

# İki farklı frez hızının diş implantının primer stabilitesine etkisinin kıyaslanması: ex Vivo çalışma

Cenker Zeki Koyuncuoğlu(0000-0002-5866-5860)<sup>α</sup>, Becen Demir(0000-0001-7771-2602)<sup>β</sup>

*Selcuk Dent J, 2020; 7: 481-487 (Doi: 10.15311/selcukdentj.729987)*

Başvuru Tarihi: 30 Nisan 2020  
Yayına Kabul Tarihi: 05 Haziran 2020

### ÖZ

**İki farklı frez hızının diş implantının primer stabilitesine etkisinin kıyaslanması: ex Vivo çalışma**

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı irrigasyon yapılmadan düşük devirle (50 rpm) ve bol irrigasyon yapılarak yüksek devirle (800 rpm) hazırlanmış yuvalara yerleştirilmiş implantların primer stabilite değerlerinin karşılaştırılmasıdır.

**Gereç ve Yöntemler:** Bu *ex vivo* çalışmada taze sığır kemiğine 20 adet implant yerleştirilmiştir. İmplant yuvalarının 10 tanesi 50 rpm ile serum soğutması olmadan, 10 tanesi ise 800 rpm ile bol serum soğutması altında hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm implantlar 3,7 mm çap ve 10 mm boya sahiptir. İmplantlara Penguin<sup>RF</sup>A cihazına ölçüm ucu (multipeg) bağlanmış ve ölçümler kemiğin uzun eksenine paralel ve dik olacak şekilde yapılmıştır. Ölçümler her yön için üçer defa tekrarlanmış ve ortalama bir ISQ değeri hesaplanmıştır. Sonuçların ortalaması alınmış ve verilerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student t test kullanılmıştır.

**Bulgular:** 50 rpm protokolünün ISQ ortalaması, 800 rpm protokolünden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Sonuç:** Bu çalışmanın sınırları dâhilinde düşük devir ile hazırlanan yuvalara yerleştirilen implantların ISQ ortalaması, geleneksel yöntemle (800 rpm) hazırlanan yuvalara yerleştirilen implantların ISQ ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte bu sonuçların doğrulanması için randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

### ANAHTAR KELİMELER

**Diş implantları, kemikle bütünleşim, rezonans frekans analizi, primer stabilite, düşük devirli frezleme**

### ABSTRACT

**Comparison of the Effect of Two Different Drilling Speed on Dental Implant Stability: an ex Vivo Study**

**Background:** The aim of this study is to compare the primary stability values of dental implants placed into beds which were prepared according to low speed drilling (50 rpm) without irrigation and high speed drilling (800 rpm) with copious irrigation protocols.

**Methods:** Fresh bovine bone was used for this *ex vivo* study. Ten implant beds were prepared in bovine bone at 50 rpm without serum cooling, and the other ten implant beds were prepared with plenty of serum cooling at 800 rpm. All of the implants used in this study had 3.7 mm diameter and 10 mm length. The multipeg of the Penguin<sup>RF</sup>A device was attached to the implants and measurements were made parallel and vertically to the long axis of the bone. The measurements were repeated three times for each direction and an average ISQ value was calculated. The results were averaged and Student t test was used for comparisons between the two groups.

**Results:** The 50 rpm protocol ISQ values were statistically significantly higher than the 800 rpm protocol ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** Within the limits of this study, the ISQ average of the implants placed in the beds prepared with low speed (50 rpm) was found statistically significantly higher than the ISQ average of the implants placed in the beds prepared by the traditional method (800 rpm). However, randomized controlled trials are needed to confirm these results.

### KEYWORDS

**Dental implants, osseointegration, resonance frequency analysis, primary stability, low speed drilling**

Diş eksikliklerinin tedavisinde implantların başarısı uzun dönemli klinik çalışmalarla kanıtlanmıştır.<sup>1,2</sup> Bu başarının en önemli aşaması ise Brånemark tarafından 'canlı kemiğin titanyum ile ışık mikroskobu düzeyinde gözlenen direkt bağlantısı' olarak tanımlanmış olan osseointegrasyondur.<sup>3</sup> Osseointegrasyon, implantın materyali, mikroskobik ya da makroskobik yüzey özellikleri gibi implantla ilişkili faktörlere ve kemik kalitesi, sağlığı ve miktarı gibi hasta değişkenlerine bağlıdır.<sup>4</sup> Ayrıca, travmatik cerrahi, kemik-implant arayüzündeki kemik dokusunun iyileşmesini

etkileyerek osseointegrasyonun öngörülebilirliğini azaltabilir.<sup>5</sup> Albrektsson ve ark.'na<sup>6</sup> göre implant çevresi kemik döngüsünde cerrahi sırasında uygulanan travmanın anahtar rol oynadığı düşünülmektedir. Araştırmacılar, minör travmanın başarılı osseointegrasyonu sağlarken, biraz daha fazla travmanın marjinal kemik kaybına neden olabileceği ve hatta aşırı-majör travmanın implant kaybına yol açabileceğini bildirmişlerdir.

