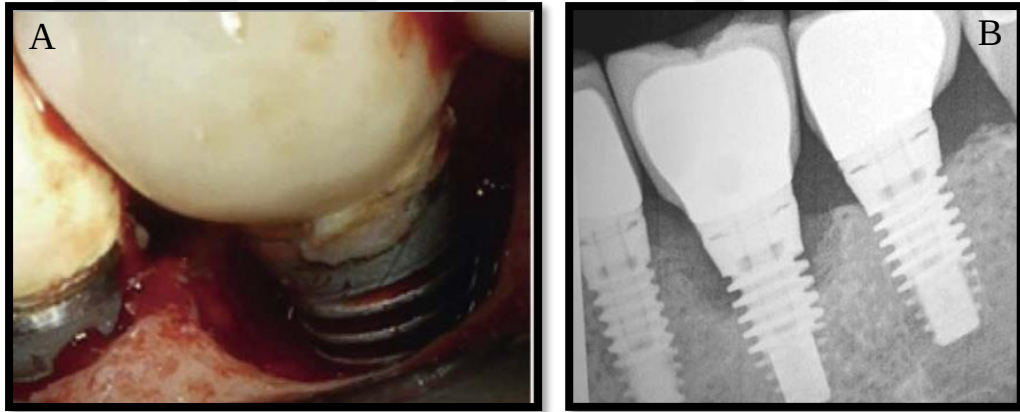
Kızarıklık, ödem, mukozal büyüme, süpürasyonlu veya süpürasyonsuz sondlamada kanama varlığı, cep derinliğindeki artışlar ve radyografik kemik kaybı

gibi enflamasyonun klinik belirtileri, peri-implantitis vaka tanımlarında yaygın olarak görülmektedir (70, 86).



Şekil 4. Periodontitis ve Peri-implantitis

Peri-implantitis bölgelerinde, başlangıç ölçümleri ile karşılaştırıldığında klinik enflamasyon belirtileri ve artan sondlama derinlikleri görülmektedir. Histolojik düzeyde, peri-implantitis bölgelerinde, periodontitis bölgelerine göre genellikle daha büyük enflamatuvar lezyonlar görülmektedir. Peri-implantitis bölgelerine sıklıkla çevresel bir kemik kaybı paternini göstermektedir (74).



Resim 3-A. Peri-implantitiste görülen kemik kaybı; B. Peri-implantitisin radyografik görünümü

Peri-implant mukozitisten peri-implantitise geçişe yol açan histopatolojik ve klinik durumlar tam olarak tespit edilememiştir. Peri-implanter mukozitisin, hastaların %79-90'ında ve implantların %50'sinde görüldüğü; peri-implantitisin ise hastaların %28-56'sında ve implantların %12-43'ünde görüldüğü saptanmıştır (87).

Peri-implantitis için potansiyel risk faktörleri/göstergeleleri olarak sigara ve diyabeti tanımlayan veriler yetersizdir. Peri-implantitisi diğer faktörlerle ilişkilendiren bazı sınırlı kanıtlar vardır. Örneğin; oral hijyen ve bakımı zorlaştıran post-restoratif

submukozal siman varlığı, peri-implant keratinize mukozanın olmaması, implantların konumlandırılması gibi. Kronik periodontitis öyküsü olan, plak kontrol becerileri zayıf olan ve implant tedavisinden sonra düzenli idame tedavisi almayan hastalarda peri-implantitis gelişme riskinin artmış olduğu görülmüştür (74).



Resim 4. Peri-implantitis klinik görünümü

Peri-implantitis tanısı:

1. Sondlama sırasında kanama ve/veya süpürasyon ile birlikte peri-implant yumuşak dokularında görsel inflamatuvar değişiklik;
2. Üst yapının yerleştirilmesinde elde edilen ölçümlere kıyasla sondlama cep derinliklerinin artması;
3. İmplant destekli protez rekonstrüksiyonunun tesliminden sonraki 1 yıldaki radyografik kemik seviyesi değerlendirmesine göre progresif kemik kaybı; ve
4. Başlangıç radyografileri ve sondlama derinliklerinin olmaması durumunda, aşırı kanama ile bağlantılı olarak ≥ 3 mm kemik seviyesi kaybı ve/veya ≥ 6 mm sondlama derinliklerinin radyografik kanıtı peri-implantitisi temsil eder (74).

Tablo 2. Peri-implanter hastalıkların risk faktörleri/göstergeleri

Peri-implanter hastalık	Risk faktörleri/göstergeleri
Peri-implant mukozitis ve peri-implantitis	Plak ve biyofilm akümüasyonu, oral hijyen ve destekleyici implant tedavisine uyum
	Sigara kullanımı
	Radyasyon terapisi
	Periodontitis öyküsü
	Yetersiz plak kontrolü
	Düzenli bakım eksikliği

2.6.4. Peri-İmplant Sert ve Yumuşak Doku Eksiklikleri

Peri-implant sert ve yumuşak doku eksiklikleri, komplikasyonlara yol açabilen ve implantın sağkalımını tehlikeye atabilen ve dolayısıyla tedavi gerektiren yaygın bulgulardır (69, 88). Sistemik hastalık ve medikasyon, implantın yanlış pozisyonda konumlandırılması, bukkal kemik veya keratinize mukoza eksikliği, ince doku fenotipi ve cerrahi travma gibi faktörler bu koşullarla ilişkilendirilmiştir (69, 88, 89).

2.7. Peri-implanter Hastalıkların Tedavisi

Peri-implanter hastalıklar, peri-implant biyofilmi ile biyofilme verilen konak cevabı arasındaki dengesizliğin neden olduğu, disbiyozis ve doku destrüksiyonu ile sonuçlanan, implantları çevreleyen dokuların enflamatuvar durumlarıdır (90).

Peri-implant hastalıklar, tahmini hasta prevalansı peri-implant mukozitis için %43 ve peri-implantitis için %22 olan yaygın durumlardır (91). Peri-implant mukozitis, peri-implantitisin öncüsü olarak kabul edilir ve peri-implantitisin önlenmesi için peri-implant mukozitisin cerrahi olmayan tedavisi bir ön koşul kabul

edilmektedir (85). Eđer peri-implantitis tedavi edilmezse implant kaybına neden olabilir. Bu nedenle, peri-implant hastalıkları tedavi etmek için etkili önlemler son yıllarda ilgi odağı olmuştur (90).

Peri-implanter hastalıkları tedavi etmek için, enflamasyonu çözmek ve hastalığın ilerlemesini önlemek amacıyla supra ve submukozal biyofilmin uzaklaştırılması yoluyla anti-infektif bir yaklaşım gerekmektedir. Peri-implant mukozitin başarılı tedavisi, sondlamada kanama yokluğu ile değerlendirilen enflamasyonun çözülmesi olarak tanımlanır. Peri-implantitisin başarılı tedavisi, örneğin peri-implant cep derinliği 5 mm'nin altında, sondlamada kanama veya süpürasyon olmaması ve daha fazla kemik kaybı olmaması gibi başarı kriterleri kullanılarak tanımlanır (90).

Peri-implanter hastalık erken bir aşamada tespit edilirse, cerrahi olmayan tedavi başarılı bir sonuç elde edilebilir. İlerlemiş peri-implantitis tedavisi için genellikle cerrahi müdahale gerekliyken, cerrahi olmayan tedavi her zaman tedavinin ilk aşaması olmalıdır. Bu da profesyonel olarak biyofilmin uzaklaştırılması ve oral hijyen talimatını içermektedir (92).

2.7.1. Peri-implant Mukozitisin Cerrahi Olmayan Tedavisi

Peri-implant mukozitis tedavisinin amacı, peri-implant plak/diştaşının uzaklaştırılarak ve cerrahi olmayan tedavilerle cep derinliği ve sondlamada kanamanın azaltılması gibi klinik parametreleri iyileştirerek peri-implanter sağlığın eski haline getirilmesidir (73, 93). Bununla birlikte; uygulanan tedaviler, limitasyonlar ve öngörülebilirlik açısından farklılık gösterdiğinden, bakteriyel birikimi ortadan kaldırarak peri-implanter hastalığın önlenmesi, sağlığın korunması ve gelecekteki tedavilere duyulan ihtiyaçtan kaçınmak için önemli bir faktör olmaya devam etmektedir (69, 94).

Cerrahi olmayan tedavi stratejileri, el aletleri veya ultrasonik aletler kullanılarak debridman, air-abrazyon (basıncılı hava, su ve ince bir aşındırıcı toz karışımı kullanarak biyofilm uzaklaştırma) veya lazer gibi çeşitli profesyonel biyofilm uzaklaştırma yöntemlerini içerir. Antimikrobiyal fotodinamik terapi (fotosensitize olabilen bir ajanla düşük güçte lazer kullanımı), lokal antimikrobiyal ajanların verilmesi veya probiyotiklerin reçete edilmesi gibi önlemler de anlamlı ölçüde bir ek

yarar sağlamasa da kullanılabilir. İmplant yüzeyi, materyali ve topografyası biyofilm oluşumunu ve dekontaminasyon yöntemi seçimini etkileyebilir (90).

- **Lokal faktörlerin düzenlenmesi**

Dental implant protezlerinin etrafındaki biyofilmin uzaklaştırılması için ulaşılabilirlik, dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. İmplant sağlığının korunması ve peri-implant mukozitisin uygun tedavisi, evde ağız hijyeni sağlanırken hastalar ve profesyonel bakım seansları sırasında sağlayıcıları için yeterli erişime izin veren protezler gerektirir. Yetersiz ulaşılabilirlik nedeniyle implant bileşenlerinin (implant, abutment ve kron) düzgün bir şekilde temizlenememesi, kalıcı enflamasyona yol açıp sağlıklı bir implantı tehlikeye atacaktır (94, 95).

Restorasyon sınırlarının yerleşimi, peri-implant mukozitisin tedavi sonuçlarını etkileyebilecek başka bir lokal faktördür. Supramukozal marjinli restorasyona sahip implantlar, submukozal marjinli olanlara kıyasla peri-implant mukozitis tedavisinden sonra cep derinliğinde önemli ölçüde daha fazla azalma gösterir. Aynı zamanda simante restorasyonlarda karşılaşılan fazla siman artığı da peri-implant mukozitis ve peri-implantitis için önemli bir risk faktörüdür (94).

Peri-implanter sağlığın devamı için ulaşılabilir, temizlenebilir restorasyon yüzeyleri ve marjinleri oluşturulup fazla siman artığı tespit edildiğinde uzaklaştırılmalıdır.

- **Hastaya oral hijyen alışkanlığı kazandırılması**

Hastada oral hijyeninin sürdürülebilmesi için, en etkili ve kolay yöntem olan düzenli diş fırçalama alışkanlığının kazandırılması ve plağın mekanik olarak uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Bunun için hem manuel hem de elektrikli diş fırçaları, oral hijyeni sağlamak için kullanılabilir. Fakat yalnızca diş fırçalama, diş yüzeylerinde interproksimal plakları temizlemede yetersiz kalacağından dolayı, diş ipi ve ara yüz fırçaları gibi diş arası temizliğinin sağlanabileceği çeşitli araçlar günlük oral hijyen rutinine eklenmelidir(96).



Resim 5. Oral hijyen araçları

- **Mekanik debridman**

Mekanik debridman, implant boynu ve abutment ile birlikte supra ve subgingival implant yüzeylerinin debridmanını içerir. Ana hedef, implant yüzeyinde değişime sebep olmadan implant çevresindeki biyofilm, plak ve diş taşı çıkarmak, implant mukozası çevresinde sağlığı yeniden elde etmek ve peri-implantitise ilerlemesini engelleyerek enflamasyonu çözmektir (73). Bu amaçla farklı tipte küretler, ultrasonik cihazlar ve air-abrazivler önerilmiştir. Çelik, titanyum, karbon fiber, teflon kaplı küretler veya plastik küretler gibi el aletleri ve/veya titanyum, polieter eter keton (PEEK) gibi çeşitli uçlara sahip ultrasonik aletler, supra ve submukozal diş taşı ve biyofilmin uzaklaştırılması için kullanılabilir. Dental lazerler (fotodinamik terapi dahil), özellikle küretlere ek olarak, enfekte implant yüzeylerini dekontamine etmek için de kullanılmıştır (90, 97).

Peri-implant mukozitis için ek lazer tedavisinin özellikle uzun vadeli yararları ilişkin veriler az olsa da fotodinamik tedavi dahil olmak üzere yardımcı lazer tedavisinin, kısa vadede sondlamada kanamada azalmaya yol açabileceği bildirilmiştir (98, 99).

Air abrazyon, titanyum implantlarda supra ve submukozal biyofilm uzaklaştırılması için el veya ultrasonik enstrümantasyona bir alternatiftir. Kullanılan tozlar esas olarak amino asit glisin, sodyum bikarbonat veya eritritolden oluşur; titanyum ve zirkonyum implantlardan büyük yüzey değişikliklerine neden olmadan biyofilm uzaklaştırılmasında etkilidir (90).

Lokal antimikrobiyaller ve antiseptiklerin uygulanması, diyet lazer, fotodinamik terapi ve probiyotiklerin gibi ek tedaviler araştırılmıştır. Fakat, ek tedavilerin, profesyonel olarak uygulanan mekanik biyofilm uzaklaştırma etkinliğini iyileştirdiği ve enflamasyonu azalttığı gibi bir bulguya rastlanmamıştır(90).

Peri-implant mukozitis tedavisi, peri-implanter yumuşak dokularda sağlığın yeniden sağlanmasına odaklandığından, herhangi bir terapötik tedavinin yeniden değerlendirilmesi için 6 hafta iyileşme süresi beklenmelidir(69).

2.7.2. Peri-implantitisin Cerrahi Olmayan Tedavisi

Peri-implantitis tedavisinin genel amacı, peri-implant mukozadaki enflamasyonu gidermek ve destekleyici sert ve yumuşak dokuları korumaktır. Tedavi

sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken parametreler, sondlamada kanamanın azaltılması, sondlama derinliğinin azaltılması ve radyografilerde değerlendirilen krestal kemiğin korunması veya kazanılmasıdır (90).

Peri-implant mukozitis için cerrahi olmayan tedavilerle hastalığın iyileşmesi beklenebilirken, peri-implantitisin tek başına cerrahi olmayan tedavi ile iyileşmesi tutarlı olumlu sonuçlar göstermemiştir (83, 100).

Cerrahi olmayan tedavilerdeki gelişmelere rağmen, son çalışmalar, özellikle erken veya başlangıç peri-implantitis lezyonlarının (<%25 kemik kaybı) varlığında, peri-implantitisin tek başına cerrahi olmayan tedavi ile iyileşmesinin yetersiz ve öngörülemez olduğu konusunda hemfikirdir (100-102). Yine de periodontitis tedavisine cerrahi olmayan bir yaklaşımla başlandığı gibi peri-implantitis tedavisine de ilk aşama tedavi basamağı olarak cerrahi olmayan tedavi ile başlanması tavsiye edilir. Bu durum, klinisyenin, hastanın uyum düzeyini ve implant çevresindeki doku yanıtını değerlendirmesine, dokudaki enflamasyonu ve implant yüzeylerindeki bakteri yükünü azaltmasına olanak tanır (103).

Peri-implantitisin cerrahi olmayan tedavisi, peri-implant mukozitis tedavisi ile aynı tedavi sırasını içerir. Kapsamlı bir muayene ve teşhisin ardından, tedaviden önce sigara içimi, periodontitis ve kontrolsüz diyabet gibi değiştirilebilir risk faktörlerinin/göstergelerinin değerlendirilmesi ve azaltılması gerekir. Tedavi, protezin temizlenebilirliği ve uyumunun değerlendirilmesini ve gerektiği gibi modifikasyonu, ardından diş taşı ve biyofilm birikintilerini gidermek için ağız hijyeni talimatlarını ve profesyonel mekanik debridmanı içerir.

Cerrahi olmayan tedaviyi takiben yaklaşık 4-6 haftada yeniden değerlendirme, klinisyenin tedaviye yanıtı değerlendirmesini sağlayacaktır. Klinik iyileşmeler gözlemlendiğinde (cep derinliklerinde ≤ 5 mm azalma ve sondlamada kanamanın görülmemesi), hastaya düzenli takip ve biyofilmin profesyonel olarak uzaklaştırılmasını içeren bir destekleyici bakım programı sağlanmalıdır. Kalan derin cep derinliklerinin (≥ 6 mm) olması durumunda, kalıcı enflamasyon (sondlamada kanama/süpürasyon) varsa, cerrahi tedavi önerilir (90).

Çelik, titanyum, karbon fiber, plastik veya teflon kaplı küretler ve/veya ultrasonik aletlerin kullanımını içeren enstrümantasyon veya Er:YAG lazer, supra ve submukozal diş taşı ve biyofilm birikimlerinin çıkarılması için kullanılabilir(69, 90).

Mineralize olmamış depozitleri gidermek için air-abrazyon kullanılabilir. Ayrıca lokal antimikrobiyaller, antimikrobiyal fotodinamik terapi ve probiyotiklerin kullanımı gibi ek tedaviler de uygulanabilmektedir. İmplant topografisinin görüntülenememesi nedeniyle, seçilen yöntem ne olursa olsun, derin peri-implant ceplerini enstrümente ederken dikkatli olunmalıdır (90).

2.7.3. Peri-implantitisin Cerrahi Tedavisi

Peri-implantitisin cerrahi tedavisinin spesifik amacı, enflamatuvar lezyonun rezolüsyonunu sağlamak için debridman ve dekontaminasyon için implant yüzeyine erişim sağlamaktır (81).

