



TİTANYUM DENTAL İMPLANTLARDA KOROZYON

CORROSION IN TITANIUM DENTAL IMPLANTS

Yrd. Doc. Dr. H. Oğuz KAZANCIOĞLU* Dr. Süleyman KILIÇ**
Prof. Dr. Gülsüm AK**

Makale Kodu/Article code: 1143

Makale Gönderilme tarihi: 11.04.2013

Kabul Tarihi: 22.08.2013

ÖZET

Titanyum (Ti), biyouyumlu ve inert bir materyaldir. Bu nedenle biomedikal uygulamaların yapıldığı diş hekimliği ve ortopedi gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak son zamanlarda titanyumun biyouyumluluğu hakkında olumsuz düşünceler ileri sürülmektedir. Ti ve alaşımlarının korozyona uğraması ve oluşan korozyon ürünlerinin kandaki ve dokulardaki seviyesi günümüzde bilim adamlarınca tartışılmaktadır. Günümüzde metalurjik ve teknikolojik gelişmelere, ve cerrahi ve dental materyal tasarımlarındaki ilerlemelere rağmen, dental implantlarda başarısızlıklar görülebilmektedir. Bu durumun nedenlerinden birisi de korozyon olabilir. İmplantların biyolojik olarak vücut tarafından kabul edilebilmesi ve yapısal bütünlüğünün korunması tam olarak anlaşılabilirdiğinde, implant kaybı çok nadir görülen bir olay haline gelebilir. Bu makalede titanyum dental implant ve alaşımlarını inceleyen araştırmaların sunulması ve titanyum dental implantlar etrafında oluşan galvanik korozyonun değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dental, İmplant, Titanyum, Sitokin, Korozyon

ABSTRACT

Titanium has long been regarded as an inert and biocompatible metal, ideal for biomedical applications such as dental implants or joint replacements. However, concerns about the biocompatibility of Ti have lately arisen. In spite of recent innovative metallurgical and technological advances and remarkable progress in the design and development of surgical and dental materials, failures do occur. One of the reasons for these failures can be corrosion of dental implants. When the mechanisms that ensure implant bioacceptance and structural stabilization are fully understood, implant failures will become a rare occurrence, provided that they are used properly and placed in sites for which they are indicated. The article is presented keeping in view of carrying out different studies for titanium dental implant and alloys and aims to evaluate galvanic corrosion around developed titanium dental implants.

Key words: Dental, Implant, Titanium, Cytokine, Corrosion

Korozyon, metallerin ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonu sonucu materyal özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Korozyon yüzeyde pürüzlümelere, restorasyonlarda zayıflamalara ve yüzeyde ayrışmalara neden olduğu için, dental materyallerin korozyona karşı dirençli olmaları kritik bir öneme sahiptir. Yüzeyden ayrılmalar yumuşak doku-

larda renklemelerin oluşmasına ve allerjik reaksiyonlara neden olabilir.

Kimyasal ve elektrokimyasal olmak üzere iki çeşit korozyon reaksiyonu vardır.¹ Kimyasal korozyon metalin içinde bulunduğu ortamdaki diğer bir elementle doğrudan elektron alışverişinin söz konusu olduğu bir reaksiyondur. Elektrokimyasal korozyonda,

*Bezmialem Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi ABD

**İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi ABD



konum olarak çoğunlukla farklı yerlerde oluşan iki kısmi reaksiyon vardır. Her iki kısmi reaksiyonda da elektrik yüklerinin karşılıklı değişimi zorunludur. Genel olarak bütün metallerde ve özellikle paslanmaz çeliklerde elektrokimyasal korozyon hasarlarına daha çok rastlanılır.²

Metal protezlerin biyouyumluluğu, vücut içerisinde korozyona uğramalarıyla ilgilidir. İnsan vücudu su, çözülmüş oksijen, protein, klorür ve hidrosit gibi çeşitli iyonlar içerir. Bu nedenle, biyomateryal olarak kullanılan metaller için oldukça koroziv bir ortamdır.³ Materyal korozyon sonucunda zayıflar, daha da önemlisi korozyon ürünleri doku içerisine girerek hücrelere zarar verebilir. Korozyon ağız ortamındaki materyalin yüzey özelliğini değiştirerek materyalden kopmalara ve böylelikle materyalin zayıflamasına, metal ve metal alaşımlarının bünyesinde barındırdığı elementlerin ayrışmasına ve toksik reaksiyonlara neden olur. Metal ve alaşımlarından ayrılan elementler, komşu yüzeylerde renklemelere, ağızda ödeme, stomatitis, gingivitis ve ekstraoral bulgular gibi alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Bu yüzden in-vivo kullanılacak metal protezlerin, serum, tükürük veya farklı sentetik tampon çözeltiler içinde test edilmeleri gereklidir.⁴⁻⁶