Bir implantın sorunsuz bir şekilde osseointegre olabilmesi için implant yuvasının hazırlığı sırasında

<sup>α</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul Türkiye

<sup>β</sup> Serbest Hekim, İstanbul, Türkiye

atravmatik çalışma ile mekanik ve termal hasar en aza indirilmelidir.<sup>7,8</sup> Farklı implant yuvası hazırlama yöntemleri literatürde ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Bu tekniklerden bazıları piezo cerrahi uçları<sup>8</sup> ve lazer<sup>9</sup> gibi farklı cihazları kullanarak implant yuvasını hazırlarken bazıları da kullanılan frezlerin sayısında ve sırasında değişiklik yapılmasını önermektedir.<sup>10</sup>

İmplant yuvası hazırlanırken kullanılan devir aralığı 800 – 1500 rpm arasındadır. Bu sırada kemik ve frezin birbirine sürtünmesi sonucunda ısı açığa çıkar. Bu ısının kemikte nekroz oluşturmaması için, serum ile soğutma yapılır. Anitua ve ark.<sup>11</sup> geleneksel uygulamalara alternatif bir yöntem olarak, serum soğutması olmadan düşük devirde (50 rpm) implant yuvasının hazırlanması yöntemini önermişlerdir. Bu yöntemin, kemik dokusuna verilen hasarı azalttığı, yüksek miktarda canlı kemik elde edilmesine olanak sağladığı ve serum soğutması yapılmadığı için frezleme esnasında ortaya çıkan ve kemik rejenerasyonunda önemli rol oynayan proteinleri yara bölgesinden uzaklaştırmama gibi avantajları olduğu bildirilmiştir.<sup>11</sup> Bu şekilde yüksek miktarda elde edilen kemiğin tükürük ile kontamine olmaması da tekniğin bir diğer avantajıdır.<sup>11,12</sup>

Serum soğutması olmadan düşük devirli protokolün soğutma ile birlikte yüksek devirli protokole göre daha fazla ısı artışına neden olmadığı bildirilmiştir.<sup>12-14</sup> Ayrıca bu protokolün geleneksel yöntem ile kıyaslandığında osseointegrasyon açısından farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir.<sup>13,15</sup> Tüm bu çalışmaların ışığında serum ile soğutma olmadan düşük devirli implant yuvası hazırlama yönteminin güvenilir olduğu söylenebilir.

İmplant yerleştirilmesi esnasında alveol kemiği ile implant arasındaki mekanik temasın oluşturduğu makro retansiyon primer stabilite olarak tanımlanır ve osseointegrasyonun elde edilebilmesi için gereklidir. Re-modelasyon sonrasında oluşan yeni kemik dokusu ile implant yüzeyinde biyolojik bağlantı oluşur (osseointegrasyon) ve sekonder stabilite olarak adlandırılır.<sup>16,17</sup> İmplantın stabilitesini değerlendirme yöntemleri girişimsel olan veya girişimsel olmayan yöntemler olarak gruplandırılır ancak girişimsel olan yöntemler osseointegrasyona zarar verdiğinden klinik uygulamalarda sadece girişimsel olmayan yöntemler kullanılır.<sup>18,19</sup> Bu amaçla kullanılan iki yöntem Periotest ve Radyo Frekans Analizi (RFA)'dir.<sup>20</sup> RFA yönteminde bir dönüştürücü yardımıyla küçük bir kuvvet uygulanır ve yer değiştirme miktarı ölçülür.<sup>21</sup> RFA ölçümü yapan cihazların ilk jenerasyonunda kablolu bağlantılar kullanılırken günümüzde kablosuz bağlantılı sistemler kullanıma sunulmuştur. Bu cihazlarda implant üzerine bağlanan ve baş kısmında mıknatıs özellikli bir bölüm içeren parçaya (smartpeg/multipeg) bir radyo frekans dalgası gönderilir. Dalga parçaya çarpar ve uygulama ucuna

