



DENTAL İMPLANTLARDA YAPISAL VE YÜZEY ÖZELLİKLERİ STRUCTURAL AND SURFACE CHARACTERİSTİCS OF DENTAL IMPLANTS

Dt. Mustafa DAĞ*

Doç. Dr. Ümit KARAÇAYLI*

Makale Kodu/Article code: 1568
Makale Gönderilme tarihi: 12.03.2014
Kabul Tarihi: 01.09.2014

ÖZET

Kullanılmaya başlandığı günden itibaren dental implantların yapısal özellikleri hızla değiştirilmiş ve geliştirilmiştir. Dental implantların yapısal özellikleri içinde yüzey modifikasyonları en çok araştırma yapılan konu olmuştur. Dental implant yüzeyi ile çene kemikleri arasındaki biyolojik bağlantı, implant destekli protezlerin uzun dönem başarısı için bir önkoşul olarak düşünülmektedir. Bu derlemede dental implantların yapısal ve yüzey özelliklerindeki gelişmeleri anlatmak amaçlanmıştır. Bu amaçla Pubmed veri tabanında 'dental implant surfaces', 'dental implant surface modifications' 'dental implant design' ve 'implant modifications and osseointegration' terimleri taratılmış ve konu ile doğrudan ilişkili yayınlar incelenmiştir. Sonuç olarak, implant tasarımlarının maksimum verim için geliştirileceği ve implant yüzeylerinin CaP ve florid gibi uzun sürede salınım yapacak osteoindüktif materyaller ile kaplanacağına inanılmaktadır. Aynı doğrultuda nanoteknolojik gelişimler ile yakın gelecekte daha iyi dental implantların üretileceği ve tanıtılacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler Dental implant, İmplant Yüzeyi, CaP, Osseointegrasyon

ABSTRACT

Since dental implants have been started to use, structural properties of them have been developed and modified quickly. Among dental implant structural alterations, surface modifications have been by far the most investigated topic. The biological fixation between dental implant surfaces and jaw bones should be considered a prerequisite for the long-term success of implant-supported prostheses. The purpose of this review was to describe the developments in structural and surface properties of dental implants. To this end, the terms of 'dental implant surfaces', 'dental implant surface modifications', 'dental implant design' and 'implant modifications and osseointegration' were scanned in PubMed database and the publications directly related to our topic were examined. As a result, it is believed that implant designs will be developed for the maximum efficiency and implant surfaces will be coated with slow-release osteoinductive materials like CaP and fluoride. Likewise, it is expected that better dental implants will be produced and introduced with the development of nanotechnology in the near future

Keywords: Dental implants, surface of implant, CaP, Osteointegration

GİRİŞ

Uluslararası standartizasyon kurumu (ISO) dental implantı; 'mandibula ya da maksillada protetik uygulamaya destek sağlayacak, cerrahi olarak yerleştirilmiş materyal' olarak tanımlamıştır.¹

Arkeolojik bulgular; implant tarihinin eski Mısır ve Güney Amerika uygarlıklarına kadar uzandığını

göstermektedir. Oral implantolojideki büyük atılımı, İsveç'te Lund Üniversitesi'nin Vital Mikroskopi Laboratuar'ında bir ortopedik cerrah olan Dr. Ingvar Branemark başkanlığındaki İsveçli araştırma grubu gerçekleştirmiştir. O günden bugüne implantların tasarımlarında ve yüzey özelliklerinde pek çok değişiklik yapılmıştır.²

*Gülhane Askeri Tıp Akademisi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD. Anabilim Dalı



Osteointegrasyon tanımı; Latince "os": kemik ve "integrate": birleşmek kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuş ve ilk olarak 1977 yılında Branemark tarafından ortaya atılmıştır. Albrektsson'a göre osteointegrasyon canlı kemik ve implant arasında ışık mikroskobu seviyesindeki direkt bağlantıdır.³ 1986 yılında American Academy of Implant Dentistry (AAID) osteointegrasyonu; "implant ve kemik arasında kemik dışı bir doku olmaksızın yüklerin ideal bir şekilde implanttan kemiğe aktarıldığı bağlantı" olarak tanımlamıştır.^{1,4}

Günümüzde osteointegrasyon klinik başarı ile ortak anlamda kullanılmaya başlanmıştır.⁵ Osteointegrasyon, dental implantların uzun dönem başarısı için şarttır. Kemik ekstrasellüler matriksinin mineralizasyonu ile mature kemiği oluşturması osteointegrasyon ile yakın ilişkilidir.⁶

Albrektsson osteointegrasyonun sağlanabilmesi için ise 6 faktör tanımlamıştır. Bunlar implant materyali, implant tasarımı, yüzey kalitesi, kemik durumu, cerrahi teknik ve implant yükleme prosedürüdür.³ Bu doğrultuda dental implantlar ilk tanıtıldıkları günden itibaren yenilenmekte ve geliştirilmektedir. Dental implantların yapılmış olduğu materyal, tasarımları ve yüzey kalitesini arttırmak için birçok çalışma yapılmıştır ve halen yapılmaya devam etmektedir.⁷

Günümüz implant araştırmalarındaki öncelikli konular;

- Nano teknolojik araştırmalar, kimyasal modifikasyonlar ve/veya implant yüzeyine uygulanmaya çalışılan osteoindüktif maddeler ile implant-kemik kontak yüzeyi değerlerinin %100'e yakın seviyelere çıkartmak,
- Seramik ve alternatif implantlar,
- Rekombinant-DNA tekniklerinin geliştirilerek, iyileşme süresinde öncü rol oynayan kemik morfojenetik proteinlerin terapötik kullanılabilirliğini arttırmaktır.⁷