Bu derlemede titanyum dental implant ve alaşımlarını inceleyen araştırmaların sunulması ve titanyum dental implantların neden olduğu korozyon ürünlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Makale, titanyum ve titanyum alaşımlarının genel karakterizasyonunu, korozyon özelliklerini ve korozyonun neden olabileceği olumsuzlukların değerlendirildiği *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların incelenmesini kapsamaktadır.

Diş Hekimliğinde Korozyonun Önemi

Ağız ortamı korozyonun oluşabileceği çok uygun bir ortamdır. Ağız içinde sıcaklığın sürekli değişken olması, devamlı nemli ortam, gıdaların neden olduğu pH değişiklikleri, oksijenlenme miktarı gibi olaylar korozyona katkıda bulunan faktörlerdir. Ağızda metal alaşımlarından iyon salınımının, alınan gıdalar, sıvı, gelen kuvvetler ve diş fırçası etkisiyle devamlı olduğu düşünülmektedir.⁷

Diş hekimliğinde ağız içi restorasyonların yapımında çok çeşitli metaller ve metal alaşımları kullanılmaktadır. İnsan tükürüğü inorganik ve organik kaynaklı, karmaşık ve değişken bir karışımdan

oluşmaktadır. Bu durum nedeniyle, Cl⁻ gibi agresif anyonlar, ortamdaki oksijen, pH'daki değişkenlikler ve sıcaklık değişimleri korozyon için uygun bir ortam hazırlar.⁸ Metalik restorasyonların ağız ortamındaki bu korozyon reaksiyonuna karşı yeterli korozyon direncinin olması, kullanımlarında önemli bir tercih nedenidir. Yeterli korozyon direnci olmaması durumunda, kabul edilemeyecek renklemeler, yüzey pürüzlenmesi ve maddenin özelliklerinin olumsuz etkilenmesi gibi olaylar ortaya çıkar. Bunun dışında, korozyon ürünleri biyolojik sistemi olumsuz etkileyebilir.^{9,10} Korozyon, aynı zamanda glikoprotein gibi organik komponentlerden de etkilenir.¹¹ İnhibisyon, bu tükürük komponentlerinin metal yüzeye absorpsiyonu ile meydana gelir. Diş hekimliğinde kullanılan alaşımların korozyonunu, biyolojik, fonksiyonel ve estetik etkilere neden olur. Korozyon direnci, bir materyalin biyouyumluluğunda anahtar rol oynar.

Korozyon Türleri

Korozyonun çeşitli türleri vardır: Öncelikle korozyon bölgesel ve homojen olarak ele alınır. Tablo 1'de korozyon türleri şematik olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Korozyon türleri



Galvanik korozyon: Elektrokimyasal olarak birbirine benzemeyen metaller sulu bir koroziv ortamda iken, elektriksel temas haline geçerlerse, daha az soylu olan metal hızlanmış olarak saldırıya uğrar ve bunun sonucunda da korozyon oluşur.¹²

Tanelerarası korozyon: Tanelere göre tane sınırları daha aktif yapıya sahiptir. Bu durum iki farklı ortam oluşturur. Bir paslanmaz çelik belirli bir sıcaklıkta ısıtılıp soğutulduğunda, Krom ve Karbon ile reaksiyon meydana getirir. Krom-karbür'ler tane

sınırlarına çöker, dolayısıyla tane sınırlı kromca fakirleşir ve bu bölgeler kromca zengin tane içleri ile bir galvanik çift oluşturarak çözünürler. Karbür oluşumunu engellemek için krom'un karbon yerine başka bir elementle bileşik yapması sağlanır. Başka bir seçenek karbon miktarını azaltmak veya sistemi karbürlerin çözüneceği sıcaklığa ısıttıktan sonra yeniden karbür oluşmasına meydan vermeden ani soğutma yapmaktır.¹³