geri döner. Uygulama ucundaki alıcı okuduğu dalga değerini 1 ile 100 arasında değişen bir birime çevirir. Bu birim implant stabilite katsayısı (Implant Stability Quotient – ISQ) olarak adlandırılır. Yüksek ISQ değerleri (>70) daha az yer değiştirmeyi yani kemik içerisindeki implant stabilitesinin yüksek olduğunu belirtmektedir.<sup>22-24</sup> Günümüzde Osstell (Osstell®, Gothenburg, Sweden ve Penguin<sup>RFA</sup> (Integration Diagnostics Sweden AB, Gothenburg, Sweden) sistemleri klinik uygulamalarda kullanılmaktadır. Yeni yapılmış bir *ex vivo* çalışmada Penguin<sup>RFA</sup>'nın kemik türüne bakılmaksızın implant stabilitesinin ölçümünde güvenilir ve klinik uygulamalarda kullanılabilir olduğu bildirilmiştir.<sup>24</sup>

Bu *ex vivo* çalışmanın amacı irrigasyon yapılmadan düşük devirle (50 rpm) ve bol irrigasyon yapılarak yüksek devirle (800 rpm) hazırlanmış yuvalara yerleştirilmiş implantların primer stabilite değerlerinin karşılaştırılmasıdır.

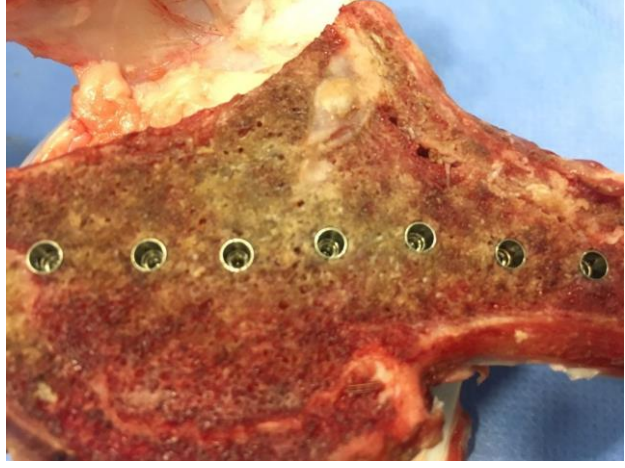
## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### Çalışma Dizaynı

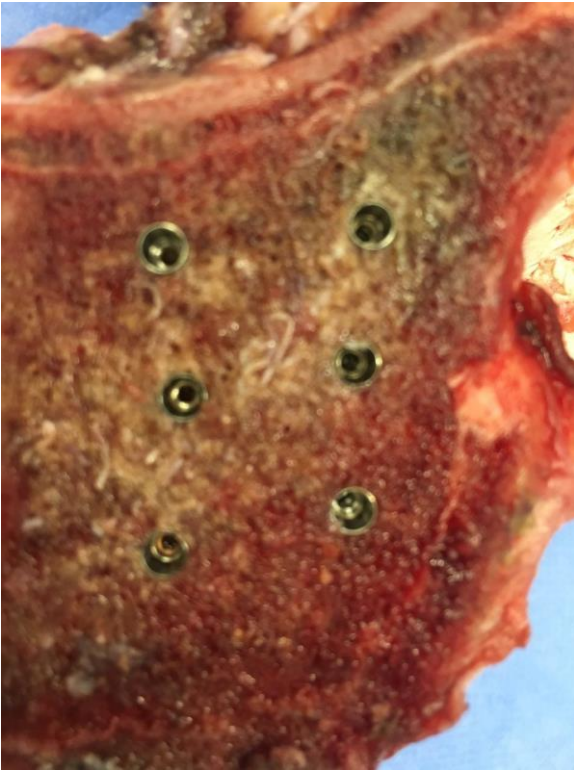
Bu çalışma için taze sığır atlas kemik örneği kullanılmıştır. Dokunma hissi ile kemiğin sertlik seviyesinin D2 olduğu tespit edilmiştir.<sup>25</sup> Çalışmada kullanılan sığır atlas kemiğinin üst kısmı yaklaşık 8 cm genişliğinde yarım disk şeklindedir. Genişliği yaklaşık 1,5 cm olan kemik dış kenarına doğru incelirken mediyal kısımda kalınlığı yaklaşık 2 cm kadardır. (Resim 1). Aynı kemiğin alt tarafında yaklaşık 5x6 cm boyutlarında (Resim 2) ve 7x2 cm boyutlarında (Resim 3) iki farklı bölge daha bulunur. Sığır kemiğinin bu bahsedilen bölümlerine toplam 20 adet yuva hazırlanmış ve implantlar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen implantların tamamı kemik içindedir. İmplant yuvalarından 10 tanesi tüm frezler 800 rpm hızda ve bol serum soğutması altında, kalan 10 tanesi ise işaretleme frezi 800 rpm ile serum soğutmalı ve devam eden tüm frezler 50 rpm ile serum soğutmasız olacak şekilde hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm implantlar 3,7x10 mm'dir (Implance, AGS Medikal, İstanbul, Türkiye). Bu implantları yerleştirirken önce frezin kaymasını engelleyen işaretleyici frez, daha sonra sırasıyla 2,2, pilot, 3,3 ve 3,7 mm çaplı frezler kullanılmıştır. İmplantlara Penguin<sup>RFA</sup> cihazının ölçüm ucu (multipeg) bağlanmış ve ölçümler kemiğin uzun eksenine paralel ve dikey olacak şekilde yapılmıştır (Resim 4). Ölçümler her yön için üçer defa tekrarlanmış ve ortalama bir ISQ değeri hesaplanmıştır.

