

## **HİDROFİLİK KUMLANMIŞ-ASİTLENMİŞ YÜZEYLİ İMLANTLARIN HİSTOLOJİK VE HİSTOMORFOMETRİK İNCELEMESİ: KOYUN TİBİASINDA DENEYSSEL ÇALIŞMA**

### **HISTOLOGIC AND HISTOMORPHOMETRIC EVALUATION OF A HYDROPHILIC BLASTED AND ACID-ETCHED IMPLANT: AN EXPERIMENTAL STUDY IN SHEEP TIBIA**

*Jawad ABDEL-HAQ<sup>1</sup>, Z. Cüneyt KARABUDA<sup>2</sup>, Volkan ARISAN<sup>2</sup>,  
Zihni MUTLU<sup>3</sup>, Mehmet KÜRKCÜ<sup>4</sup>*

#### **ÖZET**

Bu çalışmanın amacı, standart kumlanmış-asitlenmiş implantlarla (SLA), modifiye yüzeye sahip implantların (modSLA) iyileşme dönemindeki osteointegrasyon özelliklerinin hayvanlar üzerinde deneysel olarak karşılaştırılmasıdır. Üç koyunun tibialarının metafasiyal bölgesine 30 implant yerleştirilmiş, rezonans frekans analizi (RFA) ve geri çevirme tork testi yapılmıştır. 3 ve 6. haftalarda RFA ölçümleri tekrar edilmiş ve aynı haftalarda non-dekalsifiye kesitler üzerinde histomorfometrik analizler yapılmıştır. İyileşmenin 6.haftasında implantlara geri çevirme tork testi uygulanmıştır. Sonuçlar varyans analizi (ANOVA) ve Pearson korelasyon testi kullanarak analiz edilmiştir. Tüm implantlar yüksek primer stabiliteye ulaşmıştır; yerleşim torku (ITV) değerleri ortalama  $36.13 \pm 2.47$  ve  $35.47 \pm 2.85$  N/cm olarak belirlenmiştir. SLA ve modSLA implantların RFA değerleri sırasıyla  $72.27 \pm 3.17$  ve  $71.60 \pm 2.87$  olarak bulunmuştur. İyileşmenin 3. haftasında, ortalama kemik implant kontakt yüzdesi ( $\%80.64 \pm 13.89$ ) ve RFA ( $76.80 \pm 1.14$ ) değeri modSLA implantlarda SLA implantlardan daha yüksek bulunmuştur. Ancak iyileşmenin 6.haftasından geri çevirme tork testi değerleri açısından SLA ( $115.2 \pm 4.14$ ) ve modSLA ( $117.0 \pm 4.47$  N/cm) implantlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p=0.55$ ). İncelenen parametreler arasında istatistiksel anlamlı korelasyon bulunamamıştır. Bu pilot çalışmanın verileri ışığında, modSLA implantların SLA implantlara göre erken iyileşme döneminde daha yüksek kemik temasına ve stabiliteye sahip olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Diş implantı, deneysel çalışma, koyun, histoloji, rezonans frekans analizi, geri çevirme tork testi.

#### **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the early term osseointegration period of a modified sand-blasted and acid-etched (modSLA) implant in an experimental animal model. A total of 30 implants were placed to the tibiae of 3 sheep and insertion torque value (ITV) and resonance frequency analysis (RFA) measurements were performed. RFA measurement was repeated on 3 and 6 weeks healed implants which the animals were also sacrificed for histomorphometric analysis. Bone-to-implant contact was assessed on non-decalcified sections. Six weeks healed implants were also subjected to reverse torque test

<sup>1</sup> Şam Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi Bölümü, Şam, Suriye.

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Oral İmplantoloji ana Bilim Dalı, Çapa, İstanbul, Türkiye.

<sup>3</sup> İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Ana Bilim Dalı, Avcılar, İstanbul, Türkiye.

<sup>4</sup> Çukurova Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi Ana Bilim Dalı, Adana, Türkiye.

(RTT). Results were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and Pearson correlation tests. All implants reached to strong primary stability with a mean  $35.47 \pm 2.85$  N/cm ITV and  $71.60 \pm 2.87$  RFA values for modSLA implants. After 3 weeks of healing, mean BIC% ( $80.64 \pm 13.89\%$ ) and RFA value ( $76.80 \pm 1.14$ ) of modSLA implants were higher than of standard implants ( $64.39 \pm 21.2$  BIC% and  $74.20 \pm 4.76$  RFA) and the differences were statistically significant. The differences were no more significant after 6 weeks of healing as confirmed by the RTT test ( $115.2 \pm 4.14$  and  $117.0 \pm 4.47$  N/cm for standard and modSLA implants respectively,  $p=0.55$ ). No correlations were found between any of the investigated parameters. Within the limits of this pilot study it can be concluded that modSLA implants achieves higher bone contact and stability at earlier time points compared to standard implants.

**Key Words:** Dental implants, experimental study, sheep, resonance frequency analysis, reverse torque test.

## GİRİŞ

Titanyum yüzey topografisi geçmiş yıllarda kapsamlı olarak araştırılmıştır. Bu çalışmaların temel amacı, işlenmiş veya titanyum-plazma ile spreylanmış implantların kemik apozisyonunu artırıp artırmayacağını oral implantolojide kullanılan implantlarla kıyaslamaktır (1-3). Mikro pürüzlü titanyum yüzeyli implantları üretmek için birçok teknik kullanılmıştır. Titanyum yüzey yapısını geliştirmek için kumlama, asitleme ve iki tekniğin kombinasyonu gibi çeşitli teknikler kullanılmıştır (4). Bu yeni yüzey çeşitleri arasında kumlanmış ve asitlenmiş yüzeye sahip implantlar (SLA), yapılan histomorfometrik çalışmalarda en yüksek kemik implant kontaktına ve yapılan biyomekanik testlerde en yüksek geri çevirme tork değerlerine ulaşmıştır (5-7). Bu deneysel çalışmalara dayanarak SLA yüzey implantlar 6 haftalık iyileşme döneminin ardından yüklenmeye başlanmıştır. 3 yıllık klinik takip sonucunda olumlu sonuçlar alınmış ve başarı oranı %99 olarak belirtilmiştir (8, 9). Osseointegrasyonu arttırmak için standart SLA yüzey modifiye edilmiş, yüzeyin doyunlaştırılması ve ıslanabilirlik (modSLA) elde edilmiştir. Yüzey kimyası implant yüzeyinin hidrofilik yapısını etkilemektedir. Yüksek hidrofilik yüzeyler hidrofobik yüzeylere göre biyolojik sıvı, doku ve hücrelerle daha yakın ilişkiindedir (10). Bu çalışmanın amacı SLA yüzey implantlarla modSLA yüzey implantları iyileşme dönemlerindeki osseointegrasyon özellikleri açısından karşılaştırmaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Hayvan Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır. Hayvanlar İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Bölümü'nde barındırılmış ve ameliyat edilmiştir. Çalışmada 3-4 yaşlarında, ortalama 45.5 kg ağırlığındaki 3 koyun kullanılmıştır. Hayvanlar bir hafta monitörize edilmiş ve standart diyetle