Aralık korozyonu: Genellikle sızıntı nedeniyle dar aralıklarda oluşan, hızlanmış bir korozyon türüdür. O₂'nin az olduğu yer anot, çok olduğu yer katot olarak davranarak, korozyon gerçekleşir.¹⁴

Oyuklanma korozyonu: Demir, nikel veya krom gibi ince bir oksit film tabakası ile korunan metallere, özellikle ortamda klorür varlığında film tabakasının yerel olarak bozulduğu ve altındaki metalde çukurcuklar şeklinde hızlı bir çözünmenin olduğu korozyon türüdür. Oyuk içindeki en derin yerdeki metal atomlarının iyonize olarak çözeltiye geçmesi ile oyukun daha da derinleşmesi söz konusudur. Bu tür korozyon oldukça hızlı gerçekleşebilir ve harabiyet düzgün bir yüzeyde beklenenden çok daha erken meydana gelebilir. Bu nedenler dolayısıyla, diş hekimliğinde kullanılan tüm metaller çok iyi cilalanmalıdır.¹⁵

Gerilim korozyon çatlaması: Mekanik gerilimlerin (stress) ve koroziv ortamın birlikte neden olduğu ve genellikle çatlaklar şeklinde gerçekleşen bir çözünmedir. Bunun gerçekleşmesi için ortamda agresif bir iyon bulunmalıdır. Korozyon sonucu mekanik tahribat ortaya çıkmış olur.¹⁶

Titanyum korozyonu

Titanyum alaşımları ilk olarak 1950'lerin başlarında havacılık uygulamaları için geliştirilmişlerdir. Yüksek kuvvet-yoğunluk oranı değerleri bu malzemeyi çok cazip kılmıştır. Aynı zamanda titanyumun koroziv ortamlardaki mükemmel dayanıklılığı, bu materyalin başka alanlarda da yaygın olarak kullanımına olanak sağlamıştır. Titanyumun düşük maliyetlerde kolay bulunabilir olması materyali bazı uygulamalarda vazgeçilmez hale getirmiştir. Titanyum metali son derece reaktif ve oksijene yüksek bir afinitesi vardır. Bu nedenle, taze metal yüzeyi hava veya nem ile temasa geçtiği anda çok hızlı bir şekilde yüzeyde oksit film tabakası oluşur. Hasar görmüş bir oksit tabakası ortamda eser miktarda su veya oksijen varsa, çok kısa sürede yenilenir. Genellikle sıvı ortamda oluşan oksit

tipik olarak TiO₂'dir. Doğal olarak oluşan oksit tabakası 10 nm. kalınlıkta olur ve göz ile görülemez, ancak kimyasal olarak çok dirençlidir. Bu ince yüzey oksiti aynı zamanda hidrojene karşı da etkili bir bariyerdir. Bir katot olarak titanyum, sulu bir elektrolitte iyonların elektrokimyasal redüksiyonuna izin verir, diğer taraftan, çoğu sulu ortamda pasif oksit film nedeniyle anodik akıma karşı yüksek bir direnç oluşur.¹²

Titanyum, diş hekimliğinde en yaygın olarak, osseointegre implantlar olarak diş eksikliklerinin tedavisinde kullanılan bir elementtir. Büyük bir kısmı tükürük ile temasta değildir. Brune ve ark.⁷ korozyon sonucu salınan titanyumun gıda ile alınan titanyum değerlerinin çok altında kaldığını bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda, titanyumun olağanüstü biyouyumluluk özelliğinin yanında korozyona diğer metallere göre daha fazla dirençli olduğu ve allerjik reaksiyonlara neden olmadığı bildirilmiştir.^{17,18} Bunların dışında çekme dayanıklılığı, sertlik, elastisite modülü ve ısı geçirgenliği açısından çok iyi fiziksel özelliklere de sahip olduğu tespit edilmiştir.^{19,20} Hareketli protez yapımında titanyum materyalinin kullanımı son on yıl içinde artış göstermiştir.^{21,22} Titanyum materyali, total protezlerin damak plaklarında kullanılmakta olup, iskelet protezlerede, ısı geçirgenlik özelliği, hafifliği ve inceliği büyük avantajlar sağlamıştır. Canay ve ark.²³, CoCr alaşımlarının çok iyi mekanik özelliklere sahip olmasına rağmen titanyumun yukarıda bahsedilen özelliklerini yansıtmadıklarını bildirmişlerdir.