Peri-implantitis tedavisindeki en büyük zorluklardan biri implant yüzeyinin dekontaminasyonudur. Peri-implantitisten etkilenen bir implantın yüzeyi, farklı implant yüzey modifikasyonlarından kaynaklanan alanlarda yaşayan mikroorganizmalarla karmaşık bir biyofilm sergiler. Peri-implantitis lezyonunun rezolüsyonunu sağlamak için biyofilmin uzaklaştırılması bir ön koşul olmasına rağmen, biyofilmin tamamen ortadan kaldırılması zor görünmektedir. Bununla birlikte, klinik öncesi ve klinik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, mekanik bir yaklaşım kullanılarak implant yüzeyinin dekontaminasyonunun ardından peri-implantitis lezyonlarının rezolüsyonunun gerçekten de meydana gelebileceğini göstermiştir (90).

Peri-implantitis için dekontaminasyon yöntemleri, cep ve implant yüzeyi de dahil olmak üzere peri-implant bölgesindeki bakteriyel biyofilmi ortadan kaldırmayı ve yeniden osseointegrasyona izin vermeyi veya en azından bakteriyel adezyonu en aza indirmeyi amaçlar. Cerrahi müdahaleyi takiben implant yüzeylerinin dekontaminasyonu için çeşitli yöntemler savunulmaktadır. Lazer tedavisi ile birlikte mekanik, kimyasal veya fotodinamik önlemler enfeksiyonu ortadan kaldırmaya, enflamasyonu gidermeye ve yüzeyi kemik rejenerasyonuna ve olası yeniden kemik entegrasyonuna elverişli hale getirmeye çalışmıştır (104).

Mekanik debridmandan sonra peri-implantitis lezyonlarının tamamen düzeldiğine dair kanıtlar prelinik bir çalışmada sunulmuştur (105).

Peri-implantitisin cerrahi tedavisine ilişkin çoğu klinik çalışma, implant yüzeyini dekontamine/detoksifiye etmeyi amaçlayan çeşitli yöntemler kullanmıştır

(106, 107). Peri-implant hastalığının enfeksiyöz doğasına ek olarak, implant yüzeyinin doğasından kaynaklanan mekanik temizlikteki zorluklar, yüzeyin tamamen temizlenmesine engel olmaktadır. Sıklıkla pürüzlü bir yüzeyle birleşmiş yivlerin varlığı, mikrofloranın tek başına mekanik yollarla sağlıklı bir düzeye baskılanmasına izin vermez (108, 109).

Birincil tedavi hedefi, biyouyumlu hale getirmek için implant yüzeyini temizlemek ve dezenfekte etmek, böylece enflamatuvar lezyonun iyileşmesine ve yeniden kemik entegrasyonuna izin vermek olmalıdır (108).

2.7.3.1. İmplant yüzey dekontaminasyon yöntemleri

Dekontaminasyon yöntemleri; mekanik, kimyasal ve lazerle dekontaminasyon olarak üç ana başlık altında incelenebilir.

- **Mekanik Dekontaminasyon**

Mekanik dekontaminasyon, kontamine implant yüzeyinde bulunan sert ve yumuşak depozitlerin mekanik olarak temizlenmesidir. Mekanik dekontaminasyon için farklı materyallerden elde edilen küretler, ultrasonik cihazlar, air-abraziv sistemler, titanyum döner fırçalar kullanılmaktadır. Ayrıca implantoplasti işlemi de mekanik dekontaminasyon yöntemleri içinde yer almaktadır (110).

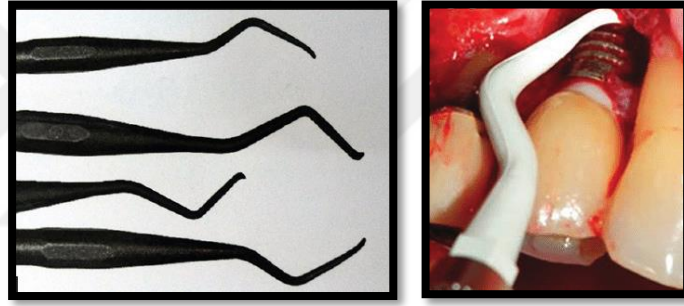
Küretler

İmplant yüzeylerinde kullanılan metal küretlerin implant yüzeyindeki depozitleri kaldırmada etkili olduğu, fakat implant yüzeyinde pürüzlülüğe sebep olduğu bilinmektedir (111). Bu sebeple titanyum küretler tasarlanarak implant yüzey dekontaminasyonu için kullanılmaya başlanmıştır. Titanyum küretlerin sertliği implant materyali ile benzer olduğu için implant yüzeyinde deformasyona ve çiziklere sebep olmamaktadır. Karbon küretlerin sertliği implant materyaline göre daha düşük olduğundan yüzeye zarar vermeden debridman sağlanabilir ancak bu küretler kırılmalıdır(94).



Resim 6. Titanyum küret

Teflon küretler, karbon fiber küretler ile benzer özelliktedir ve bu küretlerin özellikle air abraziv sistemi ile beraber kullanımı önerilmektedir (112). Plastik küretler, tüm küret tipleri içinde en kırılğan olanıdır ve debridman kapasiteleri de oldukça sınırlıdır. Ayrıca plastik küretlerin implant yüzeyinde kalıntılar bıraktığı ve plastik kalıntıların doku iyileşmesini olumsuz yönde etkileyebileceği belirtilmiştir (113).



Resim 7. Teflon ve plastik küret

Ultrasonik cihazlar

Periodontal/peri-implant hastalıklarda, mekanik plak kontrolü yoluyla bakteri kolonizasyonunu baskılama etkinlikleri nedeniyle, klinik uygulamalarda ultrasonik cihazlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Küretler ve air-abrazivlere benzer şekilde, ultrasonik cihazların amacı, peri-implantitis tedavisi sırasında implant yüzeyini değiştirmeden biyofilm ve diş taşıyı uzaklaştırmaktır. Bununla birlikte, geleneksel mekanik aletler hastalıklı düzensiz bir kök yüzeyini düzleştirirken, titanyum implant yüzeyini de pürüzlendirir (114). Bu sınırlamaların bazılarının üstesinden gelmek için, karbon fiber, silikon veya plastik gibi farklı uç modifikasyonları önerilmiştir.



Resim 8. Ultrasonik cihazın çelik uç ile kullanımı

Geleneksel ultrasonik cihazda yapılan bir başka değişiklik, yatay titreşimin bir rezonans halkası tarafından dikey bir titreşime dönüştürüldüğü ve çalışma ucunun yüzeye paralel bir hareketle sonuçlandığı Vector sistemidir (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany) (115).

Titanyum oldukça yumuşak bir materyal olduğundan, sert metalik uçlarla yapılan mekanik debridmanın implantın yüzey topografisini değiştirdiği bildirilmiştir (116). Bu tür değişiklikler, rejeneratif bir yaklaşım düşünüldüğünde, osseointegrasyon açısından iyileşmeyi olumsuz yönde etkileyebilen pürüzlülük ve hidrofilik özellikler gibi yüzey özelliklerine bozabilir (117) ve daha önce pürüzsüz olan yüzeylerin bakteriyel rekolonizasyonuna zemin hazırlayabilir (118). Ayrıca, enstrümantasyon ile implanttan aşındırılan ve peri-implant dokulara ulaşan titanyum partiküllerine karşı olası immünolojik reaksiyon, halen bilimsel bir tartışma konusudur (119). Bu nedenle, orijinal yüzey morfolojisinin hasarını önlemek amacıyla implant yüzey debridmanı için kullanılan ultrasonik uçlar için daha yumuşak materyaller önerilmiştir.

Rezin, karbon veya PEEK uçların, orijinal titanyum yapısını daha iyi koruduğu gösterilmiştir (119-121). Öte yandan, bu uçların aşınarak, pürüzlü titanyum implant yüzeyleri üzerinde materyal kalıntıları bıraktığı bildirilmiştir (122).



Resim 9. Ultrasonik PEEK uç

Yapılan *in vitro* bir çalışmada PEEK uçların ultrasonik ya da sonik cihazlarla kullanımının diskler üzerindeki biyofilmi tamamen kaldırabildiği gösterilmiştir (122). Yapılan başka bir çalışmada piezoelektrik cihazlar ile birlikte PEEK uç kullanımının biyofilm ve diş taşıyı implant yüzeyinden uzaklaştırmak için etkili ve minimal invaziv bir prosedür olduğu bildirilmiştir (123).

Air-abrazivler

Standart air-abraziv sistemler, sodyum bikarbonatın basınçlı hava ile püskürtülmesine dayalıdır. Diş yüzeyini parlatmak ve lekeleri çıkarmak için kullanılırlar, ancak yüksek aşındırıcılıklarından dolayı sert ve yumuşak dokuya zarar verebildikleri için implant enstrümantasyonu için kullanılamazlar (124). Son zamanlarda, düşük aşındırıcı amino asitli glisin tozu ile kullanılan bir air-abraziv sistem, sert ve yumuşak dokulara zarar vermeden kök yüzeyinden biyofilm uzaklaştırmanın etkili bir yöntemi olarak gösterilmiştir ve implant yüzeylerinin debride edilmesi için tavsiye edilmiştir (125).



Resim 10. Air-abraziv sistem

Air-abrazyonun, el ve ultrasonik enstrümantasyona ve Er:YAG lazere göre titanyum yüzeyinde daha yüksek osteoblast canlılığı sağladığı bildirilmiştir (126). Biyolojik olarak uyumlu, karyojenik ve toksik olmayan bir şeker-alkolü olan eritritol, klorheksidin (erythritol/CHX) ile kombinasyon halinde düşük aşındırıcılığa sahip bir toz formülasyonuna yakın zamanda dahil edilmiştir. Poliol ailesi arasında eritritol, hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak karyojenik bakterilere ve *P. gingivalis*'e karşı en yüksek inhibitör aktiviteyi gösterir. Ayrıca birkaç oral streptokokun yapışma yeteneğini de azaltabilir. Periodontal idame tedavisinde eritritol/CHX ile air-abrazyonun, ultrasonik ve manuel debridmanla karşılaştırılabilir klinik sonuçlar ve *A. Actinomyces comitans* için pozitif olan bölgelerde daha yüksek bir azalma gösterdiği bildirilmiştir (127, 128).

Air abrazyon implant yüzey dekontaminasyonunda başarılı şekilde kullanılmaktadır. Bikarbonat içerikli air abrazyon ve teflon küret kullanılarak, implant yüzey dekontaminasyonu yapılan bir çalışmada, bakteri sayısının azaldığı rapor edilmiştir (112).

In vitro olarak yapılan başka bir çalışmada araştırmacılar eritritol-klorheksidin ve glisin içerikli air-abrazyon yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda biyofilm tabakasındaki total anaerobik bakteri sayısını azaltması açısından eritritol-klorheksidin içerikli air abrazyon yönteminin glisine göre daha etkili bulunduğu belirtilmiştir (129). Yine *in vitro* olarak implant yüzeylerinin, ultrasonik cihaz, küret ve glisin içerikli air-abrazyon ile dekontamine edildiği bir çalışmada, tedavi sonrası implant yüzeylerinin temizlenme oranları ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri değerlendirilmiştir. Tedavi sonucunda glisin içerikli air-abrazyon kullanılan implant yüzeylerinde daha az hasar meydana geldiği gösterilmiş; implant yüzeyinde temizlenmeyen alan miktarının, küret kullanımında %74,7, ultrasonik cihaz kullanımında %66,95 ve glisin air-abrazyon sisteminde %33,87 olduğu gösterilmiştir (130).

Son zamanlarda yapılan air-abrazyon sistemi ile plastik küretlerin ve serum fizyolojik emdirilmiş pamuk pelet kullanımının karşılaştırıldığı bir çalışmada; hava-toz abrazyonların gingival indeks ve sondlanabilir cep derinliğinde azalma oranlarında daha başarılı sonuç verdiği ortaya konulmuştur (131). Bu sistemin implant yüzey

özelliklerini değiştirebildiği, amfizem riski oluşturduğu ve cerrahi işlem sırasında kullanılmasının sakıncalı olabileceği de bildirilmektedir (132).

Titanyum fırçalar

Titanyum kıllardan yapılmış yeni bir titanyum fırça, peri-implantitisin cerrahi tedavisi sırasında titanyum yüzeylerin açık debridmanı için piyasaya sürülmüştür. İmplant yüzeyinde daha az hasar oluşturmak, yüzey dekontaminasyonu sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Konfokal lazer mikroskobisi ve kontakt profilometrenin kullanıldığı *in vitro* araştırmalar, bu titanyum fırçaların hem işlenmiş hem de kumlanmış-asitle pürüzlendirilmiş (SLA) yüzeyler implantların mikro yüzey topografisini önemli ölçüde değiştirmedeğini göstermiştir (133). Ayrıca, titanyum fırçaların metal küretlere kıyasla, daha kısa sürede daha iyi plak kaldırdığı gözlemlenmiştir. Ancak, titanyum implant yüzeylerinde belirgin yüzey değişikliğine neden olduğu da görülmüştür (134).



Resim 11. Titanyum fırça



Resim 12. Peri-implantitisin titanyum fırça ile dekontaminasyon

İmplantoplasti

İmplant yüzeyinin dekontaminasyonunu sağlamak için genellikle daha agresif mekanik tekniklerin kullanılması önerilmiştir. Bu tür prosedürler, implant yüzeyinin aşındırılmasını ve implant yivlerinin düzleştirilmesini ve pürüzlü implant yüzeylerinin parlatılmasını içermektedir (90). Bu prosedürün etkinliği konusunda daha fazla kanıt gerekmesine rağmen, peri-implantitisin rezektif tedavisi sırasında kullanılması özellikle yararlı bir yaklaşım gibi görünmektedir (135).

İmplant gövdesinin sıcaklığındaki artışın, implant çapının daralması nedeniyle mukavemetinde bir azalmanın ve titanyum partiküllerinin salınımının, peri-implant hastalıklarının ilerlemesine veya gelişmesine sebep olabileceğine dair endişeler dile getirilmiştir; ancak, uygun su soğutması altında, sıcaklıkta minimum bir artışın beklenmesi gerektiği bildirilmiştir (136, 137).

Ek olarak, implant kalınlığında eşit olmayan bir azalmanın olmaması için, implant yüzeylerinin dikkatli bir şekilde manipüle edilmesiyle, implant kırılma riski, implant fikstürüne gelebilecek aşırı hasar ve titanyum parçacıklarının salınımı önemli ölçüde azalır (138, 139). İmplantoplasti sırasında çevre dokulardaki titanyum partiküllerinin emilimini azaltmak için bariyerler de kullanılabilir (69).

• Kimyasal Dekontaminasyon

Enfekte implant yüzeyinin debridmanı ve dekontaminasyon prosedürü sırasında, bakteriyel biyofilm ve dekalsifiye depozitlerin uzaklaştırılması gerekir ve bu amaca ulaşmak için uygun implant detoksifikasyonu oldukça önemlidir(69).

Kimyasal işlemlerin kullanılmasının mantığı, uygun maddelerin doğrudan uygulanmasıyla implant yüzeyini dezenfekte etmek/dekontamine etmektir. Sitrik asit, hidrojen peroksit, klorheksidin ve/veya salin kullanılmış ve hepsi deneysel çalışmalarda benzer sonuçlar vermiştir (97, 107).

Sitrik asit, implant yüzey detoksifikasyonunda yaygın olarak kullanılan kimyasal ajanlardan biridir. Bakteriyel büyümeyi inhibe etme yeteneği nedeniyle periodontolojide geleneksel kullanımı, peri-implantitis tedavisinde uygulanmasına yol açmıştır (140, 141). Peri-implantitis tedavisi için klinik uygulamayla ilgili olarak tek başına sitrik asidin kullanılmasını destekleyen araştırmalar sınırlı olsa da, titanyum yüzeylerde biriken mikroorganizmaların toplam miktarını azaltma ve biyofilm

uzaklaştırılması için çok iyi dekontaminasyon kapasitesi sağlama yeteneği gösterilmiştir (142).

Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA), implant yüzeyinde kullanılan başka bir kimyasal ajandır. Geleneksel klinik periodontolojideki etkinliği literatürde biraz tartışmalı bir konu olmasına rağmen (143, 144), bazı yazarlar bunu, peri-implant defektinin greftlenmesinden önce kontamine implant yüzeyini dezenfekte etmek için klorheksidin ile birlikte (her biri için 2 dakika, %24 EDTA ve %1 klorheksidin jel) kullanmıştır (145).

Enamel matris türevleri (EMD'ler), peri-implantitis tedavisi için peri-implant cerrahisi ile kombinasyon halinde iyileşmeyi desteklemek için de kullanılmış ve test edilmiştir. EMD'lerin iyileştirici etkilerini araştıran randomize bir klinik çalışma, radyografik kemik düzeyindeki değişikliğin, defektteki kemik duvar sayısı ve anaerobik mikrobiyotaya ile birlikte değerlendirildiğinde, EMD'lerle önemli ölçüde ilişkili olduğunu bulmuştur(146). Bahsedilen çalışmanın 3 ve 5 yıllık takiplerinde, EMD'lerin implant sağkalımı ile ilişkili olduğu da rapor edilmiştir (147).

- **Lazerle Dekontaminasyon**

Modern diş hekimliği, lazerlerin kullanımını çeşitli cerrahi yaklaşımlarda benimsemektedir. Lazerlerin etkileri, cihaz tarafından yayılan enerjiye ve hedeflenen dokunun bu enerjiyi absorbe etme, dağıtma, yansıtma veya iletme yeteneğine bağlıdır. Karbondioksit, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG ve diyet lazerler periodontal ve peri-implant prosedürler için kullanılabilen lazer türleridir (148).