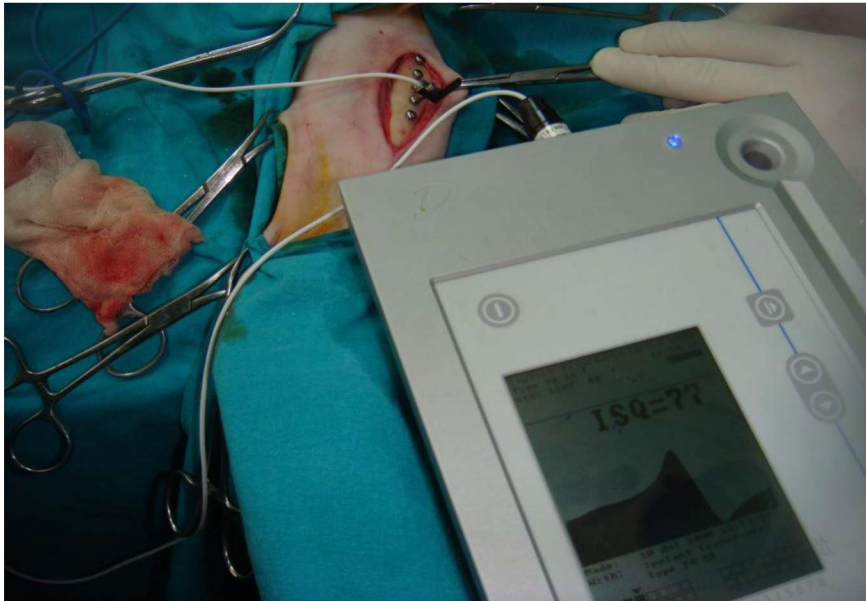
beslenmişlerdir. Hayvanlara ameliyata kadar 24 saat herhangi bir besin verilmemiştir. Tüm cerrahi girişimler steril koşullarda genel anestezi altında yapılmıştır. Öncelikle, operasyon bölgesi traşlanmış, yıkanmış ve batikon ile silinmiştir. Post-operatif enfeksiyon riskini azaltmak için operasyon öncesi antibiyotik (İsefeks 1g, Sefriakson Na, i.m. Ulugay İlaç, Türkiye) verilmiş, aynı antibiyotik 1.5 gr dozda 5 gün süreyle operasyon sonrası da verilmiştir. Xylazine (Rompun, 0.2-0.5ml/kg i.m., Bayer, İstanbul, Türkiye) ve diklofenak potasyum (Diklorannon-steroid anti-enflamatuvar i.m., 1mg/kg, Bilim İlaç, İstanbul, Türkiye) premedikasyon olarak verilmiştir. Genel anestezi, intravenöz pentobarbital ve endotrakeal tüp aracılığıyla isoflurane %3.5 (Forane, Abbott Laboratories, Fransa) ile sağlanmıştır. Tibiyanın proksimal bölgesine insizyon yapılmış, deri ve periost eleve edilmiştir. Straumann implant sistemine (Waldenburg, İsviçre) uygun olarak osteotomiler yapılmıştır. İmplant yuvaları arasında periodontal sonda kullanarak 10mm mesafe bırakılmıştır. 15 adet SLA yüzey (Straumann, SLA surface, Waldenburg, İsviçre) ve 15 adet modSLA (Straumann, SLActive surface, Waldenburg, İsviçre) olmak üzere 4.1mm çapında 10mm uzunluğunda toplam 30 implant 3 koyunun sağ ve sol tibialarına Straumann implant sisteminin protokolüne uygun olarak yerleştirilmiştir. SLA yüzeyler asitlemenin ardından kumlama yapılarak oluşturulur. Bu aşamalara ek olarak modSLA yüzey implantlar nitrogen koruması altında durulanmış ve izotonik NaCl solüsyonu içerisine konulmuştur. Her bir koyuna 5 adet SLA yüzey implant sol tibiaya, 5 adet modSLA yüzey sağ tibiaya olmak üzere toplam 10 implant uygulanmıştır. İmplantlar cilalı- pürüzlü yüzey sınırına kadar, hazırlanan implant yuvalarına yerleştirilmiştir (Şekil 1). Kemik kalitesi Lekholm ve Zarb'ın 1985'te yaptıkları sınıflamaya göre kaydedilmiştir (11). İmplantların yerleştirme tork değerleri implant sisteminin tork belirleyici raşeti kullanılarak kaydedilmiştir. Daha sonra rezonans

frekans analizi (Ostell, Integration Diagnostics AB, Savedalen, İsveç) kullanarak implant stabiliteyi ölçülmüştür. L şeklindeki algılayıcılar (transducer) tibianın uzun aksına dik olarak tutulmuştur. RFA ölçümleri üç kere yapılmış ve ortalamaları alınarak son değer olarak kaydedilmiştir (Şekil 2). Kapama vidaları takılarak operasyon bölgeleri suture edilmiştir. Dikişler operasyondan 1 hafta sonra alınmıştır. İyileşme dönemi boyunca hayvanlar

standart bir diyetle beslenmiştir. Hayvanların sakrifiye edilmesinden önce genel anestezi uygulanmış, hayvanlar entübe edilmiştir ve operasyon bölgelerinden röntgen alınmıştır. Tam kalınlıklı flap kaldırılarak implantlar açığa çıkarılmış ve RFA değerleri tekrar ölçülmüştür. Operasyondan 3 hafta sonra ilk deney hayvanı sakrifiye edilmiştir, diğer iki hayvan 6 haftalık iyileşme dönemine kadar korunmuştur.



**Şekil 1:** Test (kutusu içinde gösterilen: SLActive, Straumann, Waldenburg, İsviçre) ve kontrol implantları (SLA, Straumann, Waldenburg, İsviçre) daha önceden belirlenen rastgele sıralamada yerleştirilmiştir.

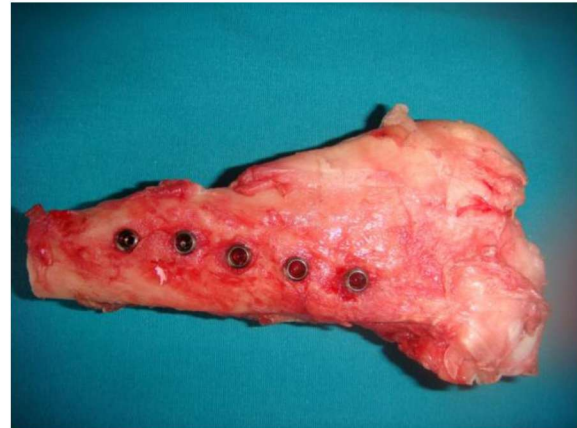


**Şekil 2:** İmplantların sabitliğinin objektif olarak değerlendirilebilmesi için rezonans frekans analizi (Ostell, Integration Diagnostics, İsveç) yönteminden faydalanılmıştır.