**Resim 1**

Sığır atlas kemiğine yerleştirilmiş implantların görünümü

**Resim 3**

Sığır atlas kemiğine yerleştirilmiş implantların görünümü

**Resim 2**

Sığır atlas kemiğine yerleştirilmiş implantların görünümü

**Resim 4**

İmplantların primer stabilite ölçümlerinin Penguin<sup>RFA</sup> cihazı ile yapılması.

### **İstatistiksel İncelemeler**

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptanmıştır. Parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Student t test kullanılmıştır. Sonuçların ortalaması alınmış (ortalama ± Standart sapma (ss)) anlamlılık  $p < 0.05$  düzeyinde değerlendirilmiştir.

### **BULGULAR**

Çalışmada 50 rpm devir ile hazırlanan yuvalara yerleştirilmiş implantların primer stabilite ölçümlerinin ortalaması  $77,10 \pm 2,65$ ; 800 rpm devir ile hazırlanmış yuvalara yerleştirilmiş implantların primer stabilite ölçümlerinin ortalaması  $74,15 \pm 3,91$  olarak ölçülmüştür.

İki farklı protokolün ISQ ölçüm ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. 50 rpm protokolünün ISQ



ortalaması, 800 rpm protokolünden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Tablo 1).

**Tablo 1.**

**Gruplar arası tedavi sonrası ölçüm değerlerinin karşılaştırılması**

İmplant Yerleştirme Devirleri	ISQ
	Ort±ss
800 rpm	74,15 ± 3,91
50 rpm	77,10 ± 2,65
p	0,008*

\*ISQ: İmplant stabilite katsayısı (Implant Stability Quotient)

\*Ort±ss : Ortalama±standart sapma

## TARTIŞMA

Geleneksel protokollerde, yüksek devire bağlı olarak frezin neden olduğu ısı artışının kemik dokusunda nekroza neden olmaması için serum soğutması kullanılmaktadır. Ancak serum soğutmasının osteoindüksiyonu sağlayan proteinlerin, büyüme faktörlerinin ve alveol kemik oluşumunu sağlayan biyomoleküllerin ortamdan uzaklaşmasına neden olabileceği bildirilmiştir.<sup>11,26</sup> Kim ve ark.<sup>12</sup> ısı artışını değerlendirdikleri hayvan çalışmasının sonucunda, soğutma olmadan 50 rpm devir ile implant yuvası hazırlanmasının kemik dokusunun sıcaklığını anlamlı derecede artırmayacağını bildirmiştir. Calvo-Guirado ve ark.'nın<sup>27</sup> yaptığı hayvan çalışmasında soğutmalı geleneksel ( $\leq 1200$  rpm) ve soğutmasız basitleştirilmiş düşük ( $\leq 100$  rpm) devirli implant yuvası hazırlama protokollerinin oluşturduğu ısı değişimleri ve implantların çevresindeki zamana bağlı farklılıklar incelenmiştir. Araştırmacılar, her iki yöntemin de istatistiksel olarak benzer ısı artışına neden olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, 30. ve 90. günlerdeki kemik implant teması ve kemik kayıp miktarı her iki yöntem için de benzer bulunmuştur. Ancak, basitleştirilmiş düşük devirli yöntemin geleneksel yöntemle göre 2 kat daha fazla sürede tamamlandığı bildirilmiştir.<sup>27</sup> Düşük devirli yöntemin daha fazla ısı ürettiğini bildiren çalışmalar da vardır. Bunun nedenlerini düşük devirli yöntemde daha uzun sürede dikey baskı kuvveti uygulanması ve genel olarak anlamlı derecede daha yüksek teğetsel hız ve önemli ölçüde daha güçlü merkezkaç kuvveti üretmesi olarak tespit etmişlerdir.<sup>28-30</sup> Ayrıca, düşük devirli protokolün uygulama sırasında daha fazla sarsıntı oluşturması ve çevre kemik dokularda hasara yol açması ihtimali rapor edilmiştir.<sup>31</sup>