Resim 13. Er-YAG lazer ile dekontaminasyon işlemi

Günümüzde lazer tedavisi, cerrahi olmayan (149-151) ve cerrahi prosedürlere (152, 153) ek olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. İdeal ayarlar, üreticinin tavsiyelerine bağlıdır. AAP konsensüsü tarafından yakın zamanda yapılan bir meta-

analiz, lazer tedavisinin (Er:YAG, karbon dioksit ve diyet lazerlerle sınırlı), peri-implant hastalıklarının tedavisinde; cep derinliğinin azalmasında, klinik ataşman seviyesi kazanımında, çekilmede iyileşmede ve klinikte plak indeksi skorlarında minimal faydalar sağlayabileceği sonucuna varmıştır (154).

- **Antimikrobiyal Fotodinamik Terapi (aPDT)**

Işığa duyarlılaştırıcı ajanların (örneğin, fenotiyazin klorür, tolonyum klorür, indosiyanin yeşil boyası, metilen mavisi boyası, toluidin mavisi boyası) düşük yoğunluklu diyet lazerlere maruz bırakılması, kasıtlı olarak, periodontal patojenlere karşı toksik ajanlar olarak davranması amaçlanan serbest radikallerin oluşumunu amaçlayacaktır.

Ortaya çıkan kanıtlar, peri-implant hastalıkların tedavisi sırasında ek olarak antimikrobiyal fotodinamik tedavinin (aPDT) kullanımını desteklemeye devam etmektedir (155-158). Ancak bu, aPDT'nin hem periodontitis hem de peri-implantitis tedavisi için geleneksel tedaviye kıyasla benzer klinik sonuçlar sağladığı sonucuna varan mevcut AAP konsensüsüyle çelişmektedir (99). aPDT'nin avantajları, ışığa duyarlılaştırıcıların aktif uygulanması sırasında faydalı olabilir ve aPDT'nin kesilmesinden sonra kısa süreler boyunca etkili kalabilir.

2.7.3.2. Cerrahi Teknikler

- **Açık flep cerrahisi**

Açık flep cerrahi müdahalesinin amacı, etkilenen implant çevresindeki tüm yumuşak dokuları korumak, devamlılığını sağlamak ve esas olarak implant yüzeyinin dekontaminasyonuna odaklanmaktır. Genellikle etkilenen implantların çevresinde intrakreviküler kesiler yapılır ve mukoperiostal flepler hem bukkal hem de palatal/lingual olarak kaldırılır.

Peri-implant enflame dokuların degranülasyonu en iyi titanyum küretler ile gerçekleştirilir ve implant yüzey dekontaminasyonu daha önce açıklanan yöntemlerden biri kullanılarak gerçekleştirilir. Son olarak flepler yeniden konumlandırılır ve dikilir.

Tek başına implant yüzeyi dekontaminasyonunun yeniden osseointegrasyonla sonuçlanabileceğine dair insan veya hayvan çalışmalarından hiçbir kanıt bulunmadığından, bu cerrahi müdahale hastalık sürecinden sorumlu enflamatuvar değişiklikleri ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu teknik implant boynu

etrafındaki yumuşak doku marjininin konumunu korumayı amaçladığından, bu ancak implant çevresindeki kemik kaybı yüzeysel olduğunda elde edilebilir (97).

- **Apikale pozisyone flep**

Bu cerrahi yaklaşım, bireysel ağız hijyenini geliştirmek ve etkilenen implantların etrafındaki cepleri azaltmak için savunulmaktadır (159). Teknik olarak, sondlama cep derinliğine ve peri-implant mukozanın genişliğine ve kalınlığına bağlı olarak ters eğimli bir insizyon tasarlanır. Flebi apikal olarak konumlandırmak için vertikal serbestleştirici insizyonlar gerekebilir. Mukoperiostal flepler hem bukkal hem de palatal/lingual olarak kaldırılır. Etkilenen dokuların boyun kısmı daha sonra çıkarılır ve implant yüzeyleri tamamen dekontamine edilir. Genellikle kemik kesikleri kullanılarak dikkatlice gerçekleştirilen osteoplasti gereklidir. Son olarak, implantın daha önce etkilenen kısmını ağız boşluğuna açıkta bırakmak için flepler dikilir (97). Açıkta kalan kısmı düzeltmek ve implant yüzeyinin ameliyat sonrası kontaminasyonunu azaltmak için implantoplasti önerilmiştir (135). Bu teknik, kemik üstü defektler veya tek duvarlı kemik içi defektleri olan peri-implantitis için endike olabilir. Esas olarak estetik olmayan alanlar için seçilmiş bir tekniktir (160).

- **Rejeneratif tedavi**

Rejeneratif yaklaşımların iki ana amacı; iyileşme sürecinde doku boyutlarını desteklemek, mukozanın çekilmesini önlemek ve rekonstrüktif ve rejeneratif teknikler/materyaller kullanarak reosseointegrasyon elde etme şansını arttırmaktır. Bu teknikte, yumuşak doku miktarını korumak için sıklıkla intrakreviküler kesiler yapılır. Bukkal ve lingual periosteal flepler kaldırıldıktan sonra titanyum aletler kullanılarak defekt degranülasyonu yapılır. İmplant yüzeyinin dekontaminasyonundan sonra, defektin kemik içi bileşenini doldurarak implantın etrafına bir greft yerleştirilir. Greftleme, otojen kemik veya kemik greftleri ile yapılabilir. Greft, rezorbe olabilen veya olmayan bir membran ile örtülebilir. Son olarak, flepler, koronal olarak konumlandırılır ve sütüre edilir (107, 161).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Tez çalışmasında yer alan dekontaminasyon ve profilometre ölçüm aşamaları, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji ABD laboratuvarlarında; mikroskop görüntüleme aşamaları İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır.

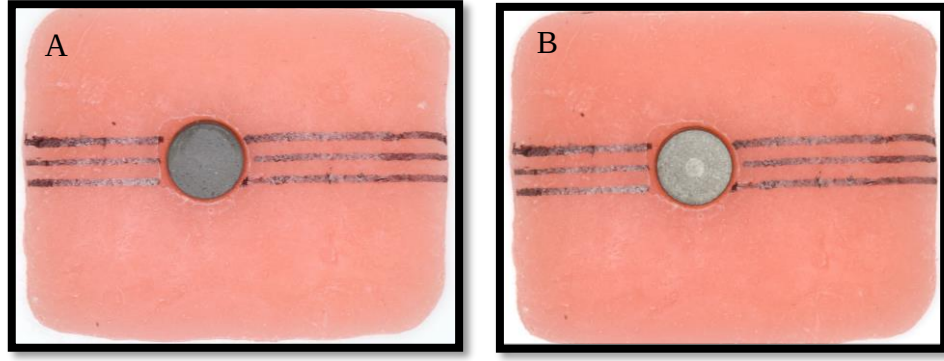
Tez çalışmamızda 5 mm çapında ve 5 mm kalınlığında 35 adet Grade 4 ve 35 adet Grade 5 olmak üzere toplam 70 adet SLA yüzeyli sterilize titanyum disk (Bilimplant, İstanbul, Türkiye) kullanılmıştır. Disklerin sabitlenmesi ve ölçümlerin standart bir şekilde yapılabilmesi için akrilik stentler hazırlanmıştır. Disklere, profilometre ile başlangıç pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi sonrasında, ultrasonik uçlarla işlem görmüştür. Son olarak yeniden profilometre ile sonuç değerler ölçülüp stereomikroskopta fotoğraflanmıştır. Bu fotoğraflar sonrasında uzman diş hekimi ve diş hekimi uzmanlığı olmayan kişilerce görsel olarak skorlanmıştır.

3.1. Disklerin Hazırlanması ve Gruplara Ayrılması

Çalışmada yer alan titanyum diskler Grade 4 ve Grade 5 olarak iki gruba ayrıldıktan sonra her grupta 5 disk olacak şekilde 7 gruba ayrılmıştır:

- ◆ PT5-Titanyum (n=5): Titanyum ultrasonik uç (P59T, Woodpecker PT5 ultrasonik kazıyıcı)
- ◆ PT5-Çelik (n=5): Çelik ultrasonik uç (P1)
- ◆ PT5-PEEK (n=5): PEEK titanyum ultrasonik uç (P90T)
- ◆ UDS P-Titanyum (n=5): Titanyum ultrasonik uç (P59T, Woodpecker ultrasonik kazıyıcı)
- ◆ UDS P-Çelik (n=5): Çelik ultrasonik uç (P1)
- ◆ UDS P-PEEK (n=5): PEEK titanyum ultrasonik uç (P90T)
- ◆ Kontrol (n=5): İşlem uygulanmamış kontrol grubu

Disklerin sabitlenmesi ve ölçümlerin standart bir şekilde yapılabilmesi için akrilik stentler hazırlanmıştır.



Resim 14-A. Grade 4, B. Grade 5 titanyum disk

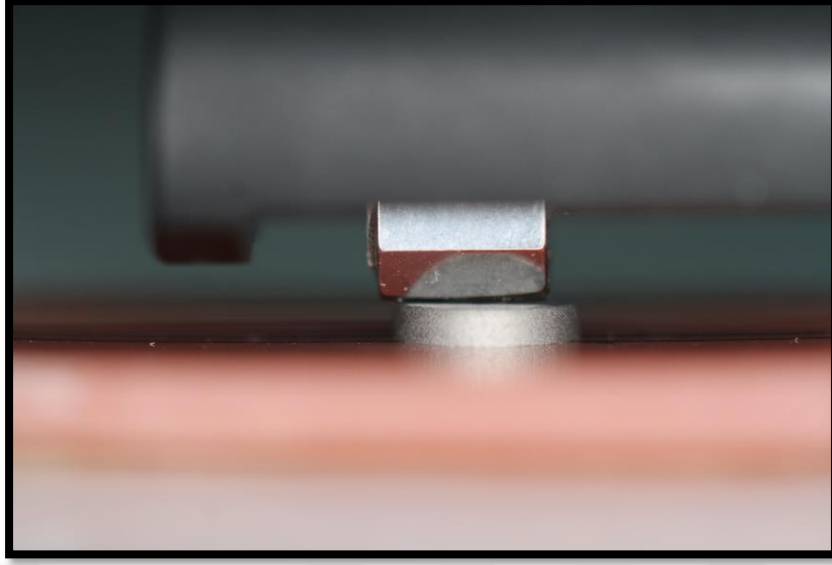
3.2. Titanyum Disklerin Başlangıç Pürüzlülük Değerlerinin Profilometre ile Ölçülmesi

Diskler alkol içerikli bir solventle temizlenip akrilik stentlere yerleştirilmiştir. Standardizasyonu sağlayabilmek için akrilik stentler, diskin orta 2 mm'sine denk gelecek şekilde birer mm aralıklarla 3 çizgi ile ölçeklendirilmiştir. Üç farklı bölgeden ikişer kere tekrarlanarak toplamda her disk için 6 ölçüm yapılmıştır.

Örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) profilometre cihazıyla (Mitutoyo Surfes SJ-210, Kanagawa, Japan) ortalama Ra cinsinden verilmiştir. Profilometre cihazı ile belirlenen çizgiler doğrultusunda 6 kez ölçüm yapıp ölçülen değerler kaydedilmiştir. Her ölçümde aynı bölgenin ölçümünü sağlayabilmek için diskler üzerine sabit kalemle referans çizgiler çizilmiştir.



Resim 15. Titanyum disklerin yüzey pürüzlülüğünün profilometre cihazı ile ölçülmesi



Resim 16. Profilometre pürüzlülük değeri ölçümü

3.3. Ultrasonik Kazıyıcı Uçların Titanyum Disk Yüzeylerine Uygulanması

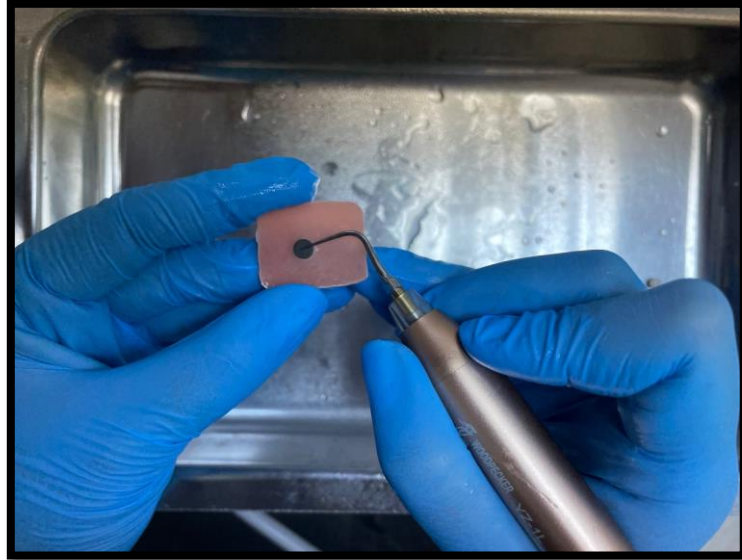
Çalışmada kullanılan uçlar;

- Konvansiyonel çelik P1,
- Titanyum P59T,
- PEEK P90T (Woodpecker, Guilin, Guangxi, P.R.C).

PT5 grubundaki titanyum diskler, Woodpecker PT5 piezoelektrik ultrasonik cihazı ile; UDS-P grubundaki diskler, Woodpecker UDS P ultrasonik cihazı ile işlem görmüştür. Woodpecker PT5 piezoelektrik ultrasonik cihaz, 28-42 kHz frekans aralığında ve 20-60 μm genliğinde; Woodpecker UDS P ultrasonik cihaz, 50-60 kHz frekans aralığında ve 80-100 μm genliğinde eliptik bir vibrasyon hareketi ile çalışmaktadır. Üreticinin talimatları doğrultusunda, PEEK uçların ısınıp kırılma riski karşısında, cihazlar tüm uçlar için 7. güç ayarında çalıştırılmıştır.



Resim 17. Woodpecker PT5 piezoelektrik ultrasonik cihaz ve disklerin yüzey işlemi öncesi hazırlanması



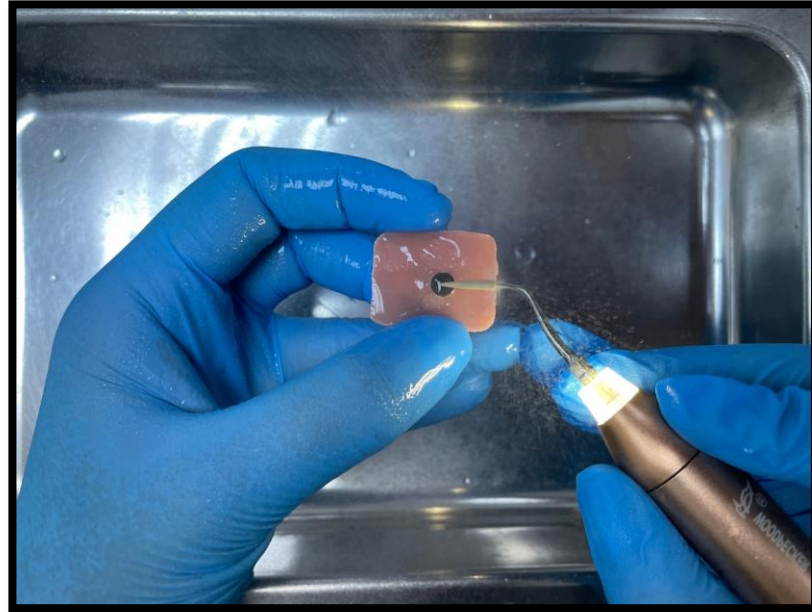
Resim 18. Titanyum ucun titanyum disk yüzeyine uygulanması

Ultrasonik uçlar, su soğutması altında diskin tüm yüzeyine lineer hareketlerle 30 saniye boyunca ortalama bir kuvvetle ve 45 derecelik açıyla uygulanmıştır. Her disk için yeni bir uç kullanılmış, uçların görebileceği deformasyondan dolayı tekrar

kullanılmamıştır. İşlem Grade 4 ve Grade 5 tüm diskler için aynı şekilde uygulanmış olup kontrol gruplarına herhangi bir işlem yapılmamıştır.



Resim 19. Çelik ucun titanyum disk yüzeyine uygulanması



Resim 20. PEEK ucun titanyum disk yüzeyine uygulanması

Disklerin işlem sonrası pürüzlülük değerleri, aynı noktalardan, belirlenen çizgiler doğrultusunda 6 kez ölçülüp kaydedilmiştir.

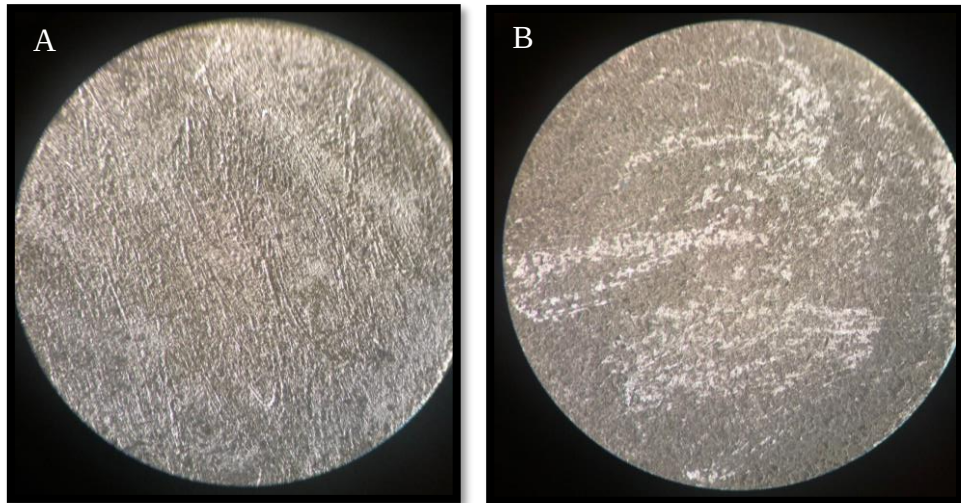
3.4. Disklerin Stereomikroskopta İncelenip Fotoğraflanması

Titanyum diskler ölçümler sonrasında, Nikon SMZ 745T stereomikroskop (Nikon Corporation, Japan) ile x100 ve x250 gibi çeşitli büyütmeler altında incelenmiş ve kaydedilmiştir. Diskin tüm yüzeyinin en ideal şekilde değerlendirilebilmesi için, x100 büyütme altında fotoğraflanmış ve incelenmiştir.