**Histolojik ve histomorfometrik analiz:** Histomorfometrik ve histolojik kesit alma işlemleri Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi Bölümü'nde yapılmıştır. İyileşmeyi ölçmek, 3. ve 6. haftalardaki kemik implant kontaktını belirlemek için, 2 koyunun sağ ve sol tibiası çıkarılıp üzerindeki yumuşak dokulardan temizlenmiştir. Alınan her örnek sakrifiye edildikten sonra  $-20^{\circ}\text{C}$  derin dondurucuya konularak bekletilmiştir. Bu işlem sonrasında tüm örnekler % 10'luk formalin içeren kaplara koyulmuştur. Böylece örnekler kesitlerin elde edilmesi ve histoloji laboratuvarına sevk edilmesi için hazır hale getirilmiştir. Alınan örnekler %10'luk formalin içerisinde 48 saat tutulmuştur. Örnekler sırasıyla %70-99.9 arası etanol çözeltileri altında vakumlanarak kurutulmuştur. Örnekler histolojik kesitlerde kullanılmaya elverişli metilmetakrilat historezin solüsyonu (Technovit® 7200 VLC, Kulzer & CO. GmbH, Friedrichsdorf, Almanya) içerisinde, negatif basınç altında 8-12 saat süreyle tutulmuştur. Örneklerden "Exakt 300 CP Hassas Kesme Sistemi" kullanarak elmas testere yardımıyla implantı uzun aksına paralel olarak ortadan ikiye ayıracak şekilde ilk kesitler elde edilmiştir. Tam orta hattan elde edilen kesitlerin yüzey paralellığı "Exakt Mikroaşındırma Sistemi"(Exakt 300 CL, Exakt Apparabau, Norderstand, Almanya) kullanılarak 1200 – 2500 grit zımparalarla sağlandıktan sonra polisajlı yüzeylere tekrar pleksiglas lam yapıştırılmıştır. İkinci kez testereye alınan örneklerden implanta yakın final kesitler alınmıştır. Son kesitlerin kalınlığı yaklaşık 200  $\mu\text{m}$  olacak şekilde ayarlanmıştır. 200  $\mu\text{m}$  kalınlıktaki son kesiden sonra örnekler tekrar "Exakt 400 CS Mikro-aşındırma Sistemi"(Exakt 400 CS, Exakt Apparabau, Norderstand, Almanya) yardımıyla zımpara uygulanmıştır. 1200 grit elmas kaplı zımpara ile 80  $\mu\text{m}$  kalınlığa indirilen kesitler, 2500 grit zımparayla polisajlanarak 50  $\mu\text{m}$  kalınlığa inceltilmiştir. Orta kesinin her iki tarafından analize tabi tutulacak iki kesit hazırlanmıştır. Hazırlanan final kesitler %10'luk  $\text{H}_2\text{O}_2$  banyo solüsyonunda 5 dk bekletildikten sonra Toluidin Mavisi ile 30 dk boyanıp yıkanmıştır. Hazırlanan kesitler ışık mikroskopu altında X40 büyümede görüntülenerek dijital fotoğrafları çekilmiştir ve kaydedilmiştir (Olympus BX50, Olympus Optical Co. Ltd. Tokyo, Japonya). Kaydedilen fotoğraflarda kemik-implant temas yüzdesi (BIC) ölçümleri yarı otomatik bir görüntü analiz programı (Image J version:1.33u, Wayne Rasband, National Institute of Health, ABD) kullanılarak yüzde olarak hesaplanmıştır. Kemik-

implant temas uzunluğunun tüm implantın çevresel uzunluğuna oranının yüzdesi kemik-implant kontağı hesaplamasında kullanılan denklemdir.

Geri çevirme tork testi 6 haftalık iyileşme döneminin ardından sakrifiye edilmiş hayvanlar üzerinde yapılmıştır. Anestezinin uygulanmasının ardından bölge açılmış ve ISQ değerleri ölçülmüştür. İmplantları içeren blok kemik parçası çıkarılmıştır (Şekil 3), uygun boyutlarda tesviye edilmiş ve etrafı metilmetakrilat ile sabitlenmiştir. İmplantlar üzerine özel geri çevirme parçası vidalandıktan sonra üzerine tork aleti (Tohnichi, Chicago, USA) sabitlenip, saat yönünün tersine çıkartma kuvveti yavaşça ve artan bir şekilde manuel olarak uygulanmıştır. İşlem implantın kemik yuvası içerisinde dönmeye başlamasıyla bitirilmiştir. Kırılma anında elde edilen en yüksek tork değeri newtonsantimetre (Ncm) cinsinden kaydedilmiştir.



**Şekil 3:** Geri çevirme tork testi uygulamak için implantları içeren blok kemik biyopsileri elde edilmiştir.

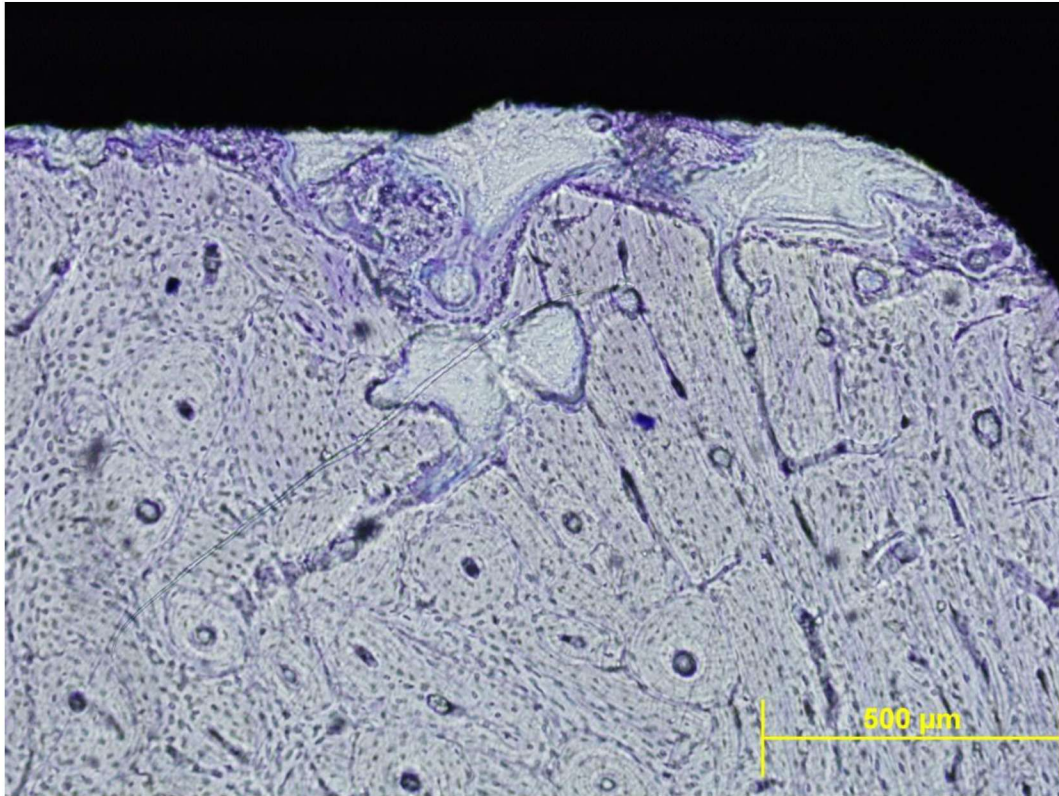
**İstatistiksel Analiz:** Elde edilen verilerin dağılımının normalliği D'agostino & Pearson Omnibus testi ile doğrulanmıştır. Yerleştirme tork testi ve geri çevirme tork testi değerleri t-testi ile analiz edilmiştir. Tekrarlanan ölçümler için Varyans analizi testi (ANOVA), ISQ ve kemik-implant kontakt yüzdesini analiz etmek için kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır. ISQ farkları normal dağılım göstermemesi nedeniyle mann-whitney u testi ile karşılaştırılmıştır. Yerleştirme tork testi, geri çevirme tork testi, ISQ, kemik implant kontakt değerlerinin korelasyonu Pearson korelasyon testi ile yapılmıştır. Tüm analizler bir yazılım (GraphPad Prism, Version 5.0 for Windows, GraphPad)