DENTAL İMPLANT MATERYALLERİ

Sykaras ve ark. dental implantların yapımında kullanılan materyalleri iki şekilde sınıflandırmaktadırlar:⁸

1. Kimyasal yapıya göre:

- Metaller
- Seramikler
- Polimerler

2. İmplant edildiği zaman doku ile uzun dönem ilişkisine göre:

o Biyotolere: Canlı dokuya implante edilince kapsül formunda bir fibröz tabaka ile kaplanan materyallerdir.

o Biyo inert: Yüzeylerinde yakın kemik apozisyonuna izin verip temas osteogenezi sağlayan materyallerdir.

o Biyoaktif: Yüzeyinde yeni kemik oluşumuna izin veren, ayrıca birleştiği dokuyla iyon alışverişinde bulunup kimyasal bir yapışma sağlayan ve yapışma osteogenezi meydana getiren materyallerdir.⁸

Titanyum ve alaşımları, mükemmel biyolojik uyumları ve korozyon dirençleri, düşük elastiklik değerleri ve yüksek direnç gibi özellikleri sayesinde diş hekimliğinde dental implantların, hareketli ve sabit protezlerin yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır.⁹

Titanyum özellikle dental ve ortopedik implantlarda gerektirdiği gibi osteosentez yaklaşımlarında ve biomateryal uygulamalarında başarıyla kullanılan, doku uyumu gösteren yegâne materyaldir.¹⁰ Bu nedenle dental ve ortopedik implantlar için standart materyal olarak gösterilmiştir.¹¹ Genel olarak, Grade 1 implantlar en yüksek korozyon direncine sahipken, en az fiziki güce sahiptir. Oysa Grade 4 ve 5 daha yüksek güce sahiptir.¹

Titanyum implantların gri renkli olması, özellikle dişeti çekilmesi durumlarında estetik problemlere sebep olması, galvanik etkisinin tanımlanmış olması ve alerjik reaksiyonların çok az da olsa gösterilmiş olması dental implant materyallerinde alternatif materyallerin üretilmesi fikrini doğurmuştur. 'Novel' implantları gibi seramik implantlar bu amaçla geliştirilmişlerdir.^{12,13} Zirconia; rengi, mekanik özellikleri ve biouyumluluğu nedeniyle dental implantlar için uygun bir materyal olarak gösterilmiştir. Günümüzde tanıtılmış ve pazarlanmakta olan zirconia implant sistemleri mevcuttur.^{13,14}

1.DENTAL İMPLANT TASARIMLARI

Dental implantlar kök formlarına göre; hollow (içi boş silindir), silindir ve vida (screw) gibi isimlerle tanıtılırlar. Günümüzde en çok vida tipi implantlar tercih edilmektedir.¹

Silindir ve vida implantlar da düz, daralan (tapered), konik, ovoid yapıdadırlar. Pek çok farklı tasarımı olan implantlar yüzey alanını arttırmak, primer stabiliteyi sağlamak, yük dağılımını dengelemek gibi amaçları hedeflerler. Konik implantların, silindirik implantlara oranla marjinal kemik seviyesinin korun-



masında daha başarılı olduğu gösterilmiştir.¹⁵ Tüm bunlara ek olarak, marjinal kemik kaybını önlemek için çift yiv sistemi ile tasarlanmış ve marjinal kemikte stresi azaltmaya çalışan bazı implant dizaynları da mevcuttur.¹⁶

DENTAL İMPLANT YÜZEYİ

Yüzey özellikleri (geometrik, kimyasal ve yüzey enerjisi gibi), implant ile hücreler arasındaki etkileşimi değiştirebilmektedir. Hücresel reaksiyonlar oldukça karmaşık olup bu reaksiyonların daha iyi anlaşılabilmesi için hücresel çoğalma, alkalın fosfataz (ALPase) aktivitesi, PGE2 (Prostaglandin), TGF-B1 (Transforming büyüme faktörü-B1), osteokalsin ve MG63 (osteoblast-like osteosarkom hücresi) gibi birçok parametre analiz yöntemi olarak kullanılmaktadır.¹¹

İmplant materyali yüzeyindeki μm 'den mm 'ye kadarki değişimin hücresel cevapları farklıdır. Yüzeydeki $<1 \mu\text{m}$ değerler fokal protein kontaklarını ve adezyonunu, morfolojik değişimi, hücresel oryantasyonu etkilerken; 1-100 μm aralığındaki değerler kemik formasyonunu, hücresel adezyonu etkilemektedir. 100 μm 'den büyük geometriler ise mekanik bağlanmayı sağlamayı amaçlar.³

İmplant yüzey özelliklerinde hedeflenen iki kritik stratejiden ilki; yüzey özelliklerinin biyokimyasal ve geometrik karakterlerinin osteointegrasyona imkân sağlayarak hücresel aktiviteyi indüklemesidir. İkincisi ise implant-kemik temas yüzeyinin yeterli tutunma ve dayanıklılığa sahip olup implant yüklemesi ile doğacak kuvvetleri karşılayabilecek yeterlilikte olmasıdır.³

Dental implantların biyomekanik beklentileri karşılayabilmesi için, minimum boy ve çap belirleme çalışmaları yapılmış ve genel olarak 3mm'den ince ve 8mm'den kısa implant sağ kalım oranlarında ciddi bir azalma görülmüştür.¹⁷