Serum soğutması olmadan düşük devirli (50 rpm) ve bol soğutma altında yüksek devir ile implant yuvası hazırlamanın histolojik parametreler ve osseointegrasyon açısından farklılık oluşturmadığı bildirilmiştir.<sup>13,15</sup> Tabassum ve ark.'ın<sup>32</sup> 2020 yılında yayınladıkları makalede, 20 hastaya yapılan implantların yuvalarını serum soğutması altında geleneksel ve soğutma

olmadan düşük devirli ( $\leq 200$  rpm) olarak hazırlamışlardır. Frezlerin üzerinde toplanan otojen kemik parçaları hücresel düzeyde incelenmiş ve düşük devirde toplanan kemik parçalarının daha yüksek düzeyde proliferasyon ve farklılaşma etkinliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Düşük devirde implant yuvası hazırlama protokolünün en önemli avantajlarından biri de frez üzerinde otojen kemik toplanmasına olanak sağlamasıdır. Bu sayede toplanan otojen greftte tükürük kontaminasyonu en alt düzeyde olmaktadır. Cerrahi sırasında yuvadan çıkan kemiği toplamanın bir başka yolu da filtre kullanmaktır ancak Manzano-Moreno ve ark.<sup>33</sup> kemik toplama filtrelerinde biriken otojen kemik parçalarının içerisinde, diğer yöntemlere göre anlamlı derecede daha fazla mikroorganizma olduğunu ve bu durumun biyolojik bir risk oluşturduğunu bildirmiştir.

Çalışmamızda farklı devirlerde hazırlanan yuvalara yerleştirilen implantların primer stabiliteyi RFA yöntemiyle ölçüldü. İmplant stabilitesinin ölçülmesinde RFA yöntemi uzun zamandır klinik çalışmalarda başarıyla kullanılmaktadır.<sup>34-36</sup> Cho ve ark.<sup>37</sup> da RFA yöntemini klinik uygulamalar için objektif, güvenilir ve kullanışlı bir yöntem olarak tanımlamıştır. Ancak, Huwiler ve ark.<sup>38</sup> tarafından yapılan klinik çalışmanın sonuçları RFA'nın implant stabilitesini değerlendirmek için hassas bir biyomekanik test olmadığını ve implant stabilitesinin kaybı hakkında erken bilgi vermediği gösterilmiştir Abrahamsson ve ark.<sup>39</sup> osseointegrasyonun histolojik parametreleri ile ISQ değerleri arasındaki ilişkiyi bir hayvan çalışması ile değerlendirmiş ve implant stabilitesini değerlendirmek için RFA ölçümlerine şüpheyle yaklaşılması gerektiğini bildirmiştir. Seo ve ark.<sup>40</sup> 2017 yılında yaptığı bir hayvan çalışmasında 50, 800 ve 1200 rpm hız ile implant yuvası hazırlama protokolleri karşılaştırılmış ve 50 rpm protokolün istatistiksel olarak daha düşük ISQ değerleri sağladığı bildirilmiştir. Ancak, bu çalışmada kullanılan denek hayvanı sayısının kesin istatistiksel sonuçlar çıkarmak için yeterli olmayacağı da bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise serum soğutması altında yüksek devirli implant yuvası hazırlama protokolünün ISQ ortalaması, düşük devirli protokolden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ( $p=0,008$ ). Çalışmamızın D2 kemikte değil de D4 kemikte yapılmasının sonuçları etkileyebileceğini düşünüyoruz. Ancak literatür incelendiğinde düşük devirli implant yuvası hazırlama protokolünün farklı kemik tipinde uygulandığı klinik çalışmalara rastlanmıştır. Bu nedenle bu yönde klinik çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu düşünmekteyiz.