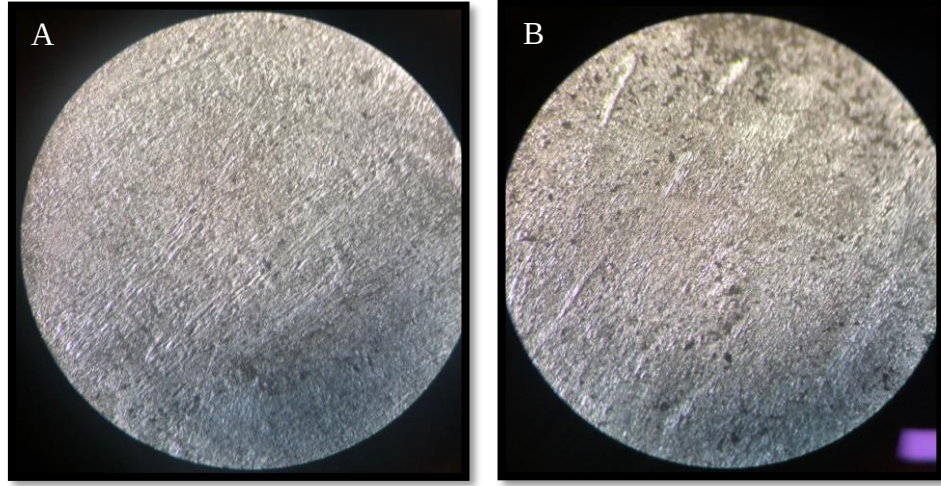


Resim 21. Nikon SMZ 745T Stereomikroskop

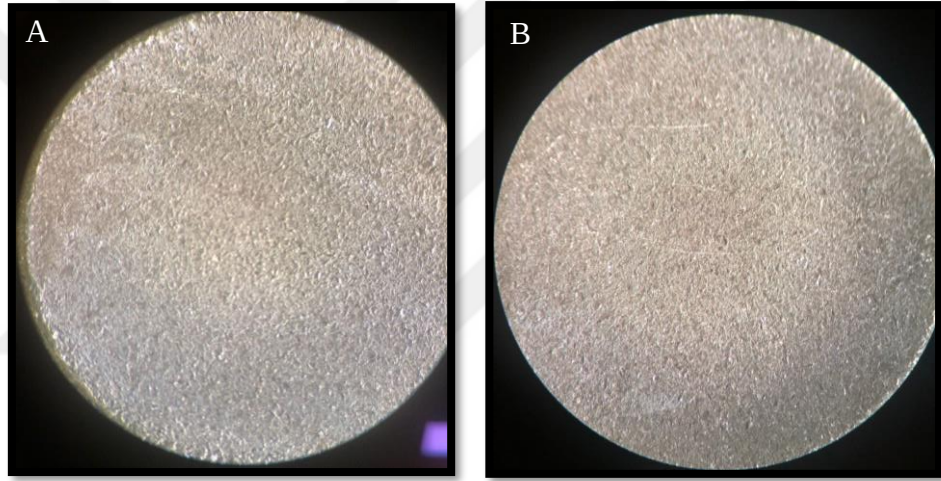
Grade 4 disklerin stereomikroskoptaki 100x büyütme altındaki görüntüleri:



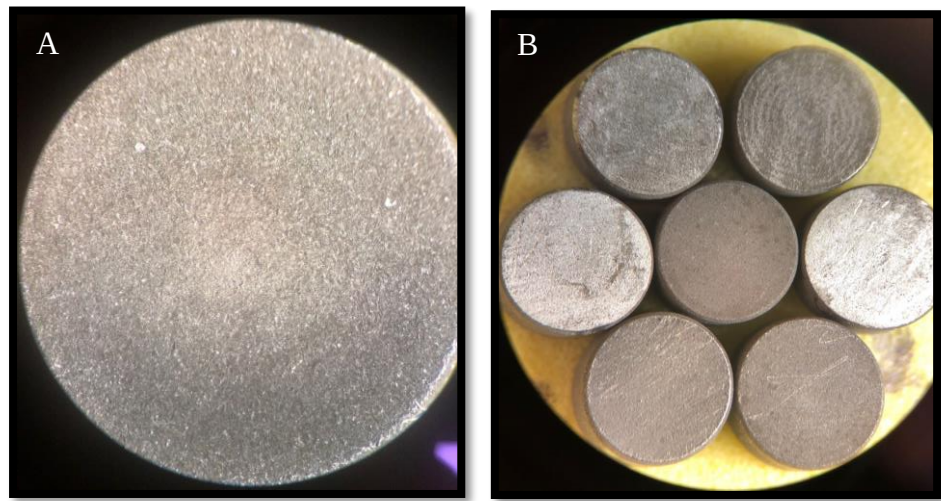
Resim 22-A. Grade 4 PT5 Titanyum; B. UDS-P Titanyum



Resim 23-A. Grade 4 PT5 Çelik; UDS-P Çelik

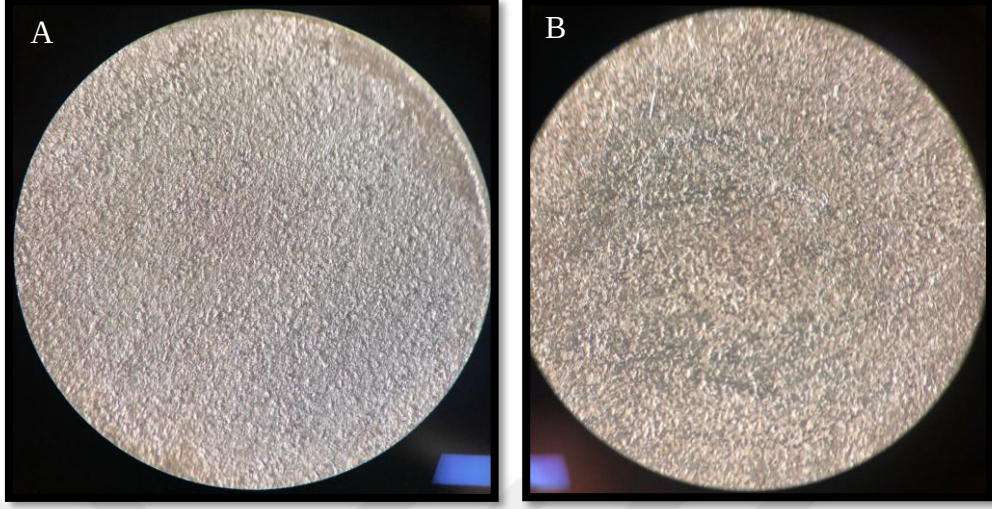


Resim 24-A. Grade 4 PT5 PEEK; B. UDS-P PEEK

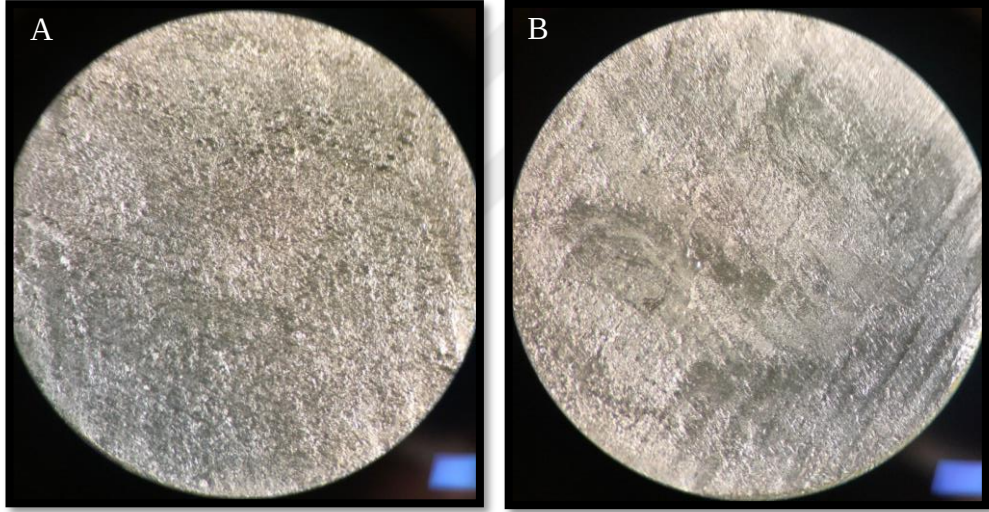


Resim 25-A. Grade 4 kontrol grubu; B. 50x büyütmede Grade 4 diskler

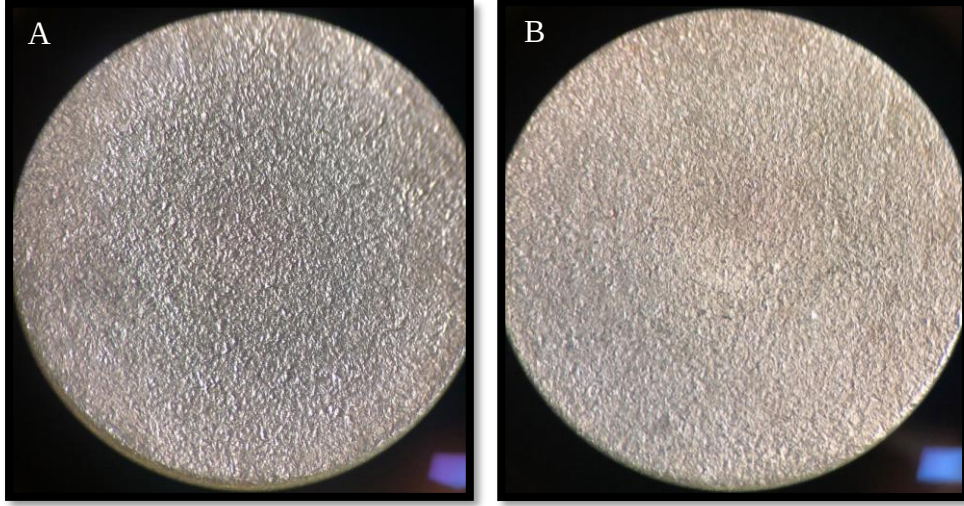
Grade 5 disklerin stereomikroskoptaki 100x büyütme altındaki görüntüleri:



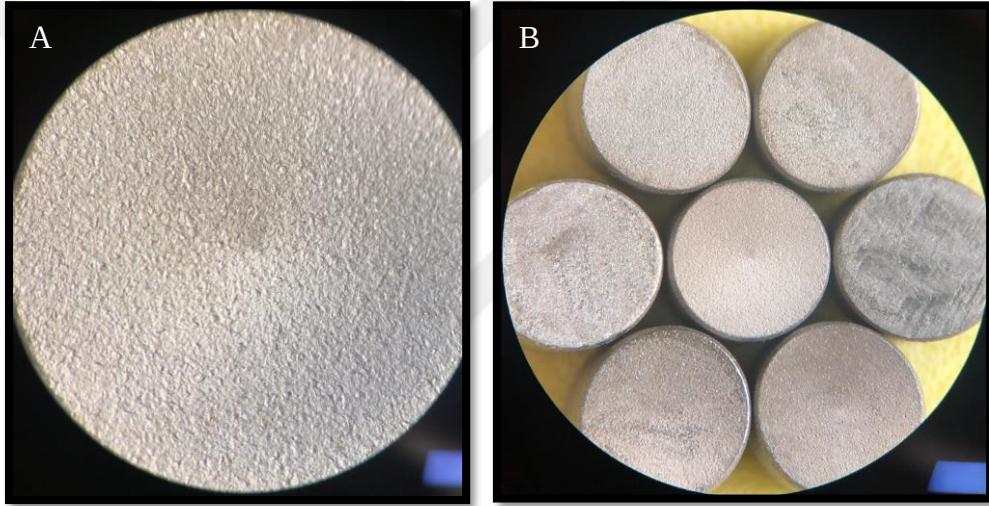
Resim 26-A. Grade 5 PT5 Titanyum; B. UDS-P Titanyum



Resim 27-A. Grade 5 PT5 Çelik; B. UDS-P Çelik



Resim 28-A. Grade 5 PT5 PEEK; B. UDS-P PEEK



Resim 29-A. Grade 5 kontrol grubu; B. 50x büyütmede Grade 5 diskler

3.5. Görsel Analiz Ölçeklendirilmesi ve Değerlendirilmesi

Değerlendirmenin yapılabilmesi için, 15 uzman diş hekimi, 15 diş hekimliğiyle ilgisi olmayan birey, gönüllü olarak çalışmaya dahil olmuştur. Tüm disk fotoğrafları yan yana getirilmiş ve her örnekten birer tane olacak şekilde numaralandırılmıştır. Skorlamanın yapılabilmesi için, her örnek için 0 ile 10 arasında ölçekler içeren değerlendirme formları hazırlanmış ve çalışmaya dahil olan gönüllülere verilmiştir. Skorlama öncesi kontrol grubundaki disk, gönüllülere gösterilmiş ve diğer disklerin görsel olarak ne kadar değiştiğinin ve kontrol diskine ne kadar benzediğinin skorlanması istenmiştir. Kontrol disklerinin skoru 0 kabul edilmiştir.

Değerlendirmenin yapıldığı formlarda işaretlenen bölgeler, kumpas ile ölçülüp her örnek için skorlar toplanmıştır ve ortalamaları alınarak istatistiksel analizi yapılmak üzere kaydedilmiştir.

3.6. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS 25(SPSS IBM, Chicago, Illinois, ABD) programı kullanılmıştır. Verilerin tanımlayıcı değerleri ortalama, standart sapma (SS), minimum ve maksimum olarak hesaplandı. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro–Wilk normalite testi ile değerlendirildi. Grup içi değerlendirmeler iki yönlü varyans analizi (Two-way Anova) yapılmıştır. Bitiş ölçüm değerlerinin gruplar arası verilerini karşılaştırmak için kovaryans (ANCOVA) analizi kullanılmıştır. Verilerin anlamlılık düzeyi $p < 0,001$ üzerinden değerlendirilmiştir. Literatürden elde edilen verilere göre; 0.05 anlamlılık değerinde %80 istatistiksel güç elde etmek için grup başına gerekli örneklem sayısının 5 olduğu yapılan güç analizi sonucu tespit edilmiştir (114).

4. BULGULAR

4.1. Profilometre Bulguları

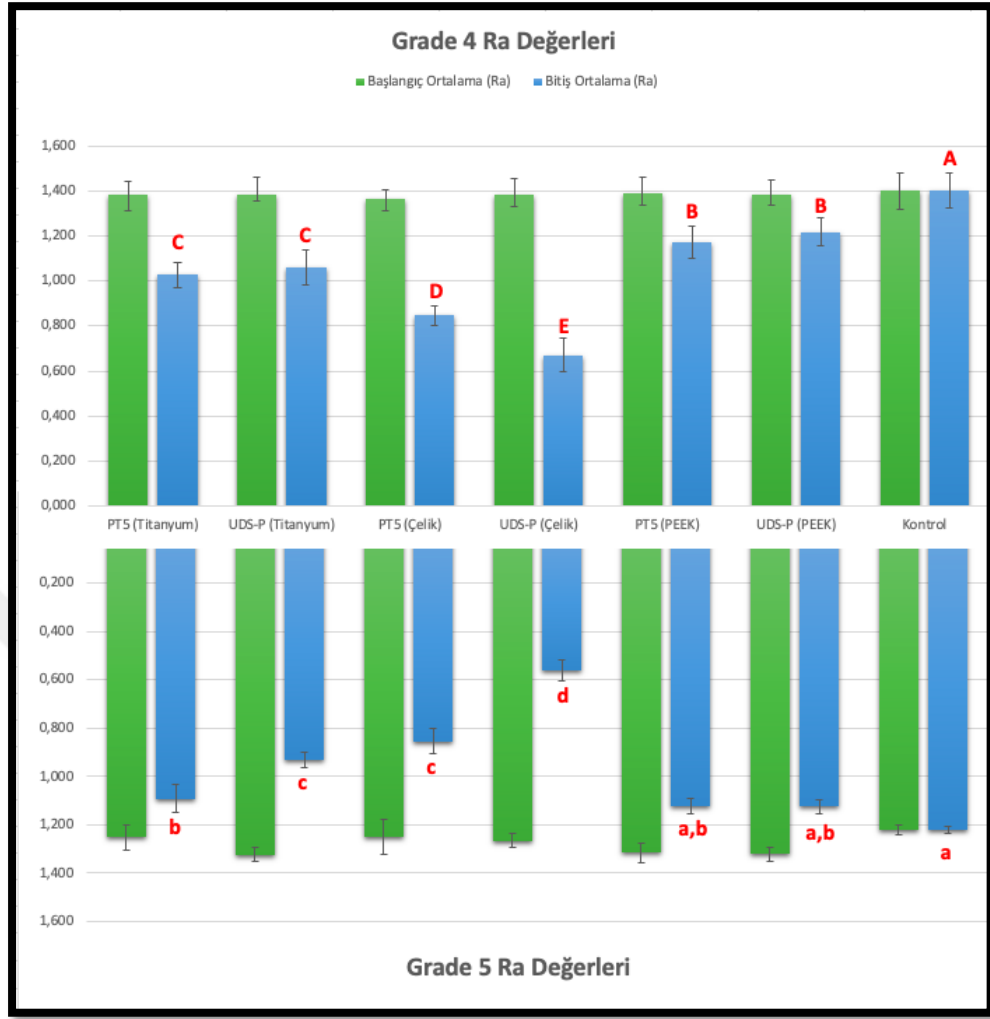
Titanyum disk yüzeylerine ultrasonik uçların uygulanması sonrasında, yüzey pürüzlülüğündeki değişimler, profilometre cihazı ölçülen başlangıç ve bitiş Ra değerlerinin karşılaştırılması ile analiz edilmiştir. Aynı zamanda uygulama sonrasında ultrasonik uçların kendi aralarında ne kadar değişim gösterdikleri de karşılaştırılmıştır.