Dental implantların yüzey kalitesi, implantlara karşı doku reaksiyonlarını belirler.¹⁸ Albrektsson ve Wennerberg implant yüzey kalitesini üçe ayırmışlardır. Bunlar mekanik, topografik ve fiziko-kimyasal özelliklerdir.¹⁹

A. MEKANİK ÖZELLİKLER

İmplant geometrisinin marjinal kemik kaybına etkisinin araştırıldığı çalışmaların çoğunda farklı implant geometrilerinin farklı marjinal kemik kaybı değişimlere sebep olduğu bulunmuştur. Ayrıca implant-abutment bağlantısının marjinal kemik kaybına etkisinin varlığını kanıtlayan çalışmalar yapılmıştır.¹

Bir diğer mekanik özellik ise implant gövdesinin sonlandığı alandır. Tek cerrahi implantlar kemik seviyesi üzerinde sonlanırken, çift cerrahi implantların çoğu kemik seviyesinde veya hemen yakınında sonlanır. Tek cerrahi implantlarda implantın kemik üzerinde kalan kısmı sayesinde kron implant oranı azalmaktadır.²⁰

Dental implantlar kendilerini çevreleyen biyolojik dokulara kuvvetleri aktaracak biçimde işlev görürler. Bu nedenle düz silindirik implantlara oranla yivli implantlar kuvvet dağılımlarındaki avantajları nedeniyle daha uygun tasarım olarak bildirilmiştir.^{1,13}

Yivler başlangıçta teması azamiye çıkartmak, yüzey alanını genişletmek ve kemik-implant ara yüzündeki kuvvetleri dağıtmak amacıyla tasarlanmıştır. Dental implantlardaki yivlerin geometrisi oldukça çeşitli olmakla beraber temel 4 tip yiv mevcuttur. Bunlar V yiv, buttress (yelken) yiv, ters buttress yiv ve kare yivdir.¹³ Yiv aralıkları birçok firmada farklı olmakla birlikte, bazı implantlarda boyun bölgesi yiv aralığı ile implant gövdesi yiv aralıkları da farklıdır. Bu sistemlerde amaç boyun bölgesinde daha az stres oluşumunun istenmesi ve daha fazla implant-kemik yüzeyi oluşturarak daha güçlü bir osteointegrasyon olarak bildirilmiştir.^{16,21}

Fiziksel karakterleri nedeniyle implant ve komponentleri doğal dişe oranla daha fazla plak birikimine maruz kalırlar. Bu nedenle bazı implant sistemleri boyun kısmında düz yüzey (parlak yüzey) bulundurarak bu alandaki plak birikimini azaltmayı amaçlamıştır.²²

B. TOPOGRAFİK ÖZELLİKLER

Yüzey topografisi, yüzey pürüzlülük derecesine ve yüzey pürüzlülüğünün oryantasyonuna bağlıdır. Yüzeyleri sadece "düz" veya "pürüzlü" olarak tanımlamak yeterli değildir.^{13,19}

Yüzey pürüzlülüğünü tanımlamada en fazla kullanılan parametreler Ra ve Sa parametreleridir.

Ra: Orta çizgiden yüzeyin pürüzlülük profilindeki deviasyonların aritmetik ortalaması

Sa: 3 boyutlu ölçümlerde yüzey deviasyonunun aritmetik ortalaması¹⁹

Nanometrik yüzey özelliklerinin implant ve kemik dokusu arasındaki çeşitli moleküler ve biyolojik süreci stimüle etmesi ve bu sürece rehber olmasının kanıtlanması; implant dizayn ve kaplamalarında yeni bir yaklaşım yaratmıştır.²³



C. FİZYO-KİMYASAL ÖZELLİKLER

İmplant yüzeyinin kimyasal ve yüzey enerjisi özelliklerini ifade eder. Yüksek enerjiye sahip bir yüzey, absorpsiyon için yüksek duyarlılığa sahiptir. Teorik olarak yüksek enerjiye sahip bir implant yüzeyi, düşük enerjiye sahip bir yüzeyden daha güçlü osteointegrasyon gösterir. Fakat implant kutusundan çıkarılıp hastanın ağızına getirilinceye kadar olan havayla temasında, yüzey enerjisi çok çabuk değişmektedir. Bu yüzden yüksek enerjiye sahip yüzey yakalamanın gerekliliği tartışılmaktadır.^{18,24}

Günümüzde, klinik implant yüzey modifikasyonları daha çok yüzey kimyasının değiştirilmesi şeklinde gerçekleşmiştir. Oral implantolojide kimyasal özellikleri gelecekte de en fazla ilgi çekecek konulardan biri olacağı düşünülmektedir.⁴

Dental implantlar zamanla yüzey pürüzlülüklerini bugünün optimal seviyelerine taşımıştır. Daha önceki yıllarda dental implant pürüzlülük değerleri şu şekilde sınıflandırılmıştır:

- 1.Makro 10µm-1mm
- 2.Mikro 1µm-10 µm
- 3.Nano <1 µm.⁴

Günümüzde en başarılı yüzey pürüzlülük değerleri 1-2 µm (mikrometre) olarak düşünülmektedir.⁵ Araştırmalar ideal implant yüzeyinin 1,5 µm derinlik ve 3-5 µm çapındaki çukurcuklardan oluşması gerektiğini bildirmiştir.²⁵ Yapılan benzer bir araştırma mikropürüzlülüğün 1,5 µm ile 4 µm arasında olmasının ideal yüzeyi oluşturduğunu bildirmiştir.⁴