Günümüzde RFA ölçümü yapmak amacıyla kullanılan 2 adet ticari cihaz vardır: Osstell ve Penguin<sup>RFA</sup>. Bizim çalışmamızda Penguin<sup>RFA</sup> cihazı kullanıldı. Osstell ve Penguin<sup>RFA</sup> cihazlarının güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği bir *ex vivo* çalışmada değerlendirilmiştir.<sup>41</sup>

Kırk adet implant, farklı yoğunluklara sahip farklı materyallere gömülmüş ve RFA ölçümleri her iki cihaz ile yapılmıştır. Her iki cihazın da çevredeki malzemenin yoğunluğuna duyarlı olduğu ve yoğun malzemelere yerleştirilen implantlarda daha yüksek ISQ değerleri elde edildiği bildirilmiştir.<sup>41</sup> Becker ve ark.<sup>42</sup> otuz hastaya uygulanan 38 implantın, implantların yerleştirildiği gün ve yükleme yapılmadan hemen öncesindeki stabilite değişikliklerini Osstell ve Penguin<sup>RFA</sup> cihazları ile ölçerek değerlendirmiştir. Penguin<sup>RFA</sup> cihazının ölçüm değerleri daha yüksek ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmasına rağmen, çalışma sonuçlarının, hangi cihazın ISQ değerlerini daha doğru bir şekilde ölçtüğünü tespit edemediğini bildirmişlerdir. Bural ve ark. yaptıkları bir *ex vivo* çalışmada Penguin<sup>RFA</sup> ölçüm sonuçlarını değerlendirmiş ve araştırmacıların kendi içinde ve birbirleri arasındaki güvenilirliğini mükemmel olarak bildirmişlerdir.<sup>24</sup> Bu çalışmada D1 kemiğe yerleştirilmiş implantlarda Penguin<sup>RFA</sup> ile yapılan ölçümlerin ortalaması 75,57 iken D3 kemiğe yerleştirilmiş implantların ortalaması 72,44 olarak kaydedilmiştir. Bural ve ark.'nın<sup>24</sup> kullandığı implant sistemi ile bizim kullandığımız implant sisteminin farklı olması bu iki çalışmanın sonuçlarının doğrudan kıyaslanmasını engellemektedir. Bununla beraber, bizim çalışmamızdaki 800 rpm ve D2 kemikteki ölçüm ortalamalarının (74,15), Bural ve ark.'nın<sup>24</sup> 800 rpm ve D1 kemikteki ölçüm ortalamaları (75,57) ile uyumlu olduğu söylenebilir.

## SONUÇ

1. Bu çalışmanın sınırları dâhilinde, 50 rpm ile hazırlanan yuvalara yerleştirilen implantların RFA ölçümlerinin ortalaması, geleneksel yöntemle hazırlanan yuvalara yerleştirilen implantların RFA ölçüm ortalamalarından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur.
2. Başlangıç RFA değerlerinin yüksek olması, düşük devirli hazırlanan yuvalara yerleştirilen implantların, geleneksel yöntemle yerleştirilen implantlara kıyasla daha avantajlı olduğunu akla getirmektedir.
3. Bu sonucun doğruluğunu ve klinikte anlamlı bir fark oluşturup oluşturmayacağını anlamak için farklı kemik tiplerinde ve implant markaları ile yapılacak randomize kontrollü klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