Tablo 3'e göre; profilometre bitiş Ra değerleri Grade 4 gruplarında anlamlı fark göstermektedir. Yapılan karşılaştırmalar ve analizler sonucu, PT5 ve UDS-P cihazları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p<0,001$). Ra değerleri başlangıç ölçümlerine göre azalmıştır. Ra değişimi, en fazla olandan az olana doğru sırasıyla; çelik, titanyum ve PEEK ultrasonik uç şeklindedir. En az değişim PEEK ultrasonik gruplarında bulunmuştur. Grade 4 kontrol grubu ve PEEK grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. PEEK ve Titanyum grubu, Çelik-Titanyum grubu ve PEEK- Çelik grubu arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p<0,001$).

Yine Tablo 3'e göre; Grade 5 bitiş Ra değerleri ölçümleri başlangıç Ra değerlerine göre azalmıştır. Ra değerleri en fazla olandan az olana doğru sırasıyla; çelik, titanyum ve PEEK grubunda azalma görülmüştür. En az değişim gösteren PEEK grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p<0,001$). Titanyum grubu ile PEEK grubu karşılaştırıldığında, titanyum grubu daha fazla Ra değişimi gösterse de iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. En fazla Ra değişimi çelik grubunda, en az Ra değişimi PEEK grubunda tespit edilmiştir. Çelik- Titanyum grubu, PEEK- Çelik grubu arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir ($p<0,001$).

Tablo 3. Profilometre ile Ölçülen Ra Değerlerinin İstatistik Bulguları

GRUPLAR		Ölçüm Zamanı											
		PT5						UDS-P					
		Başlangıç (Ra)			Bitiş (Ra)			Başlangıç (Ra)			Bitiş (Ra)		
		$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS	F	p	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS	F	p
Grade 4	Titanyum	1,384	0,07	1,028 ^C	0,06	158,745	<0,001	1,384	0,03	1,059 ^C	0,08	132,293	<0,001
	Çelik	1,362	0,05	0,846 ^P	0,04	333,107	<0,001	1,381	0,05	0,670 ^E	0,07	633,435	<0,001
	PEEK	1,389	0,05	1,172 ^B	0,07	58,671	<0,001	1,386	0,05	1,218 ^B	0,06	35,295	<0,001
	Kontrol	1,401	0,08	1,401 ^A	0,08	0,000	1,000	1,401	0,08	1,401 ^A	0,08	0,000	1,000
Grade 5	Titanyum	1,252	0,05	1,091 ^b	0,06	32,654	<0,001	1,324	0,03	0,931 ^c	0,03	193,734	<0,001
	Çelik	1,249	0,07	0,853 ^c	0,05	196,901	<0,001	1,265	0,03	0,559 ^d	0,04	624,792	<0,001
	PEEK	1,316	0,04	1,123 ^{a,b}	0,03	46,595	<0,001	1,322	0,03	1,124 ^{a,b}	0,03	49,421	<0,001
	Kontrol	1,221	0,02	1,221 ^a	0,02	0,000	1,000	1,221	0,02	1,221 ^a	0,02	0,000	1,000
*Grup Etkisi: F=46,464; p<0,001 *Zaman Etkisi: F=1686,2; p<0,001 *Grup X Zaman Etkisi: F=62,276; p<0,001 (Grup içi karşılaştırmalardaki istatistiksel farklılıklar için farklı harfler verilmiştir.)													



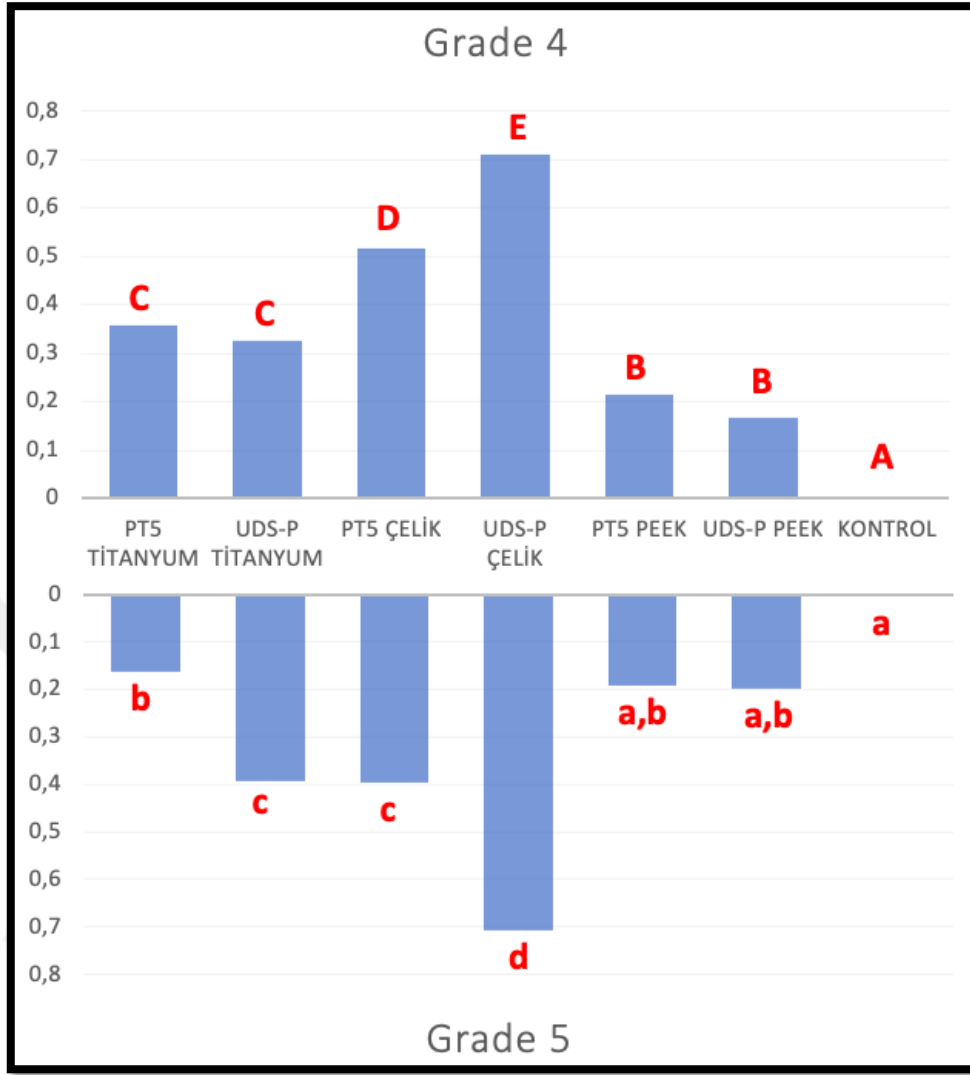
Grafik 1. Grade 4 ve Grade 5 Ra Değerleri

Bütün verilerin toplanıp PT5 ve UDS-P cihazları arasındaki farkı değerlendirmek için analizi yapıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Fakat ANCOVA'nın sonuçlarına bakılıp gruplar tek tek değerlendirildiğinde;

- Grade 4 titanyum diskler için; PT5 Çelik grubunun UDS-P Çelik grubuna göre daha az yüzey değişimi gösterdiği ve grupların arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($p < 0,001$).
- Grade 5 titanyum diskler için; PT5 Titanyum grubunun UDS-P Titanyum grubuna göre; PT5 Çelik grubunun UDS-P Çelik grubuna göre daha az yüzey değişimine sebep olduğu görülmektedir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($p < 0,001$).

Tablo 4. Başlangıç ve Bitiş Ra Farkı İstatistik Bulguları

Uygulama Grupları	Ortalama Fark	ss	Anlamlılık Düzeyi
G4-PT5 TİTANYUM	.356*	.028	.000
	-.356*	.028	.000
G4-PT5 ÇELİK	.516*	.028	.000
	-.516*	.028	.000
G4-PT5 PEEK	.216*	.028	.000
	-.216*	.028	.000
G4-UDS-P TİTANYUM	.325*	.028	.000
	-.325*	.028	.000
G4-UDS-P ÇELİK	.711*	.028	.000
	-.711*	.028	.000
G4-UDS-P PEEK	.168*	.028	.000
	-.168*	.028	.000
G4- KONTROL	.000	.028	1.000
	.000	.028	1.000
G5-PT5 TİTANYUM	.161*	.028	.000
	-.161*	.028	.000
G5-PT5 ÇELİK	.396*	.028	.000
	-.396*	.028	.000
G5-PT5 PEEK	.193*	.028	.000
	-.193*	.028	.000
G5- UDS-P TİTANYUM	.393*	.028	.000
	-.393*	.028	.000
G5- UDS-P ÇELİK	.706*	.028	.000
	-.706*	.028	.000
G5-UDS-P PEEK	.199*	.028	.000
	-.199*	.028	.000
G5- KONTROL	.000	.028	1.000
	.000	.028	1.000



Grafik 2. Başlangıç ve Bitiş Ra Değerleri Ortalama Farkı

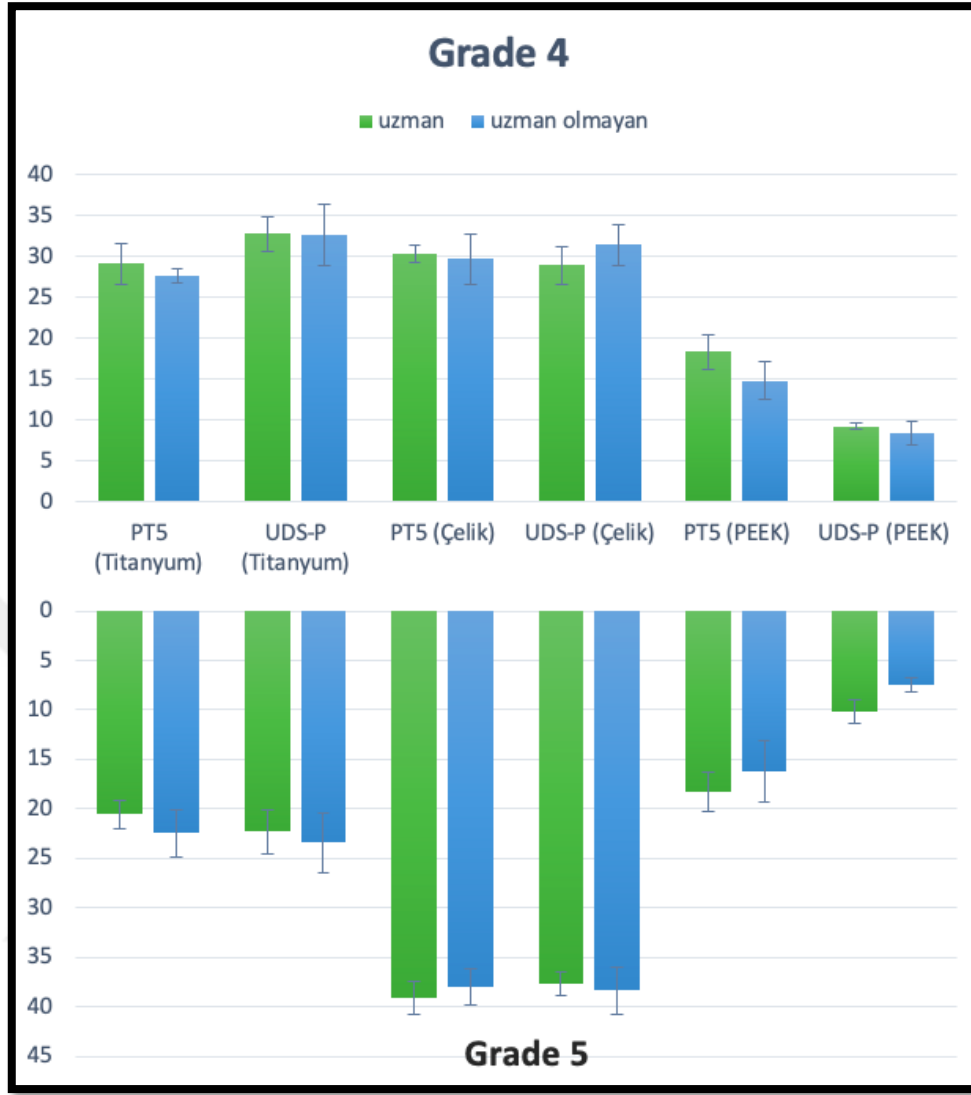
4.2. Görsel Analiz Bulguları

Diş hekimi olan ve diş hekimliğiyle ilişkili olmayan bireylerin yapmış olduğu değerlendirme ve skora analiz edilmiş ve aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Tablo 5. Görsel Analiz İstatistik Bulguları

GRUPLAR		Uzman		Uzman olmayan	
		$\bar{x}$	ss	$\bar{x}$	ss
Grade 4					
PT5	Titanyum	29,13	2,55	27,61	0,85
	Çelik	30,33	1,13	29,74	3,07
	PEEK	18,31	2,07	14,79	2,30
UDS-P	Titanyum	32,77	2,16	32,66	3,80
	Çelik	28,94	2,34	31,45	2,51
	PEEK	9,24	0,33	8,32	1,44
Grade 5					
PT5	Titanyum	20,52	1,42	22,48	2,39
	Çelik	39,14	1,65	38,01	1,83
	PEEK	18,26	2,04	16,16	3,07
UDS-P	Titanyum	22,31	2,24	23,42	2,99
	Çelik	37,71	1,19	38,36	2,37
	PEEK	10,17	1,25	7,40	0,70
Test İstatistikleri		$F=147,789; p<0,001$		$F=94,568; p<0,001$	

Tablodaki Grade 4 gruplarında uzman ve uzman olmayanların görsel analiz istatistik bulgularına göre; her iki cihazda da görsel olarak kontrol grubuna göre en çok değişen grup Çelik ve Titanyum grubudur. Titanyum ve Çelik grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p<0,001$). PEEK grubu en az değişim gösteren grup olup Titanyum ve Çelik grubu ile istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($p<0,001$). Ayrıca PT5 PEEK ve UDS-P PEEK grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.



Grafik 3. Grade 4 ve Grade 5 Görsel Analiz İstatistik Bulguları

Grade 5 gruplarında, görsel analiz istatistik bulgularına göre; her iki cihazda da en çok değişim gösteren grup Çelik grubudur. En az değişim gösteren grup yine PEEK grubu olmuştur. Grade 5 gruplarında, Çelik grubu, Titanyum grubu ve PEEK gruplarının arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0,001$).

5. TARTIŞMA

Dental implantların klinik başarısı için önemli bir parametre, implantın yüzey pürüzlülüğünden direkt olarak etkilenen kemik-implant temasının oluşumudur (162). Mikrometre düzeyindeki implant yüzey topografisi, başarılı bir implant tedavisi için en önemli faktör olarak kabul edilmiştir (163). Yüzey topografisi implantasyon sonrası yara iyileşmesine ve osseointegrasyona da etki eder (10).

Peri-implantitis, implantın osseointegrasyonundan sonra, dolayısıyla kemik ve implant arasında fonksiyonel bir ara yüz oluşumundan sonra ortaya çıkan enfeksiyöz bir süreçtir (164). Bazı yazarlar bu hastalık varlığının enfektif bir süreçten ziyade bir yabancı cisim reaksiyonu olduğunu düşünmektedir (165).

İmplant performansını esas olarak etkileyen faktörleri tanımlayan, yüzey özelliklerine (yani topografi ve kimya) odaklanmış birçok bağımsız çalışma bulunmaktadır. Doku cevabını belirlenmesinde özellikle, yüzey pürüzlülüğünün ve dış tabakanın kimyasal bileşiminin önemli bir rol oynadığı zaten kanıtlanmıştır. Bu özellikler, implant ile biyolojik ortam arasındaki ara yüzde meydana gelen fenomeni doğrudan etkiler (166).

Çalışmamızda saf titanyum olan Grade 4 ve dayanıklılığı ve sertliği daha yüksek Ti-6Al-4V titanyum alaşımı olan Grade 5 titanyum diskler kullanılmıştır. Çalışmamızdaki diskler, Grade 4 ve 5 her iki grup da pürüzlü implant yüzey yapısında değerlendirilmiştir.

PEEK ucun kullanıldığı Grade 4 ve Grade 5 disk gruplarında, başlangıç Ra ölçümlerine göre daha az yüzey değişimi gözlenmiştir. Grade 4 disklerde, PEEK grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken, Grade 5 disklerde PEEK grubu ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu durum, Grade 5 titanyum disklerin dayanıklılık ve sertliğinin, Grade 4 titanyuma göre daha fazla olmasıyla açıklanabilir.

Benzer şekilde Grade 4 disklerde, titanyum grubu ile PEEK grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken, Grade 5 disklerde, titanyum grubu ile PEEK grubu arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Yine bu durum Grade 5 titanyumun daha dayanıklı olmasıyla açıklanabilir. Aynı zamanda PEEK uç kadar titanyum ucun da peri-implantitis tedavisinde nispeten daha minimal invaziv olduğu

görülmektedir. Çelik uç, her iki grupta da yüzeyi en çok değiştirmiş ve yüzey özelliklerini bozmuştur.