kullanılarak yapılmış ve 0.05'in altındaki p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

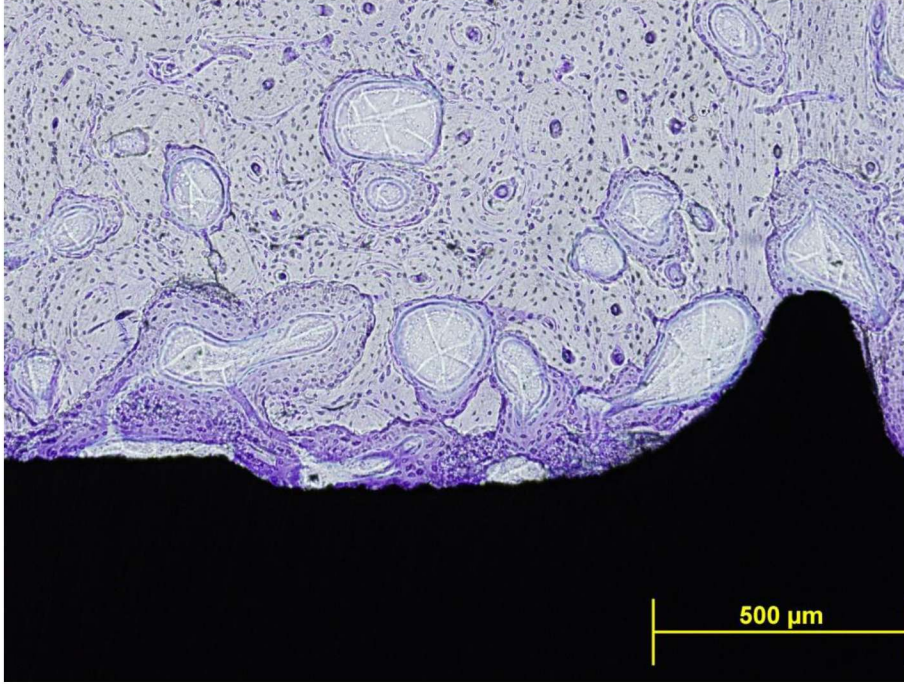
### BULGULAR

Yerleştirme sırasında tüm implantlar yeterli primer stabiliteye ulaşmış, yerleştirme tork değerleri benzer bulunmuştur (SLA için  $36.13 \pm 2.47$  ve modSLA için  $35.47 \pm 2.85$  N/cm (min: 30, max: 40)). İki değer arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p=0.49$ ). İmplantların yerleştirildiği kemik kompakttır. Kemik yapıları Zarb & Lekholm(1985) sınıflamasına göre %75 D1, %25 D2 sınıfındadır. Yara iyileşmesi sorunsuz gerçekleşmiş, yarada herhangi bir açılma ya da enflamasyona rastlanmamıştır. İyileşme periodunun sonunda yapılan radyografik incelemede implantların çevresinde herhangi patolojik oluşuma rastlanmamıştır. Sakrifikasyon ve blok kemiklerin çıkarılması sırasında implantlar klinik olarak stabil ve osseointegrasyonu tamamlanmış olarak görülmektedir.

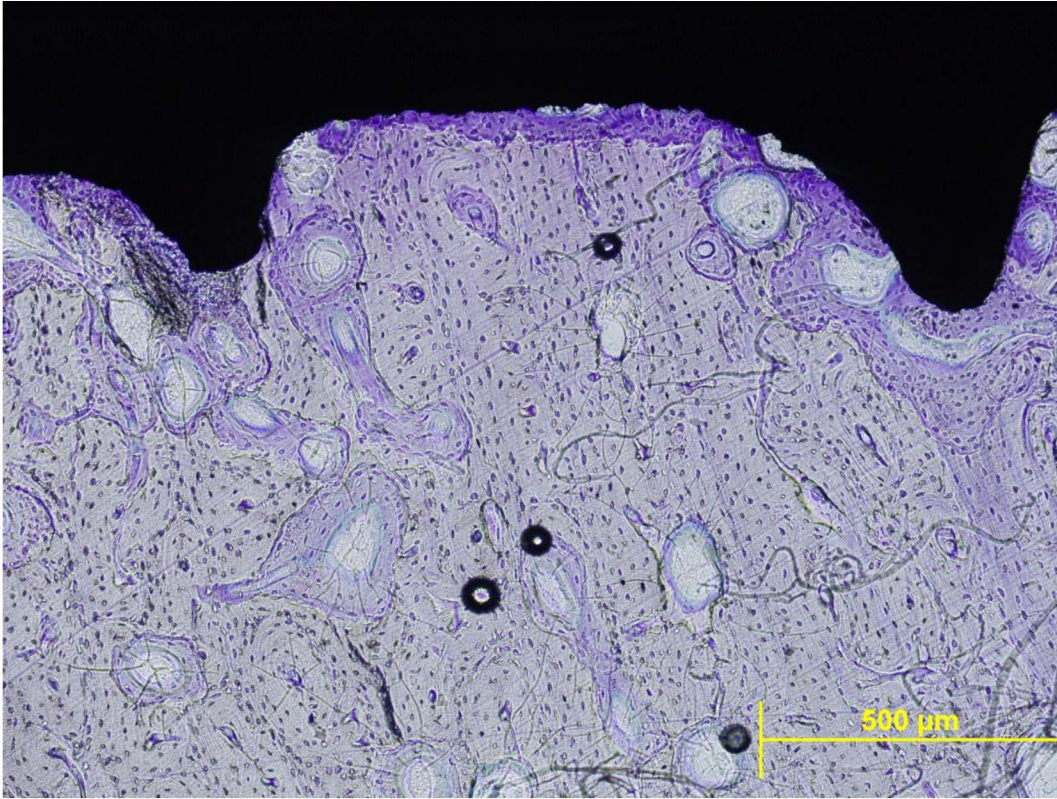
**İşık mikroskobu gözlemleri:** Tüm implantlar osseointegre olmuş ve herhangi bir enflamasyona rastlanmamıştır. İmplantların etrafından alınan tüm kemik kesitlerinde kompakt kemik gözlenmiştir. Yapılan incelemede kemik-implant arayüzünde yer yer yeni kemik yapım alanları, osteoblastikaktivite gözlemlenmiştir. İyileşmenin 3. haftasında yapılan incelemede cerrahi sırasında kullanılan yiv açıcıların açtığı bölgeler kesitlerde gözlenmektedir. Kemik-implant arayüzünde osteoid madde oluşumu modSLA yüzey implantlarda SLA yüzey implantlara göre daha fazladır. 6. Haftada kemikte formasyon ve remodelasyon görülmektedir. Kemik-implant arayüzünde, yivler arasında örgümsü kemik bulunmaktadır. Havers kanal sistemi modSLA yüzey implantları yakınında görülmektedir. Kemik-implant arayüzünde görülen osseointegrasyon süreci her iki implant yüzeyi içinde aynıdır. 6 haftalık iyileşme dönemindeki kemik implant kontakt yüzdesi 3 haftalık iyileşmeden önemli ölçüde fazladır (Şekil 4-7).