Dental İmplant Yüzeylerinde Osteointegrasyonu Arttırmak İçin Yapılan Uygulamalar

Birinci nesil implantların öncelikli hedefleri; fiziki şartlara karşı korozyon direnci ve mekanik özelliklerin geliştirilmesi iken; ikinci nesil implantlar, yüzey topografik özelliklerine ve kimyasal kompozisyonlara ve daha iyi biyolojik cevaba yönelmişlerdir. Bugün dahi hücrel cevap ve implant ara yüzünde adezyon ile diferansiyasyon tam anlaşılabilmiştir. Üçüncü nesil implantlarda ara yüz biyolojisi ile hücrel ve moleküler seviyelerdeki sürece yönelik değişiklikler görülmüştür. Gelecekte ise biyolojik hedeflere ulaşılıp kemik kaybının önlenmesi, osteointegrasyonun daha hızlı gerçekleşmesinin sağlanması ve implantın kullanım ömrünün uzaması için önem arz eder.²⁶

İmplant tedavilerinde kritik bir nokta da yüklemenin ne zaman yapılacağıdır. İmplant yüzey çalışmalarının bir amacı da immedat yüklemeye imkân sağlaması ve yüklemenin mümkün olan en kısa süreye çekilmesidir.²⁷

Pürüzlendirme Yöntemleri

Dental implantların yüzey pürüzlülüklerini arttırmak ve osteointegrasyonu geliştirmek amacıyla birçok metot geliştirilmiştir. Bu metotlar 4 ana sınıfta toplanmıştır:²⁸

1. Fiziksel (Mekanik) metotlar
2. Kimyasal metotlar
3. Biyokimyasal metotlar
4. Diğer Yöntemler

Topografik teknikler eksiltme yada ekleme ayırımı ile de sınıflandırılabilir: Eksiltmeye örnekler kumlama, asitleme, oksidasyon, elektroyıkama, mekanik cilalama iken, ekleme örnekleri HA(Hidroksi Apatit) kaplama, TPS, iyon depozisyonu, kalsiyum fosfat (CaP) kaplama yöntemleridir.²⁹

Günümüzde TPS, seramik partikülleri ile kumlama ve asitleme, elektrokimyasal anodizasyon, CaP, HA en çok kullanılan yüzey topografik modifikasyonlarıdır.³⁰

1. Fiziksel Yöntemler

Mekanik yöntemler fiziksel güçlerle yüzeyin şekillendirildiği metotlardır. En fazla kullanılan mekanik teknikler; işleme (machining), tornalama (turning), kesme (cutting), titanyum plazma sprey (TPS), kumlama (blasting) ve cilamadır (polishing).³¹

A. Kesme ve tornalama (cutting and turning)

Birinci nesil dental implantlar sadece makine edilen implantlardır. Bunlar Branemark implantların tanıtılmasıyla kesme ve tornalama işlemi sonrasında piyasaya sürülen implantlardır.²¹

Kesme işlemi, bir karbon separe ile metal yüzeyinin pürüzlendirilmesidir. Tornalama ise paslanmaz çelikten bir kesme aпарeyi ile yapılmaktadır.³¹

B. Titanyum Plazma Sprey ile Pürüzlendirme (TPS)

Titanyum Plazma Sprey (TPS) 1974'ten itibaren Schroeder ve ark. tarafından implantların yüzey alanlarını, daha doğrusu kemikteki tutunmasını arttırmak için kullanılmaya başlanılmıştır. Bu yöntem implant yüzeyine yüksek derecede titanyum tozlarını



püskürterek bunların yüzey ile birleşimini sağlayarak yapılır. Böylece yüzeyde 30 µm kalınlığında bir film tabakası oluşur. Bu kalınlığın düzgün olabilmesi için 40-50 µm kalınlığında olması gerekir. Sonuç olarak TPS kaplama ortalama 7 µm'lik bir pürüzlülük sağlar ve implantın yüzey alanını genişletir. Fakat bu metotla pürüzlendirilen implantlarda komşu kemikte titanyum parçaları bulunduğu bildirilmiştir.⁴

TPS yüzeyli implantlar makine edilmiş implantlara oranla daha fazla kemik-implant oranına ulaşmışlardır.^{4,30} Ancak TPS zamanla çoğu firmaca terk edilen bir yüzey pürüzlendirme sistemidir.²⁹

C. Kumlama ile Pürüzlendirme (Blasting)

Titanyum yüzeyinin pürüzlendirilmesi için uygulanan bir başka yöntem de abraziv seramik partiküllerin bir sıvı aracılığıyla yüzeye uygulanması ile yüzeyin kumlanmasıdır.³¹ Titanyum yüzeyin kumlanmasında birçok madde kullanılabilir. Bunların çoğu seramiklerdir. Titanyum dioksit, alumina, korundum, zirkonyum ve alaşımları, kalsiyum fosfat partikülleri kumlama yöntemiyle kullanılan maddelerdendir.^{4,12,25}

Yapılan bir çalışmada TiO₂ ve Al₂O₃ partiküllerle yapılan implant pürüzlendirmeleri sonrasında kemik-implant kontak değerlerinin benzer olduğu fakat düz implantlara kıyasla bu değer kat kat fazla olduğu görülmüştür.⁴

2. Kimyasal Yöntemler

Kimyasal metotlar, titanyumun kimyasal yapısında özellikle de yüzey tabakasında modifikasyonlar yapmak için uygulanırlar.⁴