Aynı zamanda kullanılan titanyum uçların sertlik derecesi 30 HRC olarak belirtilmiştir. Grade 4 titanyumun 24 HRC değerinde; Grade 5 titanyumun 32 HRC değerinde olması aradaki Ra değişim farkını açıklamaktadır. Kullanılan titanyum uç Grade 4 titanyumdan daha sert olduğundan dolayı yüzey değişimi Grade 5 titanyum disklerine göre daha fazladır.

Grade 4 titanyum diskler için; PT5 Çelik grubunun UDS-P Çelik grubuna göre daha az yüzey değişimi göstermiştir. Benzer şekilde Grade 5 titanyum diskler için; PT5 Titanyum grubunun UDS-P Titanyum grubuna göre; PT5 Çelik grubunun UDS-P Çelik grubuna göre daha az yüzey değişimine sebep olduğu görülmektedir. Karşılaştırılan bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlar; PT5 cihazının frekans hızının ve genliğinin UDS-P cihazına göre daha düşük olması ile açıklanabilir. PT5 cihazının yüzeyde daha az bozulmaya sebep olduğu görülmektedir. Fakat; istatistiksel olarak veriler toplanıp karşılaştırma yapıldığında gruplar arasındaki farklar anlamlılığını kaybetmiş olduğundan; örneklem sayısı ve çalışma süresi artırılarak, cihazların etkileri yeni yapılacak çalışmalarda değerlendirilebilir.

Peri-implantitis tedavisinin temel amacı, hastalığın ilerlemesini durdurmak için implant yüzeylerinden tüm kalsifiye ve bakteriyel depozitlerin tamamen uzaklaştırılmasıdır. Çeşitli hijyen aletlerinin dental implant yüzeyleri üzerindeki etkilerini araştıran birçok çalışma vardır (114, 167, 168). Rutin profilaktik prosedürler zamanla implant yüzeylerinde hasara neden olabilir ve yüzey topografisinde plak birikimi potansiyelini artırabilecek değişikliklere yol açabilir.

Çalışmamıza benzer şekilde, Quirynen ve ark.(169), profesyonel temizlik esnasında herhangi bir metal-metal temasının hasarlı bir implant yüzeyine yol açabileceğini bildirmiştir. Bu durum, titanyum yüzeye daha az zarar vermeyi amaçlayan birçok aletin geliştirilmesine yol açmıştır: Bunlar teflon kaplı, plastik veya diğer metal olmayan uç tiplerini içerir (114, 168, 170, 171). Bununla birlikte, metalik olmayan aletlerin uygulanmasının, pürüzlü implant yüzeylerinden bakterileri yok etmede yetersiz olduğu ve yüzeyde kalıntı bırakabileceği de bildirilmiştir (167, 172).

Schwarz ve ark. (173) ayrıca metalik olmayan bir karbon fiber ucun (Vector ultrasonik kazıyıcı) titanyum yüzeyleri dekontamine etmek için uygun olmadığını bildirmiştir. Vector sistemi ile tedavi edilen titanyum yüzeyler, tüm implant yüzeylerinde hücre yoğunluğunda bir azalma ile birlikte, kullanılan karbon fiberler sebebiyle yüzeyde belirgin bir hasar oluştuğunu ve depozitler kaldığını göstermiştir.

Baek ve ark. (168) yaptığı bir çalışmada; ultrasonik bir cihazla konvansiyonel paslanmaz çelik uç, plastik uçlar ve bakır alaşımı yeni bir ultrasonik ucu titanyum disk yüzeyine uygulamış, kullandığı uçların etkinliği ve güvenilirliğini değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; en çok yüzey pürüzlülüğü çelik uça görülmüş olup bakır alaşımı olan uç, plastik uca benzer şekilde nispeten daha güvenilir bulunmuştur. Çalışmamızı destekler nitelikte olan bulgular; çelik ucun yüzeyden en fazla madde kaldıran uç olduğu ve implant yüzeyinde kullanılmaması gerektiği ve daha yumuşak özellikte olan uçların daha güvenilir olabileceği yönündedir.

Harrel ve ark. (123) yaptığı bir çalışmada; ultrasonik cihazlarla uygulanan titanyum, çelik ve PEEK uçların, SLA kaplı titanyum implant yüzeylerinden uzaklaştırdığı metal partikülleri incelenmiş ve bütün implant yüzeylerinde hasar görüldüğü ve bütün uçların implant yüzeyinden titanyum partikülleri uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre ultrasonik cihazların implant yüzeyinde yarattığı hasardan dolayı, peri-implantitis tedavisinde ultrasonik cihazların çok dikkatli kullanılması ve implantın SLA yüzeyine dokunulmamaya özen gösterilmesi gerektiği bildirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, çalışmamıza benzer şekilde PEEK ucun az miktarda da olsa yüzeyden madde kaldırdığı fakat istatistiksel olarak kontrol grubuyla karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmadığı sonucunu destekler niteliktedir.

Louropoulou ve ark. (174) yapmış olduğu derlemeye dayanarak, metal olmayan aletlerin SLA yüzeylerine zarar vermediği sonucuna varılabilir. Aksine, metal aletler ve frezler, yüzey kaplamasını kaldırarak pürüzlü yüzeyleri düzeltiyor gibi görünmektedir. Derlemenin kanıtlarına göre, tedavi hedefi pürüzlü yüzeyin korunmasını içeriyorsa, metal olmayan aletler ve air-abrazivler uygun seçenekler gibi görünmektedir. Yüzey kaplamasının uzaklaştırılması ve pürüzsüz bir yüzeyin oluşturulması gerekiyorsa metal aletler ve frezler daha uygun olmaktadır. Bu sistematik derlemenin sonuçları da çalışmamızdaki metal uçların yüzeyde hasar bıraktığı ve metal olmayan uçların daha güvenilir olduğu bulgularını desteklemektedir.

Çalışmamızın temelini oluşturmamıza yol gösteren diğer bir çalışmada, Unursaikhan ve ark. (114) titanyum diskler üzerinde ultrasonik cihazla farklı uçlar ve plastik küret uygulayarak sonuçları SEM ve profilometre analizi ile değerlendirmiştir. Çalışmamızdan farklı olarak, ultrasonik cihazla uygulanan uçlarla 15 ve 45 derecelik açılarda çalışılmıştır ve SEM ile yüzey pürüzlülüğü analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; metal-metal temasının olduğu gruplarda büyük ölçüde Ra değişimi gözlenmiştir. Yeni kullanılan bir uç olan gümüşle kaplanmış bakır uç ve plastik küret grubunun kontrol grubundaki diskler ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Ayrıca SEM ile profilometre değerlerinin sonuçları karşılaştırıldığında anlamlı bir fark görülmemiştir. Titanyum yüzeylerdeki değişikliklerin veya hasarların, uygulama yönteminden çok ultrasonik ucun sertliğinden etkilenebileceği belirtilmiştir. Ayrıca uygulama açısının pürüzlülük üzerinde etkisi olmadığı belirtilmiştir.

SEM, SLA yüzeylerdeki yüzey değişimini çok net bir şekilde gösterir. Bu yöntem çok kullanışlıdır, ancak ek olarak örneklerin SEM için hazırlanması gerekmektedir ve nicel analiz zordur. Çalışmamızda; her gruptan sınırlı sayıda disk incelemek durumunda kalacağımız, yeterli örneklem büyüklüğü elde edemeyeceğimiz ve yeterli bütçe ayıramadığımız için SEM kullanılamamıştır. Yukarıda bahsettiğimiz çalışmada gösterilen SEM ile profilometre bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiş olması, yalnızca profilometre ölçümünün de nispeten güvenilir ve yeterli olabileceğini göstermektedir.

Ra, pürüzlülüğün en yaygın kullanılan parametrelerinden biridir ve yüzey dokusu üzerinde genel bir kılavuz olarak faydalı olmaya devam etmektedir. Özellikle çalışmamızda kullandığımız diskler gibi düz yüzey pürüzlülüğünün profilometre cihazıyla ölçülmesinin en uygun ve en yaygın yöntem olduğu bilinmektedir. Oldukça yaygın olarak kabul edilen standart teknik, genellikle mekanik profilometredir. Bu alet aracılığıyla yüzey, yüzey profilinin yüksekliğiyle orantılı olarak zamanla değişen voltaj çıkışı üreten dar bir elmas kalemle hafifçe ve doğrudan taranır. Stylus tipi profilometrede, prob ucunun genişliği, yüzey düzensizliklerinin boyutundan küçük olduğunda, yüzey profili hakkında gerçek bilgi verebilmektedir (175).

Stylus tipi kontak profilometrenin birçok avantajı vardır, çünkü yüzey kalite standartlarının çoğu, kirletici maddeler içeren kontamine bir ortamdan daha az

etkilenen bu profilometre için yazılmıştır. Stylus ölçümlerinin, kalem ucunun yarıçapından, kalem ucunun yüzeydeki basıncından ve materyalin sertliğinden etkilendiği akılda tutulmalıdır (176).

Birçok yazar optimal yüzey koşullarını elde etmek için pürüzlülüğün osseointegrasyon üzerindeki etkisini ölçmeye çalışmıştır (177, 178). Osseointegrasyon için pürüzlülüğün önemine rağmen, dental implantlarla ilgili ideal bir pürüzlülük paterni yoktur. Buser ve ark. (179) implant yüzey pürüzlülüğü arttığında, artan kemik-implant teması için bir eğilim gözlemlemiştir. London ve ark. (180) bu gözlemi doğrulayamamıştır. Başka bir çalışma, orta derecede pürüzlü implantlar olarak adlandırılan, yalnızca Ra değeri 1 ile 1.5 μm arasında olan dental implantların, kemik entegrasyonu için optimal bir yüzey oluşturduğunu öne sürmüştür (181). Yüzey pürüzlülüğündeki artış, daha fazla oranda mekanik kilitlenme sağlasa da yüzey pürüzlülüğü değerlerinin sürekli olarak artmasıyla implant-kemik arayüzünün gücü artmayacaktır. Sonuçlar, kemik oluşumu için yüzey pürüzlülüğü açısından optimal bir aralığın olduğunu ve dental implantlar için 1 ile 2 μm arasında bir ortalama bir değer önerildiğini göstermiştir (182).

Çalışmamızın bulgularına göre; başlangıç Ra ölçümleri yapılan tüm disklerin pürüzlülükleri benzerdir ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Grade 4 disklerin başlangıç Ra değerleri ortalaması 1,38 μm ; Grade 5 disklerin başlangıç Ra değerleri ortalaması 1,27 μm 'dir. Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü gibi; optimal yüzey pürüzlülüğü için kesin bir değer olmasa da Albrektsson ve Wennerberg'e göre 1 ila 2 μm aralığında Ra değerleri ile orta derecede pürüzlü yüzeyler, osseointegrasyon için ideal pürüzlülük derecesini desteklemektedir. Başlangıç ölçümlerimizin bu değerler aralığında olduğu görülmektedir.

Osseointegrasyonda yer alan bazı mekanizmalar, hücreler bu koşullara farklı tepki verdiğinden dolayı, implant yüzeyinin pürüzsüz veya pürüzlü olmasına bağlı olarak değişmektedir. Fibroblastlar ve epitel hücreleri düz yüzeylere daha güçlü yapışırken, pürüzlü yüzeylerde osteoblastik proliferasyon ve kollajen sentezi artmaktadır (183).

Perrson ve ark. (184), orta derecede pürüzlü SLA yüzey topografisinin, iyileşmenin erken evresinde kan pıhtısının stabilitesini kolaylaştırdığını ve bunun reosseointegrasyona katkıda bulunduğunu öne sürmüştür.

Dental olarak kullanılan implantların çoğu Grade 4 materyalden yapılmıştır; Grade 5 implant piyasada daha az bulunsa da implant materyali olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan ana titanyum materyali, dental implantlar için en yaygın olarak kullanılan en yüksek oksijen içeriğine ve en iyi genel mekanik mukavemete sahip olan cp-Ti yani Grade 4 titanyumdur. Cerrahide ve özellikle protetik implant bileşenlerinin üretiminde kullanılan bir diğer titanyum alaşımı, üstün mukavemet, düşük Young modülü ve kabul edilebilir biyolojik özellikler gösteren, Grade 5 titanyum olarak da adlandırılan Ti-6Al-4V'dir (35, 185).

Litaratürde Grade 5 implantlarla yapılan sınırlı sayıda çalışma vardır. Birkaç çalışma, farklı Grade'lerdeki titanyum yüzeyleri üzerinde bakteriyel adezyonu araştırmış ve zıt sonuçlar elde etmiştir. Barão ve ark. (186) yaptığı çalışmada, ticari olarak saf titanyum ve Grade 5 diskler, farklı pH'larda yapay tükürük içinde *P. gingivalis* ile inkübe edilmiş ve 6 saat sonra bakteriyel adezyon görülmüştür. Başka bir çalışmada ise farklı olarak, cp-Ti diskler, Ti-6Al-4V alaşımlı diskler göre önemli ölçüde daha fazla bakteri adezyonu görülmüştür (185). Di Giulio ve ark. yaptığı bir çalışmada da Grade 4 ve Grade 5 titanyum diskler, 48 saat boyunca *P. gingivalis* ile inkübe edilmiştir ve biyofilm biyokütlesi spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. İşlenmiş ve lazerle işlenmiş örnekler test edildiğinde, Grade 5 yüzeyde Grade 4 yüzeylere göre önemli ölçüde daha yüksek bir biyofilm oluşumu tespit edilirken; kumlanmış yüzeyler için titanyum bileşiminin biyofilm biyokütle oluşumu üzerinde herhangi bir etkisi bulunamamıştır.

Çalışmamıza titanyum disk yüzeylerindeki gözle görülür etkileri değerlendirmek amacıyla görsel analiz de eklenmiştir. Yapılan görsel analizdeki sonuçlarda da profilometre ölçümlerine paralel olarak; en yüksek yüzey hasarı çelik uç grubunda görülmektedir. 100X büyütme altında yapılan ölçümlerde çelik ucun yarattığı hasar görülmektedir. Yüzeyde en az değişim yaratan uç, PEEK grubu olarak görsel analizde de tespit edilmiştir. Kontrol grubu disklerine en benzer grup, her iki Grade grubunda da PEEK grubu, en farklı grup ise Çelik grubu olarak tespit edilmiştir.

Mevcut çalışmamızdaki sınırlamalar şunlardır:

- Sınırlı sayıda disk incelemek durumunda kalacağımız, yeterli örneklem büyüklüğü elde edemeyeceğimiz için ve bütçe yetersizliğinden dolayı

değerlendirme sırasında SEM kullanılamamıştır. SEM ile üç boyutlu değerlendirildiğinde daha kesin veriler elde edilebilir.

- Çalışmamızda kullandığımız PEEK ucun ısınıp bozulmadan kullanılabileceği maksimum güç ayarı 7 olduğu için diğer uçları da standardize etmek amacıyla maksimum ayarda çalışılamamıştır. Maksimum ayarda çalışıldığında farklı sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

İleride yapılacak çalışmalarda; SEM/AFM gibi üç boyutlu değerlendirmeler yapılması, yüzeyde biyofilm oluşturulup değerlendirilmesi, yüzeydeki materyal kayıpları ölçülmesi, fotoğraf analizlerinin kullanılması; uygulama süresinin ve örneklem sayısının artırılması, air-abraziv, lazer uygulanması gibi yöntemler çalışmaya dahil edilebilir. Makroskobik ve mikroskobik yüzey değişiklikleri göz önünde bulundurulduğunda, tedavi yöntemi implantın yüzey özelliklerine göre seçilmelidir. Literatürde peri-implantitis tedavisinde hem yüzeye zarar vermeyen hem de tek başına etkili olan ideal bir yöntem bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalarda ve bizim çalışmamızda da görüldüğü gibi birçok yaklaşım denenmiştir ve görüş birliği elde etmek için gelecek yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇLAR

Çalışmamızın sonuçlarına göre;

1. Grade 4 ve 5 her iki disk grubunda da yüzey enstrümantasyonundan sonra başlangıç Ra pürüzlülük değerlerine göre bir düşüş gözlenmektedir. Bütün uçların yüzey pürüzlülüğünü çeşitli derecelerde azalttığı ve yüzeyden materyal kaldırdığı görülmektedir.

2. En fazla yüzey değişimine ve mikro çiziklere sebep olan grup çelik uç grubu olduğundan, çelik ucun peri-implant mukozitis ve peri-implantitis tedavi protokolleri arasında yer almaması gerektiği düşünülmektedir.

3. Titanyum grubu, çelik grubuna göre çok daha az mikro çizikler oluşturup çok daha az yüzey değişimine sebep olsa da herhangi bir metal-metal teması titanyum disk yüzeyinde bozulmalara sebep olduğundan tedavi protokolleri arasında önerilmemektedir.

4. En az yüzey değişimi yaratan uç PEEK grubudur. PEEK grubu peri-implant mukozitis ve peri-implantitis tedavisinde kullanılması önerilebilir. Ancak yine de yüzey özelliklerini minimal de olsa değiştirdiğinden ve yüzeyde kalıntı bırakabileceğinden dolayı daha fazla çalışma yapılması önerilebilir ve ek önlemlerle yeni yöntemler geliştirilebilir.

5. Grade 5 titanyum, Grade 4 titanyumdan daha dayanıklı bir materyal olduğundan dolayı, yüzey değişimlerinden daha az etkilenmiştir.

6. Uçlar disk yüzeyleri üzerinde gözle görülür bir hasar yarattığından dolayı görsel analiz sonuçları, profilometre bulgularıyla paralel seyretmiştir.