**KAYNAKLAR**

1. Lekholm U, Gröndahl K, Jemt T. Outcome of oral implant treatment in partially edentulous jaws followed 20 years in clinical function. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2006;8:178-86.
2. Dierens M, Vandeweghe S, Kisch J, Nilner K, De Bruyn H. Long-term follow-up of turned single implants placed in periodontally healthy patients after 16–22 years: radiographic and peri-implant outcome. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23:197-204. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02212.x. Epub 2011 Jul 6.
3. Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent.* 1983;50:399-410.
4. Albrektsson T, Zarb G and Worthington P. The long term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants,* 1986;1:11-25.
5. Carvalho AC, Queiroz TP, Okamoto R, Margonar R, Garcia IR Jr, Magro Filho O. Evaluation of bone heating, immediate bone cell viability, and wear of high-resistance drills after the creation of implant osteotomies in rabbit tibias. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26:1193-201.
6. Albrektsson T, Chrcanovic B, Östman PO, Sennerby L. Initial and long-term crestal bone responses to modern dental implants. *Periodontol 2000.* 2017;73:41-50. doi: 10.1111/prd.12176.
7. Queiroz TP, Souza FA, Okamoto R, Margonar R, Pereira-Filho VA, Garcia Júnior IR, et al. Evaluation of immediate bone-cell viability and of drill wear after implant osteotomies: immunohistochemistry and scanning electron microscopy analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:1233-40. doi: 10.1016/j.joms.2007.12.037.
8. Fugito Junior K, Cortes AR, de Carvalho Destro R, Yoshimoto M. Comparative Study on the Cutting Effectiveness and Heat Generation of Rotary Instruments Versus Piezoelectric Surgery Tips Using Scanning Electron Microscopy and Thermal Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018;33:345-50. doi: 10.11607/jomi.5806.
9. Moslemi N, Shahnaz A, Masoumi S, Torabi S, Akbari S. Laser-Assisted Osteotomy for Implant Site Preparation: A Literature Review. *Implant Dent.* 2017;26:129-36. doi: 10.1097/ID.0000000000000475.
10. Sarendranath A, Khan R, Tovar N, Marin C, Yoo D, Redisch J, Jimbo R, Coelho PG. Effect of low speed drilling on osseointegration using simplified drilling procedures. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2015;53:550-6. doi: 10.1016/j.bjoms.2015.03.010. Epub 2015 Apr 25.
11. Anitua E, Carda C, Andia I. A novel drilling procedure and subsequent bone autograft preparation: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22:138-45.
12. Kim SJ, Yoo J, Kim YS, Shin SW. Temperature change in pig rib bone during implant site preparation by low-speed drilling. *J Appl Oral Sci.* 2010;18:522-7.
13. Giro G, Marin C, Granato R, Bonfante EA, Suzuki M, Janal MN, et al. Effect of drilling technique on the early integration of plateau root form endosteal implants: an experimental study in dogs. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:2158-63. doi: 10.1016/j.joms.2011.01.029. Epub 2011 Apr 29.
14. Oh JH, Fang Y, Jeong SM, Choi BH. The effect of low-speed drilling without irrigation on heat generation: an experimental study. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2016;42:9-12. doi: 10.5125/jkaoms.2016.42.1.9. Epub 2016 Feb 15.
15. Gaspar J, Borrecho G, Oliveira P, Salvado F, Martins dos Santos J. Osteotomy at low-speed drilling without irrigation versus high-speed drilling with irrigation: an experimental study. *Acta Med Port.* 2013;26:231-6. Epub 2013 Jun 28.
16. Davies J. Understanding peri-implant endosseous healing. *J Dent Educ.* 2003;67:932-49. Review.
17. Christina PC, Sim Niklaus PL. Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Osstellmentor during implant tissue integration: Instrument positioning, bone structure, implant length. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21:598-604. doi: 10.1111/j.1600-0501.2009.01878.x.
18. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. *J Indian Prosthodont Soc.* 2016;16:124-30. doi: 10.4103/0972-4052.176539.
19. Monje A, Ravidà A, Wang HL, Helms JA, Brunski JB. Relationship Between Primary/Mechanical and Secondary/Biological Implant Stability. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2019 Suppl;34:s7-s23. doi: 10.11607/jomi.19suppl.g1.
20. Andreotti AM, Goiato MC, Nobrega AS, Freitas da Silva EV, Filho HG, et al. Relationship between implant stability measurements obtained by two different devices: a systematic review. *J Periodontol.* 2017;88:281-8. doi: 10.1902/jop.2016.160436. Epub 2016 Oct 21.
21. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol 2000.* 2008;47:51-66. doi: 10.1111/j.1600-0757.2008.00267.x.
22. Petersson A, Ph E, Sennerby L. On Standard Calibration Of Isq Transducer Pegs. Prerequisites for accurate and comparable RFA measurements. *Integr Diagnostics Updat.* 2016;1:1-3.