Titanyum mükemmel korozyon direnci nedeniyle çoğunlukla biyomedikal alaşımlarla ilgili korozyon çalışmalarında kullanılmaktadır.²⁴ Titanyumun korozyon direncinin düştüğü durumlar da vardır. Örneğin düşük tükürük pH'ı ve florürlerin kullanımının korozyonu arttırdığı bulunmuştur.²⁵ Buna rağmen, titanyum ve titanyum alaşımları medikal ve dental uygulamalardaki implant malzemesi olarak birinci seçenek olarak yerini korumaktadır. Kuphasuk ve ark.²⁶ yaptıkları çalışmada, titanyumun korozyonu sırasında tespit edilebilen bir iyon çözünmesi görülmediğini bildirmişlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi, titanyum yüzeydeki pasif oksit film tabakası sayesinde korozyona dirençlidir. Yapılan çalışmalarda bir implant metali okside ise ve oksit fizyolojik şartlarda yıkılmazsa, metalin pasif durumda olduğundan bahsedilmektedir.²⁷ Titanyum üzerinde doğal olarak kimyasal veya elektrokimyasal olarak oluşan pasif film



genellikle TiO_2 ' ten oluşur. Chern ve ark.²⁸ oksit tabakasının korozyon direncini arttırdığını onaylayan bir çalışma yapmışlardır.

Titanyum alaşımları yüksek biyouyumluluğa sahip olsa da, implantasyondan sonra, yapısında

bulunan vanadium ve alüminyum elementleri ayrılarak doku içine salınır.²⁹ Yapıdan ayrılan bu elementler, zayıf osteointegrasyona neden olur. Vanadium iyonları sitotoksik iken, alüminyum iyonları ise nörolojik hastalıklara neden olur.³⁰ Bu zararlı iyonların implant materyalinden ayrılmasını önlemek için, titanyum alaşımlarının üzeri seramik ve polimer materyallerle kaplanmış fakat bu materyallerinde metal yüzeyine olan bağlantılarının güçlü olmamasından dolayı başarısız sonuçlar elde edilmiştir.³¹ $Ti6Al4V$ alaşımının elastik limiti ($\sim 110GPa$), implant materyalleri olarak kullanılan diğer metal alaşımlarından daha düşük olsa da kemiğin elastik limitinden ($\sim 30GPa$) hala daha yüksektir ki buda kemikte rezorbsiyona neden olur.³² Zararlı iyonların salınımını engellemek ve materyalin elastik limitini düşürmek için daha gelişmiş titanyum alaşımları geliştirilmiştir. Fakat bu alaşımlarda günümüzde çok pahalıdır.

Schliephake ve ark.³³ çalışmalarında implant yüzeyinden aşınan titanyum parçalarını implantın yanındaki kemik yüzeyinde tespit etmişlerdir. Yapılan bu hayvan deneyinde, beş yıl sonra yapılan kontrollerde bu titanyum parçacıklarının konsantre halde ilk olarak akciğerlere ikincil olarak karaciğer ve böbreklere göç ettiği tespit edilmiştir. Matthew ve Frame³⁴ hayvan modellerinde tespit edilen aşınmış metal parçacıklarına olan doku cevabının parçacıkların lokalizasyonuna bağlı olarak çeşitlilik gösterdiğini, bazı parçacıkların fibröz doku ile çevrelendiğini ya da kemik içinde hapsedildiğini bazılarında intrasellüler olarak kaldığını bildirmişlerdir. Chaturvedi,¹² titanyum ve titanyum alaşımlarının TiO_2 tabakasının stabilitesinden dolayı kabul edilebilir şekilde korozyona direnç gösterse de koroziv ataklardan etkilendiğini bildirmiştir. Dayanıklı oksit tabakası bozulduğu zaman yada yüzeyin bir kısmından uzaklaştığı zaman, diğer ana metaller kadar titanyumunda korozyona uğradığını, titanyumun, üzerine gelen kuvvetler karşısında aşınıp, kopabileceğini ve üzerinde oluşan oksit tabakasının bozulabileceğini de belirtmiştir.