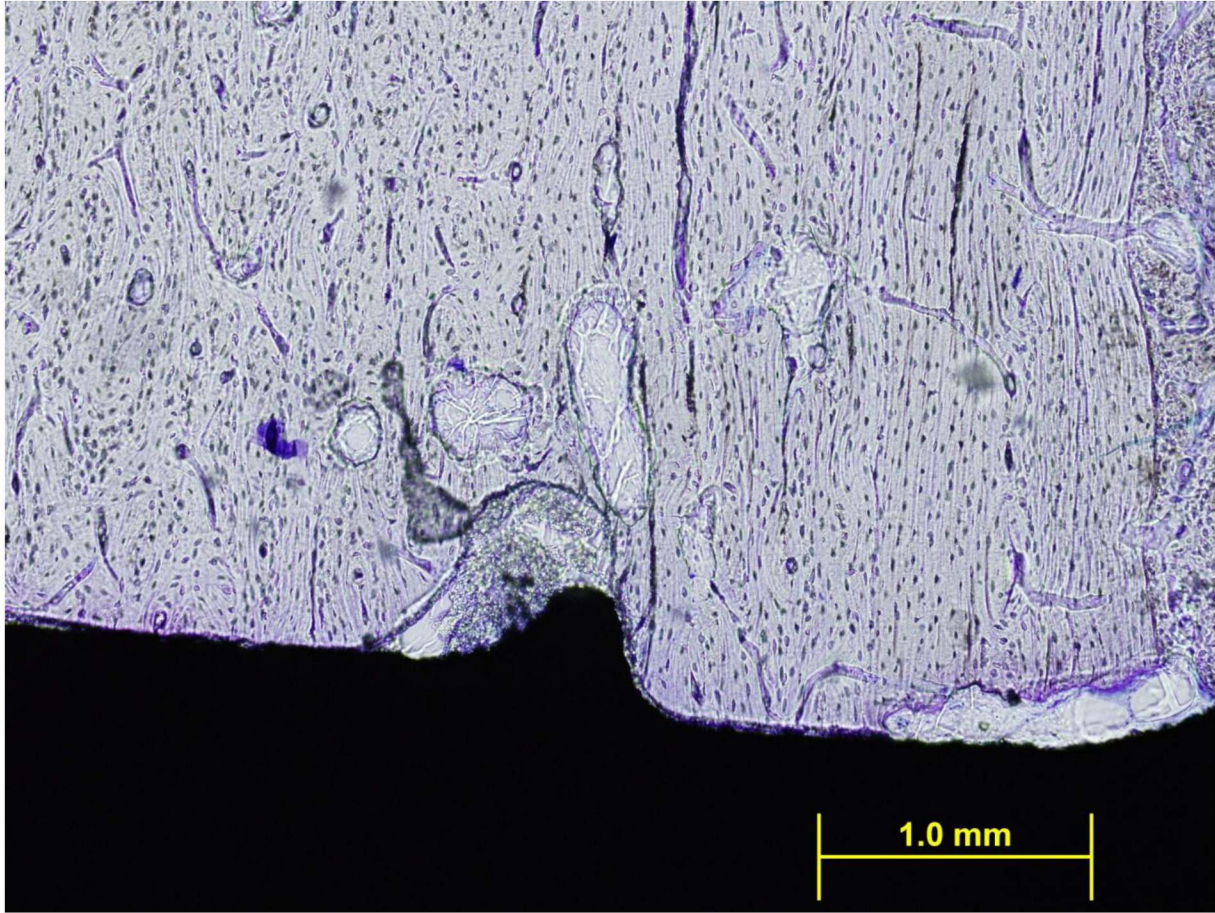
**Şekil 4:** Test implantının 3. haftadaki histolojik görüntüsü (Büyütme x100, Toluidin mavisi boyası). İmplant kemik arayüzeyinde yoğun osteoid yığımları ile karakterize tipik osseointegrasyon tablosu izlenmektedir.



**Şekil 5:** Kontrol implantının 6. haftadaki histolojik görüntüsü (Büyütme x100, Toluidin mavisi boyası). İmplant kemik arayüzeyinde osteoblast kümeleri ve yeni kemik oluşumu gözlenmektedir.



**Şekil 6:** Deney implantının 6. haftadaki histolojik görüntüsü (Büyütme x200, Toluidin mavisi boyası). Primer ve sekonder osteonlar implant sınırında olgunlaşmaktadır.



**Şekil 7:** Kontrol implantın 6. haftadaki histolojik görüntüsü (Büyütme x200, Toluidin mavisi boyası). Kemik implant sınırında osteoblast kümelenmeleri gözlenmekte, düşük yoğunluklu woven kemiğinin sınırı halen ayırt edilebilir durumdadır.

**Kemik Histomorfometrisi:** SLA ve modSLA yüzeyle implantların ölçülen kemik-implant kontakt yüzdeleri (BIC) Tablo1’de listelenmiştir. 3 haftalık ortalama kemik-implant kontakt yüzdeleri SLA implantlar için  $64.39 \pm 21.2$ , modSLA implantlar için  $80.64 \pm 13.89$  olarak bulunmuştur. 6 haftalık kemik-implant kontakt yüzdeleri SLA implantlar için  $83.47 \pm 10.69$ , modSLA implantlar için

$84.75 \pm 13.45$  olarak bulunmuştur. Kemik-implant kontakt yüzdelerinin 3 ve 6. haftalardaki değişimi istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ( $p=0,022$ ). Ayrıca, 3 haftalık SLA implantlar, 6 haftalık SLA ( $p=0,032$ ) implantlar ve modSLA implantlar ( $p=0,036$ ) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

**Tablo 1:** İmplant türüne göre RFA farklarının değerlendirilmesi.

RFA	İmplant Türü		p
	Test	Kontrol	
	Ort±SD (Medyan)	Ort±SD (Medyan)	
İlk ölçüm -3. hafta farkı	3,80±3,96 (3)	-0,80±2,59 (0)	Z:-1,786; p:0,074
İlk Ölçüm - 6. hafta farkı	1,40±1,17 (1)	2,80±0,92 (3)	Z:-2,558; p:0,011*