A. Asitle Dağlayarak (Asit Etching) Pürüzlendirme

Hidroklorik (HCl), hidrosülfirik (H₂SO₄), hidronitrik (HNO₃) ve hidroflorik asit (HF) gibi güçlü asitlerle titanyum yüzeylerin dağlanarak pürüzlendirilmesi çok kullanılan bir başka pürüzlendirme metodudur. Asitleme ile implant yüzeyinde 1,5-2 µm çapında mikro çukurcuklar oluştuğu bildirilmiştir. Asitle pürüzlendirmenin osteointegrasyonu oldukça arttırdığı ve TPS ile karşılaştırıldığında daha fazla kemik-implant kontak sağladığı belirlenmiştir.⁴

TiO₂ kumlamalı implantlarda HF asitlemenin faydalı olup olmadığı araştırılmış ve sadece TiO₂ kumlamalı implantların TiO₂+HF asitlenmiş implantlara oranla daha düşük kemik-implant temasına sahip olduğu ve geri torklama değerlerinin daha az olduğu gösterilmiştir.²⁹

Kumlama sonrasında asitleme, günümüzde en çok kullanılan yüzey pürüzlendirme yöntemidir. Kumlanmış ve asitlenmiş yüzeyli implantların; TPS, sadece kumlanmış veya sadece asitlenmiş yüzeyli implantlarla karşılaştırıldığında daha fazla kemik-implant kontak sağladığı gösterilmiştir.²¹

B. Dental implantların elektrokimyasal işlemlerle pürüzlendirilmesi

Elektrokimyasal yüzey modifikasyonlarında anodik ve katodik müdahaleler belirli voltaj ve ısı değerlerinde uygulanır. Anodik oksidasyon başlıca anodik yöntemdir. Elektrofonetik ve katodik HA depozisyonları ise katodik yöntemlerdir. Elektrokimyasal yöntemlerin avantajı ucuz ve basit olmasıdır.³²

Titanyum implant yüzeyleri spontan olarak hava ile temas ettiklerinde stabil bir oksit tabaka oluşturmaktadır. Bu oksit tabakası genellikle 1,5µm ile 10µm boyutlarında olup, termodinamik stabiliteyi ve korozyona yüksek direnci oluşturmaktadır.³³

Son çalışmalar implant yüzeyinin nanometrik yapısının biyolojik etkisi ile oksit tabaka ve apatit nanokristalleri arasında anatomik bağlantı oluşturduğu gösterilmiştir.²⁶

I. Anodik Oksidasyon: Termal müdahale ile titanyum üzerinde oksit film tabakasında meydana gelen elektrot değişiminden faydalanarak geliştirilmiştir.³²

Temel olarak; $Ti^{2+} + 2O^{2-} > TiO_2 + e^-$ ile formüle edilebilir. Voltaj değerleri değiştirilerek TiO₂ farklı kristalize yapılara dönüştürülebilir. 90-250V değerleri arasında yapılan müdahalelerle iyonlar, 250-500V arasında ise Ca, P, Ti ve O komponentleri dominant hale gelerek bağlanabilirler. Anodik oksidasyon sonrasında ALP aktivitesi ve osteokalsin üretiminin arttığı gösterilmiştir. Benzer bir çalışmada oksidasyon sonrasında implant kemik kontakının arttığı ve geri torklama değerlerinin de yükseldiği gösterilmiştir.³²

II. Elektroporözis depozisyonu (EPD); Basit ve ucuz bir yöntem olan EPD'de 10-200V voltaj değerlerine maruz kalan titanyum yüzeyinde voltajın yükselmesiyle HA kaplaması gerçekleşir. Bu sırada ortamdaki HA konsantrasyonunun arttırılmasıyla da yüzey pürüzlülüğünde artış gözlenmiştir.³²

III. Katodik depozisyon; Bu metotla kalsiyum ve fosfor banyosunda titanyum katodu üzerinde CaP kaplaması gerçekleştirilir. Cm²'ye uygulanan amperin artışı ile daha fazla yüzey pürüzlendirme sağlanmıştır.³²



Yapılan bir hayvan çalışmasında elektrokimyasal yöntemlerle elde edilen implantlarda 16. hafta sonunda kemik-implant kontak oranı %74 olarak gösterilmiştir.³⁰

İyon implantasyon tekniğiyle implant yüzeyine karbon, oksijen, nitrojen, florid, argon, sodyum ve gümüş gibi birçok iyon uygulaması denenmiştir.¹⁰

3. Biyokimyasal Yöntemler

A. Dental implantların flor ile modifiye edilmesi

Floridin osteoprogenitör hücrelere ve diferansiye olmamış osteoblastlara etkili olduğu düşünülmektedir. Osteoblastların osteokondüktif etkilerini artırıp ilgili bölgeye göçünü sağlayarak, daha hızlı kemik formasyonu ve osteointegrasyon sağladığı düşünülmektedir. Bununla beraber implant çevresindeki kemiğin korunmasında da etkili olduğu düşünülmektedir.³

İmplant yüzeyinin önemli bir özelliği kalsifiye dokuyla ve dolayısıyla da kalsiyum ile fosfat iyonlarıyla reaksiyona girebilme kabiliyetidir. Kalsiyum ve fosfat iyonları ne kadar fazla oranda implant yüzeyine yapışabilirse, implant kemik birleşimi o oranda artar. Ayrıca florun fosfat iyonlarının bağlanmasını sağlayarak implant yüzeyinde CaP birikimini gerçekleştirdiği ve bu tip reaksiyonların 1-1,5 µm yüzey pürüzlülüğüne sahip olan implantlarda bile görülmediği bildirilmiştir.³¹