Kedici ve ark.'nın²⁹ çalışmasında da titanyumun tüm ortamlarda korozyona oldukça dirençli olduğu saptanmıştır. Khan ve ark.³⁰ titanyumun serum

fizyolojik, 10%'luk fetal dana serumu ve dana albümini çözeltileri içindeki korozyon davranışlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucu olarak, protein çözeltilerinin korozyonu azaltıcı etkisi bulunduğunu bildirmişlerdir. Titanyum ve alaşımları; sıcak ortamda ($>70^\circ C$), klorür, bromür, iyodür, florür veya sülfat içeren çözeltiler içinde, dar aralıklar bulunduğu zaman, bölgesel koroziv saldırıya maruz kalabilirler. Bu durumda oluşan titanyum klorür dengesizdir ve hidrolize olarak, korozyon ürünleri olarak hidroklorik asit (HCl) ve titanyum oksit/hidroksit oluşturmaya meyillidir. Bu aralıklardaki kısıtlı miktarlardaki çözelti nedeniyle, bir veya daha düşük pH değerleri ortaya çıkabilmektedir. Bu koşullar, alaşım direnci ve sıcaklığa bağlı olarak, çok hızlı ve aktif bölgesel bir korozyon oluşması için uygun bir ortam hazırlar. Oksijen, klor, demir iyonları (Fe^{3+}) ve bakır iyonları (Cu^{2+}) gibi çözülmüş ve oksidasyona yol açan türler açığıdaki titanyum yüzeylerinde genel korozyonu etkili bir şekilde inhibe etme eğiliminde olmalarına rağmen, aralık korozyonunu hızlandırır.³⁵

İmplant uygulamaları için kullanılan malzemelerin iyi mekanik dayanıma, yüksek kimyasal kararlılığa, mükemmel korozyon dayanımına ve biyouyumluluğa sahip olması gerekmektedir. Titanyum alaşımlarının biyomateryal olarak kullanımı, düşük elastiklik modülü, yüksek biyouyumluluğu, yüksek direnç ve düşük koroziv özellikleri nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde metalurjik ve teknikolojik gelişmelere, cerrahi ve dental materyal tasarımlarındaki ilerlemelere rağmen, dental implantlarda başarısızlıklar görülebilmektedir. Bu durumun nedenlerinden birisi de dental implantların maruz kaldığı korozyon olabilir. Korozyonun, dental implantlar üzerindeki etkilerinin tam olarak anlaşılabilmesi için uzun dönemli klinik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. McGarry S, Morgan SJ, Grosskreuz RM, Williams AE, Smith WR. Serum titanium levels in individuals undergoing intramedullary femoral nailing with titanium implant. J Trauma 2008;64:430-3.
2. Adya N, Alam M, Ravindranath T, Mubeen A, Saluja B. Corrosion in titanium dental implants: literature review. J Indian Prosth Soc 2005;5:1126-231.