**RFA ölçümleri:** Yerleştirme aşamasında, ortalama RFA değerleri SLA implantlar için  $72.27 \pm 3.17$ , modSLA implantlar için  $71.60 \pm 2.87$  (min:66, max:77) olarak ölçülmüştür. RFA değerleri 3.haftada ortalama  $74.20 \pm 4.76$  ve  $76.80 \pm 1.14$  olarak bulunurken, 6. haftada ortalama RFA değerleri  $73.60 \pm 1.89$  ve  $72.30 \pm 2.4$ 'e düşmüştür. Tekrarlanan ölçümler için ANOVA testi, ölçümlerin zaman içinde değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ( $F=11.46$ ,  $p=0.0012$ ). Operasyon sırasında, 3. haftada ve 6. haftada ölçülen RFA değerleri arasındaki değişim istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Ölçümler sırasında en yüksek RFA değerleri 3. haftada modSLA implantlardan alınmıştır. 3. haftadaki modSLA

implantlardan alınan RFA değerleri, yerleştirme sırasında SLA ( $p=0,001$ ) ve modSLA implantlardan ( $p=0,012$ ) alınan RFA değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir (Tablo 1).

6. haftadaki ortalama geri çevirme tork değerleri SLA implantlar için  $115,2 \pm 4,14$  N/cm, modSLA implantlar için  $117,0 \pm 4,47$  N/cm olarak bulunmuştur, değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tüm aşamalarda yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır (Tablo 2).

**Tablo 2:** RFA ve BIC% korelasyon testi.

	Histomorfometri 3. Hafta		Histomorfometri 6. Hafta	
	r	p	r	p
RFA 3. hafta	-0,023	<b>0,950</b>		
RFA 6. hafta			-0,326	<b>0,357</b>

## TARTIŞMA

Bu deneysel çalışmada yeni geliştirilen kimyasal olarak modifiye edilmiş pürüzlü implant yüzeyinin (modSLA) osseointegrasyona ve iyileşme zamanına etkisi değerlendirilmiştir ve standart pürüzlü yüzeylerle (SLA) karşılaştırılmıştır. Daha önce koyun tibiaları dental implant yüzeylerini test etmek için kullanılmıştır ve insan kemiğiyle benzerliği rapor edilmiştir (12-14). Oral bölgede oluşabilecek enfeksiyon riski ve yara iyileşme problemlerinden dolayı tibia uygulama açısından daha uygundur. Histoloji, histomorfometri ve geri çevirme tork testleri dental implantların klinik olarak kullanımının değerlendirmesi için kullanılan implant stabilite parametreleri (ITV ve ISQ) ile birlikte kullanılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda modSLA yüzey implantlar, domuzlarda ve köpeklerde uygulanmış geniş çaplı bir çalışmada kullanılmıştır (15-18). Son araştırmalardan elde edilen sonuçlar, koyun kemiğinin iyileşmesinin ve metabolizmasının köpeklerden daha yavaş olduğunu, fakat insanlardan daha hızlı olduğunu göstermiştir (19). Ayrıca, koyun tibiasındaki kortikal kemiğin yoğunluğu ve hacmi köpek ve insan alveol kemiğine göre daha yüksektir.

İmplant yüzeyinin osseointegrasyon üzerine önemli etkisi bulunmaktadır ve arayüzdeki kemik iyileşme süreci implant yüzeyinin modifikasyon-

larından etkilenebilmektedir (19). Pürüzlü implant yüzeyleri kemik kontağı, geri çevirme tork kuvvetlerine direnci ve kısalmış iyileşme zamanı açısından karşılaştırıldığında modSLA yüzey implantların en üst seviyede olduğu bulunmuştur (20-22). ModSLA implant yüzeyleri bu çalışmada incelenmiştir ve osseointegrasyonun erken dönemlerinde artmış kemik apozisyonu olduğunu belirtmiştir (15). Bu sonuçları onaylayan sonuçlar Schwarz tarafından da belirtilmiştir (17, 18).

İmplantların primer stabiliteyi implantların yerleştirilmesi sırasında yüksek yerleştirme tork değeri (ITV) olarak belirlenmiştir (23). Düşük yerleştirme tork değeri ve implant kaybı arasında bir korelasyon bulunmaktadır (24). Yerleştirme tork değeri, kemik yoğunluğu, RFA değeri ve implant başarısı arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır (25, 26). Ancak önceki çalışmalarda, yerleştirme tork değerinin RFA değeri ve kemik-implant temas yüzdesi ile arasında bir korelasyon bulunamamıştır. Tibianın yoğun olan kortikal yapısı yüksek kemik-implant kontakt yüzdesi ve yüksek RFA değerleri oluşmasına katkıda bulunmuş olabilir.

3 haftalık iyileşme döneminde yapılan ölçümlerde ortalama kemik-implant kontakt yüzdesi modSLA implantlarda (80,64%) SLA implantlardan



(64.39%) daha yüksek bulunmuştur, aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuç Schwarz ve ark'nın 2007 de yaptıkları çalışmadaki bulgulara paraleldir (17, 18). Çalışma aynı zamanda erken iyileşme döneminde modSLA imlantlarda yüksek kemik-implant kontakt yüzdesine ulaşıldığını da desteklemektedir. Bu çalışmada köpek çenelerine yerleştirilmiş SLA (65-72%) ve modSLA (53-34) implantların 2 haftalık iyileşme dönemlerinde ölçülen ortalama kemik-implant kontakt yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Köpekler üzerinde yapılan diğer bir çalışmada SLA (22,2%) ve mod SLA (28,2%) implantların 2 haftalık iyileşme döneminde ölçülen kemik-implant kontakt yüzde değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (16). Buser ve ark.(2004) minyatür domuz modelleri üzerinde yaptıkları çalışmada 2 haftalık iyileşmede ölçtükleri kemik-implant kontakt yüzdelerini modSLA implantlar için 49,3%, SLA implantlar için 29,42% olarak bulunmuş, 4 haftanın sonunda kemik-implant kontakt yüzdesi sırasıyla %81,91 ve %66,57 olarak ölçülmüştür (15). İki iyileşme periodu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiş ancak iyileşmenin 8.haftasında iki implant çeşidi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Yaptığımız çalışmada iyileşmenin 6.haftasında SLA (%83,47) ve modSLA (%84,75) implantlar arasında kemik-implant kontakt değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Aynı sonuca Bornstein ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada da varılmıştır (16). Bu çalışmada köpeklere uygulanan SLA (%22,2) ve modSLA (%28,2) implantların 2. haftasında kemik implant kontakt yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur, 4. haftada ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (SLA implantlar için %38,1, modSLA için %38,2). Kemik-implant kontakt yüzdelerinde karşılaşılan bu varyasyonlar, seçilen hayvan türüyle, araştırmanın metoduyla ya da iyileşmeye bırakılma zamanlarıyla ilgili olabilir. Bu çalışmada kemik-implant kontakt yüzdelerinin yüksek çıkmasını tibianın yoğun ve kortikal yapısına bağlayabiliriz. Yapılan çalışmadan elde edilen verileri, daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen verilerle bir araya getirerek erken iyileşme döneminde modSLA implantların SLA implantlara göre daha yüksek kemik-implant kontaktına ulaştığı sonucuna varabiliriz, fakat bu fark 6. haftadan sonra görülmemektedir (15, 16, 18).