TiOblast implantlar ve bu implantların florid ile modifiye edilen hali OsseoSpeed implantların karşılaştırıldığı bir çalışmada, OsseoSpeed implantların BMP-2 ve benzeri osteoblastik göstergelerinde artışa sebep olduğu gözlenmiştir. Osteriks gen artışı belirlenmiştir. Ayrıca florid modifiye implant yüzeyindeki mineralizasyonun arttığı gözlenmiştir. Bu artışların sebebinin OsseoSpeed yüzey S_a değerinin yüksekliği ve florid'in etkileri gösterilmiştir.³⁴

B. Dental implantların kalsiyum fosfat ile kaplanmaları

Kalsiyum, magnezyum, florid, HA, CaP gibi iyon ve moleküller ile seramikler biyomekano-kimyasal bonding olarak düşünülmektedir.²⁴

CaP, HA gibi osteoindüktif materyallerin implant yüzeyine uygulanması ile daha hızlı osteointegrasyon ve daha çok implant-kemik kontak sağlanması amaçlanmıştır. Aşağıda trikalsiyum fosfat, kalsiyum fosfat ve hidroksiapatitin moleküler formülasyonu gösterilmiştir:¹⁰

- TCP=Ca₃(PO₄)₂

- CaP= Ca(PO₄)
- HA= Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂

CaP'in bioaktif özellikleriyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Titanyumun CaP ile kaplanmasıyla ilgili birçok teknik geliştirilmiştir. En sık kullanılan CaP kaplama teknikleri; fiziksel buhar depozisyonu, sputter depozisyonu (Vakum altında yüksek enerjili iyonların bombardımanı), elektrostatik sprey ve biomimetrik depozisyon teknikleridir.²⁵

HA hücrel proliferasyon ve osteoblastik aktivasyonu artırması açısından oldukça iyi klinik değerlere sahipken fiziksel direncin düşük olması ve periimplantitis enfeksiyon riskinin yüksek oranı gibi dezavantajlara sahiptir.³⁰

Jimbo ve ark. tarafından yapılan hayvan çalışmasında HA kaplı implantlar ile asitlenmiş ve ısı ile modifiye edilmiş implantlar karşılaştırılmıştır. Tavşan femurlarına yerleştirilen iki farklı implant türünden HA kaplı implantların doku kontaklarının daha fazla olduğu ve implant çevresi doku kalitesinin daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar ise HA ile artan nanopürüzlendirmeye ve HA'nın biyolojik özelliklerine bağlanmıştır.³⁵

4. Diğer Yöntemler

Lazer modifiye implant ile tavşan kemiği arasındaki bağlantının araştırıldığı çalışmada lazer modifiye implant ile canlı kemik arasında sıkı bir bağlantı osteointegrasyonu gözlenmiştir. Örnek kesitlerde implant kemik arasında neredeyse tüm alanın mineralize olduğu görülmüştür. Lazer modifiye implantlarda makro ve mikro pürüzlülüğün izlendiği gösterilmiştir.²⁶

Dental implant yüzeylerinin biyoaktif maddelere maruz bırakılarak dokudaki kemik cevabının hızlandırılmasını amaçlayan çalışmaların birinde gama ışın (30kGy) kullanılmıştır. Benzer implantlardan biri, yüzey işleme sonrasında gama ışınına maruz bırakılmış, diğeri ise yüzey işlemeden sonra in vitro olarak testlere tabi tutulmuştur. İkinci günde gama ışın uygulanan implant yüzeylerinde hücre yoğunluğu %50 artarken, hücre proliferasyonu %25 kadar artmıştır. Gama ışın uygulanmış yüzeyde osteoblastlarda 5. günde ALP aktivitesi %30 daha fazla gözlenmiştir. 20. günde ise kemik-implant bağlantı yüzeyinde %60 daha fazla Ca tespit edilmiştir.³⁶

Isı ile titanyum yüzeyin işlenmesi:

Termal işleme günümüzde implant yüzeyi işleme yöntemlerinde sık kullanılır hale gelmiştir.



Bunun nedeni artan ısı altında yüzey enerjisi, Ra, hidrofililik değerlerinin de artmasıdır. Araştırmada farklı ısı değerleri altında TiO₂ ile kaplanan implant yüzeyleri ve doku cevapları değerlendirilmiştir. 300 °C, 500 °C, 750°C altında yapılan TiO₂ kaplamaları sonrasında Ra değeri ısı ile artmakta iken, kontak açısı azalmıştır. Dolayısıyla hidrofilik olma özelliği artmıştır. Kaplama sırasında ısının artmasının bir diğer artışı hücresel adezyon, proliferasyon ve diferasyonun indüklemesidir.³³

İmplant yüzeyinin elektriksel yükünün kemik hücrelerinin göçünü ve osteointegrasyonu stimule ettiği düşünülmektedir. Bu nedenle birçok firma paketleme aşamasından önce, implantlarını çeşitli yollarla iyonize etmektedirler. Negatif yüklü yüzeylerde hücre proliferasyonu ve osteoblast benzeri hücrelerin ortamda çoğaldığı bulunmuştur. Bu amaçla Ca⁺ yalın yada moleküler halde (HA, CaP gibi) kullanılmaktadır.³⁷