7. KAYNAKÇA

1. Dilsiz A, Zihni M, YAVUZ M. Peri-implant hastalıklar. Cumhuriyet Dental Journal. 2011;11(1):59-65.
2. Albrektsson T, editor Consensus report of session IV. Proceeding of the 1st European Workshop on Periodontology; 1985: Quintessence Publishing Co.
3. Renvert S, Polyzois IN. Clinical approaches to treat peri-implant mucositis and peri-implantitis. Periodontology 2000. 2015;68(1):369-404.
4. Mann M, Parmar D, Walmsley A, Lea S. Effect of plastic-covered ultrasonic scalers on titanium implant surfaces. Clinical oral implants research. 2012;23(1):76-82.
5. Warreth A, Boggs S, Ibieyou N, El-Helali R, Hwang S. Peri-implant diseases: an overview. Dental Update. 2015;42(2):166-84.
6. Rajput R, Chouhan Z, Sindhu M, Sundararajan S, Chouhan RRS. A brief chronological review of dental implant history. International Dental Journal of Students Research. 2016;4:105-7.
7. Newman MG, Takei H, Klokkevoold PR, Carranza FA. Newman and Carranza's Clinical periodontology. 13 ed: Elsevier Health Sciences; 2018. 4025-6 p.
8. Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T, Rosen HM. Tissue-integrated prostheses. osseointegration in clinical dentistry. LWW; 1986.
9. McClarence E. Close to the Edge: Brånemark and the Development of Osseointegration: Quintessence Berlin; 2003.
10. Albrektsson T, Brånemark P-I, Hansson H-A, Lindström J. Osseointegrated titanium implants: requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. Acta Orthopaedica Scandinavica. 1981;52(2):155-70.
11. Block MS. Dental implants: the last 100 years. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 2018;76(1):11-26.
12. Contreras EFR, Henriques GEP, Giolo SR, Nobilo MAA. Fit of cast commercially pure titanium and Ti-6Al-4V alloy crowns before and after marginal refinement by electrical discharge machining. The Journal of prosthetic dentistry. 2002;88(5):467-72.
13. Saini M, Singh Y, Arora P, Arora V, Jain K. Implant biomaterials: A comprehensive review. World Journal of Clinical Cases: WJCC. 2015;3(1):52.
14. Resnik RR. MISCH'S CONTEMPORARY IMPLANT DENTISTRY. 4 ed. Canada: Elsevier; 2021. 108-31 p.
15. Lemons JE. Dental implant biomaterials. Journal of the American Dental Association (1939). 1990;121(6):716-9.
16. Chaturvedi T. An overview of the corrosion aspect of dental implants (titanium and its alloys). Indian Journal of Dental Research. 2009;20(1):91.
17. Manivasagam G, Dhinasekaran D, Rajamanickam A. Biomedical implants: corrosion and its prevention-a review. Recent patents on corrosion science. 2010.
18. Sykaras N, Iacopino AM, Marker VA, Triplett RG, Woody RD. Implant materials, designs, and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. 2000;15(5).

19. Legeros RZ, Craig RG. Strategies to affect bone remodeling: osteointegration. *Journal of Bone and Mineral Research*. 1993;8(S2):S583-S96.
20. Osborn J, Newesely H. The material science of calcium phosphate ceramics. *Biomaterials*. 1980;1(2):108-11.
21. Remes A, Williams D. Immune response in biocompatibility. *The Biomaterials: Silver Jubilee Compendium*. 1992:79-91.
22. Glantz P-O. The choice of alloplastic materials for oral implants: does it really matter? *International Journal of Prosthodontics*. 1998;11(5).
23. Carvalho TLL, de Albuquerque Araújo CAC, Teófilo JM, Brentegani LG. Histologic and histometric evaluation of rat alveolar wound healing around polyurethane resin implants. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 1997;26(2):149-52.
24. Meijer G, Heethaar J, Cune M, De Putter C, Van Blitterswijk C. Flexible (Polyactive®) versus rigid (hydroxyapatite) dental implants. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 1997;26(2):135-40.
25. Kawahara H. Cellular responses to implant materials: biological, physical and chemical factors. *International dental journal*. 1983;33(4):350-75.
26. Chapman R, Kirsch A. Variations in occlusal forces with a resilient internal implant shock absorber. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 1990;5(4):369-74.
27. Lacefield WR. Current status of ceramic coatings for dental implants. *Implant dentistry*. 1998;7(4):315-22.
28. Hench LL, Wilson J. Surface-active biomaterials. *Science*. 1984;226(4675):630-6.
29. Cranin N. The requirements and clinical performance of dental implants. *Biocompatibility of dental materials*. 1982.
30. W Nicholson J. Titanium alloys for dental implants: A review. *Prosthesis*. 2020;2(2):100-16.
31. Pettersson M, Pettersson J, Molin Thorén M, Johansson A. Release of titanium after insertion of dental implants with different surface characteristics—an ex vivo animal study. *Acta biomaterialia odontologica Scandinavica*. 2017;3(1):63-73.
32. Bothe R. Reaction of bone to multiple metallic implants. *Surg Gynecol Obstet*. 1940;71:598-602.
33. Elias C, Lima J, Valiev R, Meyers M. Biomedical applications of titanium and its alloys. *Jom*. 2008;60(3):46-9.
34. Niinomi M. Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2008;1(1):30-42.
35. Elias CN, Fernandes DJ, de Souza FM, dos Santos Monteiro E, de Biasi RS. Mechanical and clinical properties of titanium and titanium-based alloys (Ti G2, Ti G4 cold worked nanostructured and Ti G5) for biomedical applications. *Journal of Materials Research and Technology*. 2019;8(1):1060-9.
36. Elias CN, Fernandes DJ, Resende CR, Roestel J. Mechanical properties, surface morphology and stability of a modified commercially pure high strength titanium alloy for dental implants. *Dental Materials*. 2015;31(2):e1-e13.

37. Ahmed YM, Sahari KSM, Ishak M, Khidhir BA. Titanium and its Alloy. *International Journal of Science and Research*. 2014;3(10):1351-61.
38. ŞAHİN C, KORKMAZ C, Gülay U. OSSEOİTEGRASYON, YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE NANOTEKNOLOJİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 25(13).
39. Lang NP, Lindhe J. *Clinical periodontology and implant dentistry*, 2 Volume Set: John Wiley & Sons; 2015.
40. Wennerberg A, Albrektsson T. Effects of titanium surface topography on bone integration: a systematic review. *Clinical oral implants research*. 2009;20:172-84.
41. Zhao G, Raines AL, Wieland M, Schwartz Z, Boyan BD. Requirement for both micron-and submicron scale structure for synergistic responses of osteoblasts to substrate surface energy and topography. *Biomaterials*. 2007;28(18):2821-9.
42. Cosyn J, Sabzevar MM, De Wilde P, De Rouck T. Commentary: Two-Piece Implants With Turned Versus Microtextured Collars. *Journal of Periodontology*. 2007;78(9):1657-63.
43. Kohles SS, Clark MB, Brown CA, Kenealy JN. Direct assessment of profilometric roughness variability from typical implant surface types. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2004;19(4).
44. TOSHI-ICHIRO T, KUNITERU N, MASAHIKO M. Dental Implant Surface Roughness and Topography: A Review of the Literature. 2009.
45. Cochran DL. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *Journal of periodontology*. 1999;70(12):1523-39.
46. Stanford C. Surface modifications of dental implants. *Australian dental journal*. 2008;53:S26-S33.
47. Le Guéhennec L, Soueidan A, Layrolle P, Amouriq Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dental materials*. 2007;23(7):844-54.
48. Becker W, Becker BE, Ricci A, Bahat O, Rosenberg E, Rose LF, et al. A prospective multicenter clinical trial comparing one-and two-stage titanium screw-shaped fixtures with one-stage plasma-sprayed solid-screw fixtures. *Clinical implant dentistry and related research*. 2000;2(3):159-65.
49. Albrektsson T, Wennerberg A. The impact of oral implants-past and future, 1966-2042. *J Can Dent Assoc*. 2005;71(5):327.
50. Brett P, Harle J, Salih V, Mihoc R, Olsen I, Jones F, et al. Roughness response genes in osteoblasts. *Bone*. 2004;35(1):124-33.
51. Matos GRM. Surface roughness of dental implant and osseointegration. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*. 2021;20(1):1-4.
52. Zissis AJ, Polyzois GL, Yannikakis SA, Harrison A. Roughness of denture materials: a comparative study. *International Journal of Prosthodontics*. 2000;13(2).
53. de Avila ED, van Oirschot BA, van den Beucken JJ. Biomaterial-based possibilities for managing peri-implantitis. *Journal of Periodontal Research*. 2020;55(2):165-73.
54. Anselme K, Bigerelle M. Statistical demonstration of the relative effect of surface chemistry and roughness on human osteoblast short-term adhesion. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2006;17(5):471-9.

55. Oshida Y. Surface engineering and technology for biomedical implants: Momentum Press; 2014.
56. Ellingsen JE, Thomsen P, Lyngstadaas SP. Advances in dental implant materials and tissue regeneration. *Periodontology* 2000. 2006;41(1):136-56.
57. Brunette D, Tengvall P, Textor M, Thomsen P. Mechanical, thermal, chemical and electrochemical surface treatment of titanium. *Titanium in Medicine, Material Science, Surface Science, Engineering, Biological Responses and Medical Applications* Germany 1st ed Springer. 2001:232-66.
58. Zarb GAT. Osseointegration: A requiem for the periodontal ligament. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1991;11:88-11.
59. Anselme K, Bigerelle M. Topography effects of pure titanium substrates on human osteoblast long-term adhesion. *Acta biomaterialia*. 2005;1(2):211-22.
60. Elias CN, Meirelles L. Improving osseointegration of dental implants. *Expert review of medical devices*. 2010;7(2):241-56.
61. Alla RK, Ginjupalli K, Upadhya N, Shammam M, Ravi RK, Sekhar R. Surface roughness of implants: a review. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*. 2011;25(3):112-8.
62. Hobkirk JA, Watson RM, Lloyd J, Searson IDI. *Implants: An Introduction*. Elsevier Science, China; 2003.
63. Ivanovski S, Lee R. Comparison of peri-implant and periodontal marginal soft tissues in health and disease. *Periodontology* 2000. 2018;76(1):116-30.
64. Araujo MG, Lindhe J. Peri-implant health. *Journal of Periodontology*. 2018;89:S249-S56.
65. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *Journal of clinical periodontology*. 1994;21(3):189-93.
66. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello C, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clinical oral implants research*. 1991;2(2):81-90.
67. Pontoriero R, Tonelli M, Carnevale G, Mombelli A, Nyman S, Lang N. Experimentally induced peri-implant mucositis. A clinical study in humans. *Clinical oral implants research*. 1994;5(4):254-9.
68. Lindhe J, Berglundh T, Ericsson I, Liljenberg B, Marinello C. Experimental breakdown of peri-implant and periodontal tissues. A study in the beagle dog. *Clinical oral implants research*. 1992;3(1):9-16.
69. Barootchi S, Wang H-L. Peri-implant diseases: Current understanding and management. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2021;14:263-82.
70. Carcuac O, Berglundh T. Composition of human peri-implantitis and periodontitis lesions. *Journal of dental research*. 2014;93(11):1083-8.
71. Bosshardt D, Lang N. The junctional epithelium: from health to disease. *Journal of dental research*. 2005;84(1):9-20.
72. Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple IL, Jepsen S, Kornman KS, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions—Introduction and key changes from the 1999 classification. *Wiley Online Library*; 2018. p. S1-S8.

73. Heitz-Mayfield LJ, Salvi GE. Peri-implant mucositis. *Journal of clinical periodontology*. 2018;45:S237-S45.
74. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *Journal of clinical periodontology*. 2018;45:S246-S66.
75. Berglundh T, Armitage G, Araujo MG, Avila-Ortiz G, Blanco J, Camargo PM, et al. Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of periodontology*. 2018;89:S313-S8.
76. Renvert S, Persson GR, Pirih FQ, Camargo PM. Peri-implant health, peri-implant mucositis, and peri-implantitis: Case definitions and diagnostic considerations. *Journal of clinical periodontology*. 2018;45:S278-S85.
77. Berglundh T, Abrahamsson I, Welander M, Lang NP, Lindhe J. Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*. 2007;18(1):1-8.
78. Albrektsson T, Sennerby L. State of the art in oral implants. *Journal of clinical periodontology*. 1991;18(6):474-81.
79. Derks J, Schaller D, Håkansson J, Wennström J, Tomasi C, Berglundh T. Effectiveness of implant therapy analyzed in a Swedish population: prevalence of peri-implantitis. *Journal of dental research*. 2016;95(1):43-9.
80. Sanz M, Chapple IL, Periodontology* WGotVEWo. Clinical research on peri-implant diseases: consensus report of Working Group 4. *Journal of clinical periodontology*. 2012;39:202-6.
81. Lindhe J, Meyle J, Periodontology GDotEWo. Peri-implant diseases: consensus report of the sixth European workshop on periodontology. *Journal of clinical periodontology*. 2008;35:282-5.
82. Meyer S, Giannopoulou C, Courvoisier D, Schimmel M, Müller F, Mombelli A. Experimental mucositis and experimental gingivitis in persons aged 70 or over. Clinical and biological responses. *Clinical oral implants research*. 2017;28(8):1005-12.
83. Salvi GE, Aglietta M, Eick S, Sculean A, Lang NP, Ramseier CA. Reversibility of experimental peri-implant mucositis compared with experimental gingivitis in humans. *Clinical oral implants research*. 2012;23(2):182-90.
84. Lang NP, Berglundh T, Periodontology WGotSEWo. Periimplant diseases: where are we now?—Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *Journal of clinical periodontology*. 2011;38:178-81.
85. Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, et al. Primary prevention of peri-implantitis: Managing peri-implant mucositis. *Journal of clinical periodontology*. 2015;42:S152-S7.
86. Berglundh T, Zitzmann NU, Donati M. Are peri-implantitis lesions different from periodontitis lesions? *Journal of clinical periodontology*. 2011;38:188-202.
87. Zitzmann NU, Berglundh T. Definition and prevalence of peri-implant diseases. *Journal of clinical periodontology*. 2008;35:286-91.
88. Hämmerle CH, Tarnow D. The etiology of hard-and soft-tissue deficiencies at dental implants: A narrative review. *Journal of clinical periodontology*. 2018;45:S267-S77.

89. Zucchelli G, Tavelli L, Stefanini M, Barootchi S, Mazzotti C, Gori G, et al. Classification of facial peri-implant soft tissue dehiscence/deficiencies at single implant sites in the esthetic zone. *Journal of periodontology*. 2019;90(10):1116-24.
90. Tord Berglundh WVG, Niklaus P. Lang, Mariano Sanz. *Lindhe's Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 7th Edition ed. Tord Berglundh WVG, Niklaus P. Lang, Mariano Sanz, editor: Wiley Blackwell; 2022.
91. Derks J, Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *Journal of clinical periodontology*. 2015;42:S158-S71.
92. Jepsen S, Schwarz F, Cordaro L, Derks J, Hämmerle CH, Heitz-Mayfield LJ, et al. Regeneration of alveolar ridge defects. Consensus report of group 4 of the 15th European Workshop on Periodontology on Bone Regeneration. *Journal of Clinical Periodontology*. 2019;46:277-86.
93. Renvert S, Hirooka H, Polyzois I, Kelekis-Cholakis A, Wang HL, 3 WG. Diagnosis and non-surgical treatment of peri-implant diseases and maintenance care of patients with dental implants—Consensus report of working group 3. *International dental journal*. 2019;69:12-7.
94. Heitz-Mayfield LJ, Salvi GE, Botticelli D, Mombelli A, Faddy M, Lang NP, et al. Anti-infective treatment of peri-implant mucositis: a randomised controlled clinical trial. *Clinical oral implants research*. 2011;22(3):237-41.
95. O'Mahony A, MacNeill SR, Cobb CM. Design features that may influence bacterial plaque retention: a retrospective analysis of failed implants. *Quintessence International*. 2000;31(4).
96. Salvi GE, Ramseier CA. Efficacy of patient-administered mechanical and/or chemical plaque control protocols in the management of peri-implant mucositis. A systematic review. *Journal of clinical periodontology*. 2015;42:S187-S201.
97. Figuero E, Graziani F, Sanz I, Herrera D, Sanz M. Management of peri-implant mucositis and peri-implantitis. *Periodontology 2000*. 2014;66(1):255-73.
98. Mills MP, Rosen PS, Chambrone L, Greenwell H, Kao RT, Klokkevold PR, et al. American Academy of Periodontology best evidence consensus statement on the efficacy of laser therapy used alone or as an adjunct to non-surgical and surgical treatment of periodontitis and peri-implant diseases. 2018.
99. Chambrone L, Wang HL, Romanos GE. Antimicrobial photodynamic therapy for the treatment of periodontitis and peri-implantitis: An American Academy of Periodontology best evidence review. *Journal of periodontology*. 2018;89(7):783-803.
100. Faggion Jr CM, Listl S, Fruehauf N, Chang HJ, Tu YK. A systematic review and Bayesian network meta-analysis of randomized clinical trials on non-surgical treatments for peri-implantitis. *Journal of clinical periodontology*. 2014;41(10):1015-25.
101. Renvert S, Roos-Jansåker AM, Claffey N. Non-surgical treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: a literature review. *Journal of clinical periodontology*. 2008;35:305-15.
102. Roccuzzo A, De Ry SP, Sculean A, Roccuzzo M, Salvi GE. Current approaches for the non-surgical management of peri-implant diseases. *Current Oral Health Reports*. 2020;7(3):274-82.