RFA'nın diş implantlarının stabilitesinin değerlendirilmesinde objektif bir araç olduğu

ispatlanmıştır (27, 28). Yöntem özellikle klinik kullanım için dizayn edilmiş ve elde edilen sonuçların tekrarlanabilir olduğu belirtilmiştir (29). İleri kemik kaybı ile RFA ölçümleri arasındaki korelasyonun araştırılmasıyla hayvan çalışmasının amacı gerçekleştirilmiştir (30). Osseointegre implantların plak birikintisine maruz kalması ve bunu takiben periimplantitis sonucu oluşan yaygın kemik kaybının ortaya çıkmasıyla ISQ değerlerinde azalma olmuştur. Antimikrobiyal tedavinin yanı sıra plağın ortadan kaldırılmasıyla kemik-implant kontaktı ve (arasındaki) ISQ değerinde artış olmuştur. Yazarlar implant çevresindeki kemik seviyesinde olan değişikliklerin ölçülmesinde ISQ ölçümlerinin çok hassas olduğu sonucuna varmışlardır (30). Bu çalışmada, bütün implantların yerleştirilmelerini takiben yüksek ISQ değerleri sergiledikleri ve ISQ değerlerinin 3. haftada artış gösterdiği görülmüştür. Altıncı haftada ise ISQ değerleri cerrahi safhasında gözlemlenen değerlere düşmüştür. Bu durum, İmplantın yerleşmesinin ardından boynundan kortikal tabakaya kadar oluşan baskı streslerinin azalmasıyla açıklanabilir (27). Daha önceki çalışmalarda, kortikal kemik kalınlığının kemik-implant kontakğının abutman ve implant uzunluğunun yerleştirme tork değerinin yanı sıra RFA ölçümleriyle tahmin edilebilir olduğu ispatlanmıştır(27-29, 31).

İki deneysel çalışmada çok sayıda hayvan üstünde kemik implant kontakt yüzde değeri ve ISQ değeri arasındaki korelasyon araştırılmıştır (32). Toplam 196 implant 16 köpeğin çene kemiğine yerleştirilmiştir. İmplantlar 8 hafta iyileşmeye bırakılmış, ardından 3 hafta boyunca implantlar fonksiyonel olarak yüklenmiştir. Kemik-implant kontakt yüzdesi yaklaşık %50-70 olarak bulunmuştur. Çalışmada çok sayıda hayvan ve implant kullanılmasına rağmen ISQ ve kemik-implant kontakt yüzdeleri arasında bir korelasyon bulunmamıştır. Abrahamsson ve ark. yaptıkları diğer çalışmada 160 tane implant toplam 20 köpeğe uygulanmış, ISQ ve kemik-implant kontakt yüzdeleri arasında bir korelasyon kurulamamıştır (33). Çalışma sonucunda ve daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre RFA değerlerinin kendi içinde değerlendirilmesi sonucuna varılmış ve RFA değerlerinin kemik implant kontakt yüzdesi için bir tahmin olamayacağı belirtilmiştir.

Klinik olarak uygulanmasa da, geri çevirme torku implant stabilitesi ve osseointegrasyonu ölçmek için kullanılmaktadır (34). Kuvvet, implant

ile kemiği birbirinden ayırmak için uygulanır. Farklı implant yüzeyleri ve iyileşme koşulları için uygulanan objektif bir değerlendirme kriteridir (35-37). Pürüzlü yüzey implantlar kemikle mekanik bir kilitlenme sağlayarak osseointegrasyonu artırırlar (7). Geri çevirme tork testi 6.haftada implantlara uygulanmış, modSLA implantların gösterdiği direnç SLA implantlara göre kısmen daha fazladır ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yoğun kortikal yapıya sahip tibia bu sonucu değiştirmiş ve oluşan farkın istatistiksel olarak anlamlı çıkmamasına sebep olmuş olabilir.

Çalışmada kullanılan implant ve hayvan sayısının yetersiz olması, RFA, yerleştirme tork değeri ve kemik-implant kontakt yüzdesi arasında bir korelasyon kurulamamasına sebep olabileceği söylenmelidir. Araştırmaya dahil edilen hayvan ve implant sayısı artırıldığında değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar çıkabilir.

Bu pilot çalışmanın sınırları dahilinde, erken iyileşme döneminde modSLA implantların, SLA implantlarla karşılaştırıldığında yüksek kemik kontaktına ve stabiliteye ulaştığı sonucuna varılabilir. ModSLA implantlarla ilgili gelecekte yapılacak olan farklı deneysel çalışmalar klinik olarak avantaj sağlayabilecek bulgular ortaya çıkarabilir.

#### KAYNAKLAR

1. Cochran, D., Oates, T., Morton, D., Jones, A., Buser, D., Peters, F. Clinical field trial examining an implant with a sand-blasted, acid-etched surface. *Journal of Periodontology*. 2007, 78: 974-982. oc.
2. Cochran, L. A comparison of endosseous dental implant surfaces. *Journal of Periodontology*. 1999, 70: 1523-1539.
3. Khang, W., Feldman, S., Hawley, C.E., Gunsolley, J.A multi-center study comparing dual acid-etched and machined-surfaced implants in various bone qualities. *Journal of Periodontology*. 2001, 72: 1384-1390.
4. Le Guehennec, L., Goyenvalle, E., Lopez-Heredia, M.A., Weiss, P., Amouriq, Y., Layrolle, P. Histomorphometric analysis of the osseointegration of four different implant surfaces in the femoralepiphyse of rabbits. *Clinical Oral Implants Research*. 2008, 19: 1110.
5. Abrahamsson, I., Berglundh, T., Linder, E., Lang, N. P., Lindhe, J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*. 2004, 15: 381-392.
6. Cochran, D.L., Schenk, R.K., Lussi, A., Higginbottom, F.L., Buser, D. Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: A histometric study in the canine mandible. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1998, 40: 1-11.
7. Li, D., Ferguson, S. J., Beutler, T., Cochran, D. L., Sittig, C., Hirt, H. P., Buser, D. Biomechanical comparison of the sandblasted and acid-etched and the machined and acid-etched titanium surface for dental implants. *Journal of Biomedical Materials Research*. 2002, 60: 325-332.
8. Bornstein, M.M., Lussi, A., Schmid, B., Belser, U.C., Buser, D. Early loading of nonsubmerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched (sla) surface: 3-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2003, 18: 659-666.
9. Rocuzzo, M., Bunino, M., Prioglio, F., Bianchi, S.D. Early loading of sandblasted and acid-etched (sla) implants: A prospective split-mouth comparative study. *Clinical Oral Implants Research*. 2001, 12: 572-578.
10. Schwarz, F., Wieland, M., Schwartz, Z., Zhao, G., Rupp, F., Geis-Gerstorfer, J., Schedle, A., Broggini, N., Bornstein, M.M., Buser, D., Ferguson, S.J., Becker, J., Boyan, B.D., Cochran, D.L. Potential of chemically modified hydrophilic surface characteristics to support tissue integration of titanium dental implants. *Journal of Biomedical Materials Research Part B, Applied Biomaterials*. 2009, 88: 544-557.
11. Lekholm, U., Zarb GA. Patient selection and preparation In: Branemark, P., Zarb G, Albrektsson T., ed. *Tissue-integrated prosthesis*, 1985, 199-209. Chicago: Quintessence Pub. Co.
12. Bacchelli, B., Giavaresi, G., Franchi, M., Martini, D., De Pasquale, V., Trire, A., Fini, M., Giardino, R., Ruggeri, A. Influence of a zirconia sandblasting treated surface on peri-implant bone healing: An experimental study in sheep. *Acta Biomaterialia*. 2009, 5: 2246-2257.