Kemiğin elektriksel karakteri ve stimülasyonu 1950'lerde bulunmuştur. Dental implantlarda elektriksel müdahaleler ile korozyonun önlenmesi ve osteointegrasyonun hızlandırılması gibi çalışmalar yapılmaktadır.³⁸

İmplant kemik osteointegrasyonunun daha yüksek oranlarda sağlanabilmesi için biyokondüktif ve biyoaktif faktörlerle implantların kaplanması son yıllarda popüler bir konu haline gelmiştir. Bu amaçla CaP, peptitler, büyüme faktörleri ve BMP-2 gibi faktörlerle ilgili çalışmalar da mevcuttur. Biomoleküllerin (peptit ve proteinlerin) titanyum üzerine kaplanmasına ilişkin araştırmalar yapılsa da, bio-kabul edilebilirlik ve titanyum fonksiyonlarında yarattıkları sıkıntılar çalışmaları kısıtlamaktadır.²⁵

Son yıllarda birçok çalışmada implantların yüksek yüzey enerjisi ve hidrofilik/hidrofobik özellikleri incelenmiştir. Değişik tekniklerle artırılan yüzey enerjisi ve hidrofilik değerler farklı firmalarca tanıtılmış ve pazara ürün olarak sunulmuştur. Örnek olarak SLActive yüzeyli implantın hayvan çalışmasında daha güçlü kemik cevabının avantaj sağladığı bildirilmiştir. Buna rağmen hücresel aktivitenin hidrofilik yüzeye karşı hangi oranda artan proliferasyon ve diferasyon gösterdiği hala araştırılmaktadır.²⁴

Hidrofilik hale getirilmiş implantların incelendiği bir çalışmada, bu implantların ALP, osteokalsin ve MG63 hücre proliferasyonlarında artış (ALP%100, OC%40 artmış) görülmüştür. Benzer şekilde PGE₂ ve TGF dikkat çekici şekilde artmıştır. Ancak bazı

çalışmalarda 8. hafta ve sonrasında BIC (kemik-implant kontak) değerleri açısından anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir.³⁹

SONUÇ

Dental implantlar son 50 yılda çok hızlı gelişme göstermiştir. Dişsizliğin giderilmesi amacıyla kullanımı her geçen gün artmakta olan dental implantlar geleceğin diş hekimliğinde vazgeçilmez tedavi seçeneği olacaktır. Osteointegrasyonun tanıtılması ile beraber, implant ve canlı kemik dokusunun etkileşiminde implant yüzeyinin çok önemli olduğu çeşitli çalışmalar ile desteklenmiştir. Bu nedenle zaman içerisinde dental implant yüzeyleri değişim ve gelişim göstermiştir. Geleceğin dental implantlarında yüzey enerjilerin artırılması, ıslanabilirlik değerlerinin hidrofilik seviyelere çekilmesi ve yüzeylerin biyoaktif maddelerle kaplanmasının rutin hale geleceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Jokstad A, Braegger Urs, Brunski J.B, Carr A.B, Naert I, Wennerberg A. Quality of Dental Implants. Int J Prosthodont 2004;17:607-41.
2. Uzun G, Keyf F. İmplantların Yüzey Özellikleri ve Osseointegrasyon. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2007;2:43-50
3. Ellingsen J. E, Thomsen P, Lyngstadaas SP. Advances in Dental İmplant Materials and Tissue Regeneration. Periodontology 2000. 2006;41:136-56.
4. Gu'ehennec LL, Soueidan A, Layrolle P, Amouriq Y. Surface Treatments of Titanium Dental İmplants for Rapid Osseointegration. Dental Materials 2007;23:844-54.
5. Albrektsson T. Hard Tissue İmplant İnterface. Australian Dental Journal. 2008;53:(1 Suppl):34-8.
6. Joos U. Wiesmann HP, Szuwart T, Meyer U.A Mineralization At The İnterface of İmplants. Int J Oral Maxillofac Surg 2006;35:783-90.
7. Jokstad A. Oral İmplants – The Future. Australian Dental Journal. 2008;53:89-93.
8. Sykaras N, Iacopino AM, Marker VA, Triplett RG, Woody RD. Implant Materials, designs and surface topographies: their effect on Osseointegration. A literature review. Int. J. Oral Maxillofac. Implants 2000;15:675-90.