103. Renvert S, Polyzois I. Treatment of pathologic peri-implant pockets. *Periodontology* 2000. 2018;76(1):180-90.
104. Koo K-T, Khoury F, Keeve PL, Schwarz F, Ramanauskaite A, Sculean A, et al. Implant surface decontamination by surgical treatment of periimplantitis: A literature review. *Implant dentistry*. 2019;28(2):173-6.
105. Albouy JP, Abrahamsson I, Persson LG, Berglundh T. Implant surface characteristics influence the outcome of treatment of peri-implantitis: An experimental study in dogs. *Journal of clinical periodontology*. 2011;38(1):58-64.
106. Schwarz F, Schmucker A, Becker J. Efficacy of alternative or adjunctive measures to conventional treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Implant Dentistry*. 2015;1(1):1-34.
107. Khoury F, Buchmann R. Surgical therapy of peri-implant disease: a 3-year follow-up study of cases treated with 3 different techniques of bone regeneration. *Journal of periodontology*. 2001;72(11):1498-508.
108. Meyle J. Mechanical, chemical and laser treatments of the implant surface in the presence of marginal bone loss around implants. *Eur J Oral Implantol*. 2012;5(Suppl):S71-S81.
109. Charalampakis G, Rabe P, Leonhardt Å, Dahlén G. A follow-up study of peri-implantitis cases after treatment. *Journal of clinical periodontology*. 2011;38(9):864-71.
110. Renvert S, Samuelsson E, Lindahl C, Persson GR. Mechanical non-surgical treatment of peri-implantitis: a double-blind randomized longitudinal clinical study. I: clinical results. *J Clin Periodontol*. 2009;36(7):604-9.
111. Mengel R, Buns C-E, Mengel C, Flores-de-Jacoby L. An in vitro study of the treatment of implant surfaces with different instruments. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 1998;13(1).
112. Maximo MB, De Mendonça AC, Renata Santos V, Figueiredo LC, Feres M, Duarte PM. Short-term clinical and microbiological evaluations of peri-implant diseases before and after mechanical anti-infective therapies. *Clinical oral implants research*. 2009;20(1):99-108.
113. Schwarz F, Sahm N, Iglhaut G, Becker J. Impact of the method of surface debridement and decontamination on the clinical outcome following combined surgical therapy of peri-implantitis: a randomized controlled clinical study. *Journal of clinical periodontology*. 2011;38(3):276-84.
114. Unursaikhan O, Lee J-S, Cha J-K, Park J-C, Jung U-W, Kim C-S, et al. Comparative evaluation of roughness of titanium surfaces treated by different hygiene instruments. *Journal of periodontal & implant science*. 2012;42(3):88-94.
115. Karring ES, Stavropoulos A, Ellegaard B, Karring T. Treatment of peri-implantitis by the Vector® system: A pilot study. *Clinical oral implants research*. 2005;16(3):288-93.
116. Sahrman P, Ronay V, Hofer D, Attin T, Jung RE, Schmidlin PR. In vitro cleaning potential of three different implant debridement methods. *Clinical Oral Implants Research*. 2015;26(3):314-9.

117. Sedlaczek J, Lohmann CH, Lotz EM, Hyzy SL, Boyan BD, Schwartz Z. Effects of low-frequency ultrasound treatment of titanium surface roughness on osteoblast phenotype and maturation. *Clinical oral implants research*. 2017;28(10):e151-e8.
118. Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clinical oral implants research*. 2006;17(S2):68-81.
119. Trindade R, Albrektsson T, Tengvall P, Wennerberg A. Foreign body reaction to biomaterials: on mechanisms for buildup and breakdown of osseointegration. *Clinical implant dentistry and related research*. 2016;18(1):192-203.
120. Huang Y-S, Hung C-Y, Huang H-H. Surface changes and bacterial adhesion on implant abutment materials after various clinical cleaning procedures. *Journal of the Chinese Medical Association*. 2019;82(8):643-50.
121. Sato S, Kishida M, Ito K. The comparative effect of ultrasonic scalers on titanium surfaces: an in vitro study. *Journal of periodontology*. 2004;75(9):1269-73.
122. Schmage P, Kahili F, Nergiz I, Scorziello TM, Platzner U, Pfeiffer P. Cleaning effectiveness of implant prophylaxis instruments. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2014;29(2).
123. Harrel SK, Wilson Jr TG, Pandya M, Diekwisch TG. Titanium particles generated during ultrasonic scaling of implants. *Journal of periodontology*. 2019;90(3):241-6.
124. Kontturi-Närhi V, Markkanen S, Markkanen H. Effects of airpolishing on dental plaque removal and hard tissues as evaluated by scanning electron microscopy. *Journal of periodontology*. 1990;61(6):334-8.
125. Petersilka GJ, Steinmann D, Häberlein I, Heinecke A, Flemmig TF. Subgingival plaque removal in buccal and lingual sites using a novel low abrasive air-polishing powder. *Journal of clinical periodontology*. 2003;30(4):328-33.
126. Schwarz F, Sculean A, Romanos G, Herten M, Horn N, Scherbaum W, et al. Influence of different treatment approaches on the removal of early plaque biofilms and the viability of SAOS2 osteoblasts grown on titanium implants. *Clinical oral investigations*. 2005;9(2):111-7.
127. Müller N, Moëne R, Cancela JA, Mombelli A. Subgingival air-polishing with erythritol during periodontal maintenance: Randomized clinical trial of twelve months. *Journal of clinical periodontology*. 2014;41(9):883-9.
128. Mensi M, Cochis A, Sordillo A, Uberti F, Rimondini L. Biofilm removal and bacterial re-colonization inhibition of a novel erythritol/chlorhexidine air-polishing powder on titanium disks. *Materials*. 2018;11(9):1510.
129. Drago L, Del Fabbro M, Bortolin M, Vassena C, De Vecchi E, Taschieri S. Biofilm removal and antimicrobial activity of two different air-polishing powders: An in vitro study. *Journal of periodontology*. 2014;85(11):e363-e9.
130. Schmidlin PR, Sahrmann P. In vitro cleaning potential of three implant debridement methods. Simulation of the non-surgical approach. 2016.
131. Hägi TT, Hofmänner P, Eick S, Donnet M, Salvi GE, Sculean A, et al. The effects of erythritol air-polishing powder on microbiologic and clinical outcomes during supportive periodontal therapy: six-month results of a randomized controlled clinical trial. *Quintessence Int*. 2015;46(1):31-41.

132. Kreisler M, Kohnen W, Christoffers AB, Götz H, Jansen B, Duschner H, et al. In vitro evaluation of the biocompatibility of contaminated implant surfaces treated with an Er: YAG laser and an air powder system. *Clinical oral implants research*. 2005;16(1):36-43.
133. Park JB, Jeon Y, Ko Y. Effects of titanium brush on machined and sand-blasted/acid-etched titanium disc using confocal microscopy and contact profilometry. *Clinical Oral Implants Research*. 2015;26(2):130-6.
134. John G, Becker J, Schwarz F. Rotating titanium brush for plaque removal from rough titanium surfaces—an in vitro study. *Clinical oral implants research*. 2014;25(7):838-42.
135. Romeo E, Ghisolfi M, Murgolo N, Chiapasco M, Lops D, Vogel G. Therapy of peri-implantitis with resective surgery: A 3-year clinical trial on rough screw-shaped oral implants. Part I: clinical outcome. *Clinical oral implants research*. 2005;16(1):9-18.
136. Sharon E, Shapira L, Wilensky A, Abu-hatoum R, Smidt A. Efficiency and thermal changes during implantoplasty in relation to bur type. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2013;15(2):292-6.
137. Suarez F, Monje A, Galindo-Moreno P, Wang H-L. Implant surface detoxification: a comprehensive review. *Implant Dentistry*. 2013;22(5):465-73.
138. Costa-Berenguer X, García-García M, Sánchez-Torres A, Sanz-Alonso M, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Effect of implantoplasty on fracture resistance and surface roughness of standard diameter dental implants. *Clinical oral implants research*. 2018;29(1):46-54.
139. Chan H-L, Oh W-S, Ong HS, Fu J-H, Steigmann M, Sierraalta M, et al. Impact of implantoplasty on strength of the implant-abutment complex. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2013;28(6).
140. Mombelli A, Feloutzis A, Brägger U, Lang NP. Treatment of peri-implantitis by local delivery of tetracycline: Clinical, microbiological and radiological results. *Clinical oral implants research*. 2001;12(4):287-94.
141. Daly C. Anti-bacterial effect of citric acid treatment of periodontally diseased root surfaces in vitro. *Journal of Clinical Periodontology*. 1982;9(5):386-92.
142. Ntrouka V, Hoogenkamp M, Zaura E, van der Weijden F. The effect of chemotherapeutic agents on titanium-adherent biofilms. *Clinical oral implants research*. 2011;22(11):1227-34.
143. Barootchi S, Tavelli L, Ravidà A, Wang C-W, Wang H-L. Effect of EDTA root conditioning on the outcome of coronally advanced flap with connective tissue graft: a systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations*. 2018;22(8):2727-41.
144. Mariotti A. Efficacy of chemical root surface modifiers in the treatment of periodontal disease. A systematic review. *Annals of periodontology*. 2003;8(1):205-26.
145. Roccuzzo M, Pittoni D, Roccuzzo A, Charrier L, Dalmaso P. Surgical treatment of peri-implantitis intrabony lesions by means of deproteinized bovine bone mineral with 10% collagen: 7-year-results. *Clinical oral implants research*. 2017;28(12):1577-83.

146. Isehmed C, Holmlund A, Renvert S, Svenson B, Johansson I, Lundberg P. Effectiveness of enamel matrix derivative on the clinical and microbiological outcomes following surgical regenerative treatment of peri-implantitis. A randomized controlled trial. *Journal of Clinical Periodontology*. 2016;43(10):863-73.
147. Isehmed C, Svenson B, Lundberg P, Holmlund A. Surgical treatment of peri-implantitis using enamel matrix derivative, an RCT: 3-and 5-year follow-up. *Journal of Clinical Periodontology*. 2018;45(6):744-53.
148. Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, et al. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontology* 2000. 2015;68(1):217-69.
149. Mettraux GR, Sculean A, Bürgin WB, Salvi GE. Two-year clinical outcomes following non-surgical mechanical therapy of peri-implantitis with adjunctive diode laser application. *Clinical oral implants research*. 2016;27(7):845-9.
150. John G, Becker J, Schmucker A, Schwarz F. Non-surgical treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis at two-piece zirconium implants: A clinical follow-up observation after up to 3 years. *Journal of clinical periodontology*. 2017;44(7):756-61.
151. Arisan V, Karabuda ZC, Arıcı SV, Topçuoğlu N, Külekçi G. A randomized clinical trial of an adjunct diode laser application for the nonsurgical treatment of peri-implantitis. *Photomedicine and laser surgery*. 2015;33(11):547-54.
152. Schwarz F, John G, Schmucker A, Sahm N, Becker J. Combined surgical therapy of advanced peri-implantitis evaluating two methods of surface decontamination: A 7-year follow-up observation. *Journal of clinical periodontology*. 2017;44(3):337-42.
153. Garaicoa-Pazmino C, Sinjab K, Wang H-L. Current protocols for the treatment of peri-implantitis. *Current Oral Health Reports*. 2019;6(3):209-17.
154. Lin GH, Suárez López del Amo F, Wang HL. Laser therapy for treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: An American Academy of Periodontology best evidence review. *Journal of Periodontology*. 2018;89(7):766-82.
155. Parma-Benfenati S, Roncati M, Galletti P, Tinti C. Peri-implantitis Treatment with a Regenerative Approach: Clinical Outcomes on Reentry. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2015;35(5).
156. Birang E, Ardekani MRT, Rajabzadeh M, Sarmadi G, Birang R, Gutknecht N. Evaluation of effectiveness of photodynamic therapy with low-level diode laser in nonsurgical treatment of peri-implantitis. *Journal of lasers in medical sciences*. 2017;8(3):136.
157. Albaker AM, ArRejaie AS, Alrabiah M, Al-Aali KA, Mokeem S, Alasqah MN, et al. Effect of antimicrobial photodynamic therapy in open flap debridement in the treatment of peri-implantitis: A randomized controlled trial. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2018;23:71-4.
158. Romeo U, Nardi GM, Libotte F, Sabatini S, Palaia G, Grassi FR. The antimicrobial photodynamic therapy in the treatment of peri-implantitis. *International journal of dentistry*. 2016;2016.
159. Lozada J. Surgical repair of peri-implant defects. *J Oral Implantol*. 1990;16:42-6.

160. Romeo E, Lops D, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G. Therapy of peri-implantitis with resective surgery. A 3-year clinical trial on rough screw-shaped oral implants. Part II: radiographic outcome. *Clinical oral implants research*. 2007;18(2):179-87.
161. Roos-Jansåker AM, Renvert H, Lindahl C, Renvert S. Surgical treatment of peri-implantitis using a bone substitute with or without a resorbable membrane: a prospective cohort study. *Journal of clinical periodontology*. 2007;34(7):625-32.
162. Rosa MB, Albrektsson T, Francischone CE, Schwartz Filho HO, Wennerberg A. The influence of surface treatment on the implant roughness pattern. *Journal of Applied Oral Science*. 2012;20:550-5.
163. Wennerberg A, Albrektsson T. Implant surfaces beyond micron roughness. Experimental and clinical knowledge of surface topography and surface chemistry. *International Dentistry SA*. 2006;8(6).
164. Mouhyi J, Dohan Ehrenfest DM, Albrektsson T. The peri-implantitis: Implant surfaces, microstructure, and physicochemical aspects. *Clinical implant dentistry and related research*. 2012;14(2):170-83.
165. Albrektsson T, Dahlin C, Jemt T, Sennerby L, Turri A, Wennerberg A. Is marginal bone loss around oral implants the result of a provoked foreign body reaction? *Clinical implant dentistry and related research*. 2014;16(2):155-65.
166. Bagno A, Di Bello C. Surface treatments and roughness properties of Ti-based biomaterials. *Journal of materials science: materials in medicine*. 2004;15(9):935-49.
167. Fox SC, Moriarty JD, Kusy RP. The effects of scaling a titanium implant surface with metal and plastic instruments: an in vitro study. *Journal of periodontology*. 1990;61(8):485-90.
168. Baek SH, Shon WJ, Bae KS, Kum KY, Lee WC, Park YS. Evaluation of the safety and efficiency of novel metallic ultrasonic scaler tip on titanium surfaces. *Clinical oral implants research*. 2012;23(11):1269-74.
169. Quirynen M, Van Der Mei H, Bollen C, Schotte A, Marechal M, Doornbusch G, et al. An in vivo study of the influence of the surface roughness of implants on the microbiology of supra-and subgingival plaque. *Journal of dental research*. 1993;72(9):1304-9.
170. Bailey G, Gardner J, Day M, Kovanda B, editors. Implant surface alterations from a nonmetallic ultrasonic tip. *The Journal of the Western Society of Periodontology/Periodontal Abstracts*; 1998.
171. Kawashima H, Sato S, Kishida M, Yagi H, Matsumoto K, Ito K. Treatment of titanium dental implants with three piezoelectric ultrasonic scalers: an in vivo study. *Journal of periodontology*. 2007;78(9):1689-94.
172. Augthun M, Tinschert J, Huber A. In vitro studies on the effect of cleaning methods on different implant surfaces. *Journal of periodontology*. 1998;69(8):857-64.
173. Schwarz F, Rothamel D, Sculean A, Georg T, Scherbaum W, Becker J. Effects of an Er: YAG laser and the Vector® ultrasonic system on the biocompatibility of titanium implants in cultures of human osteoblast-like cells. *Clinical oral implants research*. 2003;14(6):784-92.

174. Louropoulou A, Slot DE, Van der Weijden FA. Titanium surface alterations following the use of different mechanical instruments: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research*. 2012;23(6):643-58.
175. Asakura T. Surface roughness measurement. *Speckle metrology*. 1978:11-49.
176. Demircioglu P, Durakbasa M. Investigations on machined metal surfaces through the stylus type and optical 3D instruments and their mathematical modeling with the help of statistical techniques. *Measurement*. 2011;44(4):611-9.
177. Wennerberg A. The importance of surface roughness for implant incorporation. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 1998;38(5-6):657-62.
178. Zhu X, Chen J, Scheideler L, Reichl R, Geis-Gerstorfer J. Effects of topography and composition of titanium surface oxides on osteoblast responses. *Biomaterials*. 2004;25(18):4087-103.
179. Buser D, Schenk R, Steinemann S, Fiorellini J, Fox C, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *Journal of biomedical materials research*. 1991;25(7):889-902.
180. London RM, Roberts FA, Baker DA, Rohrer MD, O'Neal RB. Histologic comparison of a thermal dual-etched implant surface to machined, TPS, and HA surfaces: bone contact in vivo in rabbits. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2002;17(3).
181. Wennerberg A, Albrektsson T. Suggested guidelines for the topographic evaluation of implant surfaces. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2000;15(3).
182. Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces: Part 1--review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *International Journal of Prosthodontics*. 2004;17(5).
183. Boyan BD, Dean DD, Lohmann CH, Cochran DL, Sylvia VL, Schwartz Z. The titanium-bone cell interface in vitro: the role of the surface in promoting osteointegration. *Titanium in medicine*: Springer; 2001. p. 561-85.
184. Persson L, Ericsson I, Berglundh T, Lindhe J. Osseointegration following treatment of peri-implantitis and replacement of implant components: An experimental study in the dog. *Journal of clinical periodontology*. 2001;28(3):258-63.
185. Sbricoli L, Cecoro G, Leone C, Nastri L, Guazzo R, Guida L, et al. Bacterial Adhesion to Grade 4 and Grade 5 Turned and Mildly Acid-Etched Titanium Implant Surfaces: An In Vitro and Ex Vivo Study. *Applied Sciences*. 2021;11(16):7185.
186. Barão VA, Yoon CJ, Mathew MT, Yuan JCC, Wu CD, Sukotjo C. Attachment of *Porphyromonas gingivalis* to corroded commercially pure titanium and titanium-aluminum-vanadium alloy. *Journal of periodontology*. 2014;85(9):1275-82.