3. Taş AC. Synthesis of Biomimetic Ca-Hydroxyapatite Powders at 37°C in Synthetic Body Fluids. *Biomaterials* 2000;21:1429-38.
4. Frisken KW, Dandie GW, Lugowski S, Jordan G. A study of titanium release into body organs following the insertion of single threaded screw implants into the mandibles of sheep. *Aust Dent J* 2002;47:214-7.
5. Browne M, Gregson PJ. Surface Modification of Titanium Alloy Implants. *Biomaterials* 1993;15:894-8.
6. Van Noort R. Titanium: The Implant Mater of Today. *J Material Science* 1987;22: 3801-11.
7. Brune D, Evje DM, Melsom S. Corrosion of gold alloys and titanium in artificial saliva. *Scand J Dent Research* 1982;90:168-71.
8. Meyer U, Bühner M, Büchter A, Kruse-Löster B, Stamm T, Wiesmann HP. Fast element mapping of titanium wear around implants of different surface structures. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:206-11.
9. Bergman M, Bergman B, Söremark R. Tissue accumulation of nickel released due to electrochemical corrosion of non-precious dental casting alloys. *J Oral Rehabil* 1980;7:325-30.
10. Wright DC, Gallant RF, Spangberg L. Correlation of corrosion behavior and cytotoxicity in Au-Cu-Ag ternary alloys. *J Biomed Material Research* 1982;16:509-17.
11. Clark GCF, Williams DF. The effects of proteins on metallic corrosion. *J Biomed Material Research* 1982;16:125-34.
12. Chaturvedi TP. An overview of the corrosion aspect of dental implants. *Indian J Dent Res.* 2009;20:91-8.
13. Jacobs JJ, Gilbert JL, Urbani RM. Corrosion of metal orthopaedic implants. *J Bone Joint Surg Am* 1988;80:268-82.
14. Rae T. The biological response to titanium and titanium-aluminum-vanadium alloy particles. *Biomaterials* 1986;7:30-6.
15. Sedarat C, Harmand MF, Naji A, Nowzari H. In vitro kinetic evaluation of titanium alloy biodegradation. *J Periodontal Res* 2001;36:269-74.
16. Sarmiento-González A, Marchante-Gayón JM, Tejerina-Lobo JM, Paz-Jiménez J, Sanz-Medel A. ICP-MS multielemental determination of metals potentially released from dental implants and articular prostheses in human biological fluids. *Anal Bioanal Chem* 2005;382:1001-9.
17. Berg E, Wagner WC, Davik G, Doota ER. Mechanical properties of laser welded cast and wrought titanium. *J Prost Dent* 1995;74:250-7.
18. Chern Lin JH, Ju CP. Biocorrosion study of titanium-nickel alloys. *J Oral Rehabil* 1996;23:129-34.
19. Könönen M, Rintanen J, Waltimo A, Kempainen P. Titanium framework removable partial denture used for patients allergic to other metals: a clinical report and literature review. *J Prost Dent* 1995;73:4-7.
20. Lautenschlager EP, Monaghan B. Titanium and titanium alloys as dental materials. *Int Dent J* 1993;43:245-53.
21. Reclaru L, Meyer JM. Study of corrosion between a titanium implant and dental alloys. *J Dent* 1994;22:159-68.
22. Vallittu PK, Kokkonen M. Deflection fatigue of cobalt-chromium, titanium and gold alloy cast denture clasp. *J Prost Dent* 1995;74:412-9.
23. Canay Ş, Hersek N, Çulha A, Bilgiç S. Evaluation of titanium in oral conditions and its electrochemical corrosion behaviour. *J Oral Rehab* 1998;25:759-64.
24. Cai Z, Nakajima H, Woldu M, Berglund A, Bergman M, Okabe T. In vitro corrosion resistance of titanium made using different fabrication methods. *Biomaterials* 1999;20:183-90.
25. Nakagawa M, Matsuya S, Shiraishi T, Ohta M. Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behaviour of titanium for dental use. *J Dent Research* 1999;78: 1568-72.
26. Kuphasuk C, Oshida Y, Andres CJ, Hovijitra ST, Barco MT, Brown DT. Electrochemical corrosion of titanium and titanium-based alloys. *J Prost Dent* 2001;85:195-202.
27. Horasawa N, Takahashi S, Marek M. Galvanic interaction between titanium and gallium alloy or dental amalgam. *Dent Material* 1999;15:318-22.
28. Chern Lin JH, Ju CP. Biocorrosion study of titanium-nickel alloys. *J Oral Rehab* 1996;23:129-34.
29. Kedici SP, Abbas Aksüt A, Kılıçarslan MA, Bayramoğlu G. Corrosion behaviour of dental metals and alloys in different media. *J Oral Rehab* 1998; 25:800-8.



30. Khan MA, Williams RL, Williams DF. The corrosion behaviour of Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, and Ti-13Nb-13Zr in protein solutions. *Biomaterial* 1999;20:631-7.
31. Yoruc ABH, Gulay O, Sener BC. Examination of the properties of Ti-Al-4V based plates after oral and maxillofacial application. *J Optoelec Advan Materials* 2007;9:2627.
32. Silva HM, Schneider SG, Neto CM. Study of nontoxic aluminum and vanadium-free titanium alloys for biomedical applications. *Mater Scie Engin* 2004;24:679.
33. Schiephake H, Neukam FW, Schmelzeisen R, Wichmann M. Long-term results of endosteal implant used for restoration of oral function after oncologic surgery. *Int J Oral Maxillafac Surg* 1999;28:260-5.
34. Matthew IR, Frame JW. Ultrastructural analysis of metal particles released from stainless steel and titanium miniplate components in an animal model. *J Oral Maxillofac Imp* 1998;2:197-202.
35. Messer RL, Tackas G, Mickalonis J, Brown Y, Lewis JB, Wataha JC. Corrosion of machined titanium dental implants under inflammatory conditions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;88:474-81.

Yazışma Adresi

Yard.Doc.Dr.H. Oğuz KAZANCIOĞLU
Bezmialem Üniversitesi
Dişhekimliği Fakültesi
Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi ABD
34093 / Fatih/ İstanbul
Tel: 0 (212) 453 17 00
Fax: 0 (212) 621 75 80
E-mail: dt_oguz@yahoo.com