9. Uzun İH, Bayındır F. Dental Uygulamalarda Titanyum ve Özellikleri. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2010;20:213-20.
10. Rautray TR, Narayanan R, Kwon T, Kim K. Surface Modification of Titanium And Titanium Alloys by Ion Implantation. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2010;93B:581-91.
11. Bachle M, Kohal RJA. Systematic Review of The Influence of Different Titanium Surfaces on Proliferation, Differentiation and Protein Synthesis of Osteoblast-Like Mg63 Cells. Clin Oral Impl Res 2004;15:683-92.
12. Manicone PF, Iommetti P.R, Raffaelli F. An Overview of Zirconia Ceramics: Basic Properties and Clinical Applications J Dent. 2007;35:819-26.
13. Misch CE. Günümüz Diş Hekimliğinde İmplantoloji. Atlas Kitapçılık. Üçüncü Baskı. Ankara 2011. p:26-37.
14. Ozkurt Z, Kazazoglu E. Zirconia Dental Implants: A Literature Review. J Oral Implant 2011;37;3:367-76.
15. Abrahamsson I, Berglundh T. Effects of Different Implant Surfaces and Designs on Marginal Bone-Level Alterations: A Review. Clin Oral Imp Res 2009; Suppl.4: 207-15.
16. Stanford CM. Surface Modifications of Dental Implants. Aust Dent J 2008; 53: 26-33.
17. Hobkirk J.A, Wiskott H.W.A. Biomechanical Aspects of Oral Implants: Consensus Report of Working Group 1. Clin Oral Imp Res 2006;17:52-4.
18. Geçkili O. İki Farklı İmplant Yüzeyinin Kemik İçi Stabilite ve Krestal Kemik Kayıpları Üzerine Etkilerinin; İki Farklı Abutment Tipinin ve Hasta Memnuniyetlerinin Karşılaştırılması. İst. Üni. Sağ. Bil. Ens. Protetik Diş Ted. A.D. Doktora Tezi. 2007; S;6-44.
19. Mendonça G, Mendonça DBS, Aragao FJL, Cooper LF. Advancing Dental İmplant Surface Technology – from Micron- to Nanotopography. Biomaterials 2008; 29:3822-35.
20. Jones AA, Cochran DL. Consequences of Implant Design. Dent Clin N Am. 2006;50:339-60.
21. Puleo DA, Thomas MV. Implant Surfaces. Dent Clin N Am 2006;50:323-38.
22. Louropoulou A, Slot DE, Van Der Weijden FA. Titanium Surface Alterations Following The Use of Different Mechanical Instruments: A Systematic Review. Clin Oral Imp Res 2012;23:643-658.
23. Variola F, Brunski J, Orsini G, Oliveira PT, Wazen R, Nanci A. Nanoscale Surface Modifications of Medically-Relevant Metals: State-of-The Art and Perspectives. Nanoscale 2011;10:335-53.
24. Albrektsson T, Sennerby L, Wennerberg A. State of The Art of Oral Implants. Periodontology 2000 2008;47:15-26.
25. Junker R, Dimakis A, Thoneick M, Jansen JA. Effects of İmplant Surface Coatings and Composition on Bone İntegration: A Systematic Review. Clin Oral Impl Res 2009;20:185-206.
26. Palmquist A, Omar OM, Esposito M, Lausmaa J, Thomsen P. Titanium Oral İmplants: Surface Characteristics, İnterface Biology and Clinical Outcome. J. R. Soc. Interface 2010;7:515-27.
27. Lemons JE. Biomaterials, Biomechanics, Tissue Healing, and Immediate-Function Dental Implants. Journal Of Oral Implantology. 2004;30:318-24.
28. Bagno A, Di Bello C. Surface Treatments roughness properties of Ti-based biomaterials. J Mater Sci Mater Med 2004;15:935-49.
29. Wennerberg A, Albrektsson T. Effects of Titanium Surface Topography on Bone İntegration: A Systematic Review Clin Oral Impl Res 2009;20: 172-84.
30. Novaes AB, Scombatti De Souza SL, Barros RRB, Pereira KKY, Iezzi G, Piattelli A. Influence of Implant Surfaces on Osseointegration. Braz Dent J 2010;21:471-81.
31. Novaes AB, Scombatti De Souza SL, Barros RRB, Pereira KKY, Iezzi G, Piattelli A. Influence of Implant Surfaces on Osseointegration. Braz Dent J 2010; 21:471-81.
32. Kim KH, Ramaswamy N. Electrochemical Surface Modification of Titanium in Dentistry. Dent Materials J 2009;28:20-36.
33. Lee Y, Cui D, Jeon H, Chung H, Park Y, Kim O, Kim Y. Surface Characteristics of Thermally Treated Titanium Surfaces. J Periodontal Implant Sci 2012;42:81-7.
34. Monjo M, Petzold C, Ramis JM, Lyngstadaas SP, Ellingsen JE. In Vitro Osteogenic Properties of Two Dental Implant Surfaces. Int J Of Biomaterials 2012; 10.1155:181024.
35. Jimbo R, Coelho PG, Bryington M, Baldassarri M, Tovar N, Currie F, Hayashi M, Andersson M, Ono D, Vandeweghe S, Wennerberg A. Nano Hydroxyapatite-Coated Implants Improve Bone



- Nanomechanical Properties. J Dent Res 2012;91:1172-7.
36. Ueno T, Takeuchi M, Hori N, Iwasa F, Minamikawa H, Igarashi Y, Anpo M, Ogawa T. Gamma Ray Treatment Enhances Bioactivity and Osseointegration Capability of Titanium. J Biomed Mater Res 2012;100B:2279-87.
37. Guo CY, Matinlinna JP, Tin Hong Tang A. Effects of Surface Charges on Dental Implants: Past, Present, and Future. Int. J. Of Biomaterials 2012; 10: 1155/381535.
38. Gittens RA, Olivares-Navarrete R, Tannenbaum R, Boyan BD, Schwartz Z. Electrical Implications of Corrosion for Osseointegration of Titanium Implants. J Dent Res 2011;90:1389-97.
39. Schwarz F, Wieland M, Schwartz Z, Zhao G, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Schedle A, Broggini N, Bornstein MM, Buser D, Ferguson SJ, Becker J, Boyan BD, Cochran DL. Potential of Chemically Modified Hydrophilic Surface Characteristics to Support Tissue Integration of Titanium Dental Implants. Inc. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 2009;88B:544-57.

Yazışma Adresi

Mustafa DAĞ
Gülhane Askeri Tıp Akademisi,
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD.
06010 Etilik-Ankara
Tel: 03123606046
e-mail: mdag05@yahoo.com