23. Hicklin SP, Schneebeil E, Chappuis V, Janner SF, Buser D, Brägger U. Early loading of titanium dental implants with an intra-operatively conditioned hydrophilic implant surface after 21 days of healing. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27:875-83. doi: 10.1111/clr.12706. Epub 2015 Dec 23.
24. Bural C, Dayan C, Geçkili O. Initial Stability Measurements of Implants Using a New Magnetic Resonance Frequency Analyzer With Titanium Transducers: An Ex Vivo Study. *J Oral Implantol.* 2020;46:35-40. doi: 10.1563/aaid-joi-D-19-00126.
25. Rokn A, Ghahroudi AAR, Daneshmonfared M, Menasheof R, Shamshiri AR. Tactile sense of the surgeon in determining bone density when placing dental implant. *Implant Dent.* 2014;23:697-703. doi: 10.1097/ID.0000000000000173.
26. Uchida S, Sakai A, Kudo H, Otomo H, Watanuki M, Tanaka M, Nagashima M, Nakamura T. Vascular endothelial growth factor is expressed along with its receptors during the healing process of bone and bone marrow after drill-hole injury in rats. *Bone.* 2003;32:491-501.
27. Calvo-Guirado JL, Delgado-Peña J, Maté-Sánchez JE, Mareque Bueno J, Delgado-Ruiz RA, Romanos GE. Novel hybrid drilling protocol: evaluation for the implant healing--thermal changes, crestal bone loss, and bone-to-implant contact. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26:753-60.
28. Augustin G, Davila S, Mihoci K, Udiljak T, Vedrina DS, Antabak A. Thermal osteonecrosis and bone drilling parameters revisited. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128:71-7.
29. Sharawy M, Misch CE, Weller N, Tehemar S. Heat generation during implant drilling: The significance of motor speed. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60:1160-1169. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60:1160-9.
30. Abouzgia MB, Symington JM. Effect of drill speed on bone temperature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1996;25:394-9.
31. Lindstrom J, Brånemark PI, Albrektsson T. Mandibular reconstruction using the preformed autologous bone graft. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1981;15:29-38.
32. Tabassum A, Wismeijer D, Hogervorst J, Tahmaseb A. Comparison of Proliferation and Differentiation of Human Osteoblast-like Cells Harvested During Implant Osteotomy Preparation Using Two Different Drilling Protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2020;35:141-149. doi: 10.11607/jomi.7648. Epub 2019 Jun 1.
33. Manzano-Moreno FJ, Herrera-Briones FJ, Linares-Recatala M, Ocaña-Peinado FM, Reyes-Botella C, Vallecillo-Capilla MF. Bacterial contamination levels of autogenous bone particles collected by 3 different techniques for harvesting intraoral bone grafts. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015;73:424-9. doi: 10.1016/j.joms.2014.10.020. Epub 2014 Oct 30.
34. Aksoy U, Eratalay K, Tözüm TF. The possible association among bone density values, resonance frequency measurements, tactile sense, and histomorphometric evaluations of dental implant osteotomy sites: A preliminary study. *Implant Dent.* 2009;18:316-25.
35. Lages FS, Douglas-de Oliveira DW, Costa FO. Relationship between implant stability measurements obtained by insertion torque and resonance frequency analysis: A systematic review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20:26-33. doi: 10.1111/cid.12565. Epub 2017 Dec 1.
36. Karl M, Buder T, Krafft T, Grobecker-Karl T. Reliability of clinical techniques for evaluating alveolar bone quality and primary implant stability. *Quintessence Int.* 2019;50:388-93. doi: 10.3290/j.qi.a42297.
37. Cho I-H, Lee Y-I, Kim Y-M. A comparative study on the accuracy of the devices for measuring the implant stability. *J Adv Prosthodont.* 2009;1:124-8.
38. Huwiler MA, Pjetursson BE, Bosshardt DD, Salvi GE, Lang NP. Resonance frequency analysis in relation to jawbone characteristics and during early healing of implant installation. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18:275-80.
39. Abrahamsson I, Linder E, Lang NP. Implant stability in relation to osseointegration: An experimental study in the Labrador dog. *Clin Oral Implants Res.* 2009;20:313-8.
40. Seo DU, Kim SG, Oh JS, Lim SC. Comparative Study on Early Osseointegration of Implants According to Various Drilling Speeds in the Mandible of Dogs. *Implant Dent.* 2017;26:841-7. doi: 10.1097/ID.0000000000000673.
41. Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Reliability of the Osstell Implant Stability Quotient and Penguin Resonance Frequency Analysis to Evaluate Implant Stability. *Implant Dent.* 2018;27:429-33. doi: 10.1097/ID.0000000000000766.
42. Becker W, Hujoel P, Becker BE. Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20:308-312. doi: 10.1111/cid.12598. Epub 2018 Mar 13.

## Yazışma Adresi:

Çenker Zeki KOYUNCUOĞLU  
 İstanbul Aydın Üniversitesi,  
 Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji AD  
 İstanbul, Türkiye  
 Tel : +90 212 444 83 47  
 E Posta : zekikoyuncuoglu@aydin.edu.tr