13. Franchi, M., Bacchelli, B., Giavaresi, G., De Pasquale, V., Martini, D., Fini, M., Giardino, R., Ruggeri, A. Influence of different implant surfaces on peri-implant osteogenesis: Histomorphometric analysis in sheep. *Journal of Periodontology*. 2007, 78: 879-888.
14. Pearce, A.I., Richards, R.G., Milz, S., Schneider, E., Pearce, S.G. Animal models for implant biomaterial research in bone: A review. *European Cells and Materials*. 2007, 13: 1-10.
15. Buser, D., Brogini, N., Wieland, M., Schenk, R.K., Denzer, A.J., Cochran, D.L., Hoffmann, B., Lussi, A., Steinemann, S.G. Enhanced bone apposition to a chemically modified sla titanium surface. *Journal of Dental Research*. 2004, 83: 529-533.
16. Bornstein, M.M., Valderrama, P., Jones, A.A., Wilson, T.G., Seibl, R., Cochran, D.L. Bone apposition around two different sandblasted and acid-etched titanium implant surfaces: A histomorphometric study in canine mandibles. *Clinical Oral Implants Research*. 2008, 19: 233-241.
17. Schwarz, F., Ferrari, D., Herten, M., Mihatovic, I., Wieland, M., Sager, M., Becker, J. Effects of surface hydrophilicity and microtopography on early stages of soft and hard tissue integration at nonsubmerged titanium implants: An immunohistochemical study in dogs. *Journal of Periodontology*. 2007a, 78: 2171-2184.
18. Schwarz, F., Herten, M., Sager, M., Wieland, M., Dard, M., Becker, J. Histological and immunohistochemical analysis of initial and early osseous integration at chemically modified and conventional sla titanium implants: Preliminary results of a pilot study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*. 2007b, 18: 481-488.
19. Hillier, M.L., Bell, L.S. Differentiating human bone from animal bone: A review of histological methods. *Journal of Forensic Sciences*. 2007, 52: 249-263.
20. Wennerberg, A., Albrektsson, T. Effects of titanium surface topography on bone integration: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*. 2009, 20 Suppl 4: 172-184.
21. Cordioli, G., Majzoub, Z., Piattelli, A., Scarano, A. Removal torque and histomorphometric investigation of 4 different titanium surfaces: An experimental study in the rabbit tibia. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2000, 15: 668-674.
22. Kieswetter, K., Schwartz, Z., Dean, D.D., Boyan, B.D. The role of implant surface characteristics in the healing of bone. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*. 1996, 7: 329-345.
23. Suzuki, K., Aoki, K., Ohya, K. Effects of surface roughness of titanium implants on bone remodeling activity of femur in rabbits. 1997, *Bone* 21: 507-514.
24. Atsumi, M., Park, S.H., Wang, H.L. Methods used to assess implant stability: Current status. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 2007, 22: 743-754.
25. Johansson, B., Back, T., Hirsch, J.M. Cutting torque measurements in conjunction with implant placement in grafted and nongrafted maxillas as an objective evaluation of bone density: A possible method for identifying early implant failures? *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2004, 6: 9-15.
26. Turkyilmaz, I., Tumer, C., Ozbek, E.N., Tozum, T.F. Relations between the bone density values from computerized tomography, and implant stability parameters: A clinical study of 230 regularplatform implants. *Journal of Clinical Periodontology*. 2007, 34: 716-722.
27. Meredith, N., Book, K., Friberg, B., Jemt, T., Sennerby, L. Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross-sectional and longitudinal study of resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla. *Clinical Oral Implants Research*. 1997a, 8: 226-233.
28. Meredith, N., Shagaldi, F., Alleyne, D., Sennerby, L., Cawley, P. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. *Clinical Oral Implants Research*. 1997b, 8: 234-243.
29. Nkenke, E., Hahn, M., Weinzierl, K., Radespiel-Troger, M., Neukam, F.W., Engelke, K. Implant stability and histomorphometry: A correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clinical Oral Implants Research*. 2003, 14: 601-609.
30. Sennerby, L., Persson, L.G., Berglundh, T., Wennerberg, A., Lindhe, J. Implant stability during initiation and resolution of experimental periimplantitis: An experimental study in the dog. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2005, 7: 136-140.

31. Friberg, B., Sennerby, L., Meredith, N., Lekholm, U. A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements of maxillary implants - a 20-month clinical study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1999, 28: 297-303.
32. Al-Nawas, B., Groetz, K.A., Goetz, H., Duschner, H., Wagner, W. Comparative histomorphometry and resonance frequency analysis of implants with moderately rough surfaces in a loaded animal model. *Clinical Oral Implants Research*. 2008, 19: 1-8.
33. Abrahamsson, I., Linder, E., Lang, N. Implant stability in relation to osseointegration: An experimental study in the labrador dog. *Clinical Oral Implants Research*. 2009, 3: 313-318.
34. Johansson, C.B., Sennerby, L., Albrektsson, T. A removal torque and histomorphometric study of bone tissue reactions to commercially pure titanium and vitallium implants. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 1991, 6: 437-441.
35. Elias, C.N., Oshida, Y., Lima, J.H., Muller, C.A. Relationship between surface properties (roughness, wettability and morphology) of titanium and dental implant removal torque. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2008, 1: 234-242.
36. Fuming, H., Guoli, Y., Xiaoxiang, W., Shifang, Z. The removal torque of titanium implant inserted in rabbit femur coated with biomimetic deposited ca-p coating. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2008, 35: 754-765.
37. Marin, C., Granato, R., Suzuki, M., Gil, J.N., Piattelli, A., Coelho, P.G. Removal torque and histomorphometric evaluation of bioceramic grit-blasted/acid-etched and dual acid-etched implantsurfaces: An experimental study in dogs. *Journal of Periodontology*. 2008, 79: 1942-1949.

**Yazışma Adresi:****Prof. Dr. Z. Cüneyt KARABUDA**

İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi  
Oral İmplantoloji Anabilim Dalı,  
Çapa, İstanbul, Türkiye  
zcuneyt@hotmail.com  
Tel: 212 532 32 18