

# Dental İmplantların Değerlendirilmesinde Rezonans Frekans Analizi Yönteminin Klinik Önemi ve Geçerliliği

## Clinical Significance and Validity of the Resonance Frequency Analysis Method for Evaluating Dental Implants

Ferhan EĞİLMEZ\* Gülfem ERGÜN\*\*

### Özet

İmplantların başarısında, primer stabilite ve osseointegrasyon önemli rol oynamaktadır. İmplant stabilitesinin belirlenmesinde güvenilir ve geçerli bir yöntem olan rezonans frekans analiz (RFA) yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Aynı zamanda pek çok araştırmacı tarafından bu yöntemin implantların prognozunu belirlemede bir referans oluşturup oluşturmayacağı sorgulanmaktadır. Yapılan çalışmalar RFA ölçümlerinin, implantların yerleştirildiği kemik densitesi, implantın yerleştirildiği çene, implant tipi, yüzey özellikleri ve suprakrestal implant boyu gibi faktörlerden etkilendiğini bildirmişlerdir. Yüksek RFA değerlerinin iyi implant osseointegrasyonunun göstergesi olduğunu vurgulamışlardır. 60-65 ISQ değerlerine ulaşan implantlarda immediyat/erken yükleme yapılması söz konusu olabilmektedir. Son yıllarda primer stabilite ve osseointegrasyonun değerlendirilmesinde RFA ölçüm cihazları önem kazanmıştır. Bu derlemenin amacı, son zamanlarda popülerlik kazanan RFA ölçüm cihazlarının olumlu ve olumsuz özelliklerini yapılan çalışmalarda ortaya konan sonuçlara dayanarak gözden geçirmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Rezonans frekans analizi , primer stabilite, osseointegrasyon

### Abstract

Primary stability and osseointegration play important role in implant success. The resonance frequency analysis (RFA) method, which is reliable and valid, is frequently used for determining primary implant stability. It is investigated by many researchers that whether this method could be a reference to determine the implants' prognosis. Researches revealed that RFA measurements are affected by bone density, jaw type, implant type, surface specifications and supracrestal implant length. It is also reported that high values of RFA indicate good implant osseointegration. Immediate/early loading can be performed on 60-65 ISQ measured implants. Recently, RFA measuring devices are important to evaluate primary stabilization and osseointegration. The aim of this review is, to consider positive and negative features of the RFA measuring devices that have popularity nowadays.

**Key Words:** Resonance frequency analysis primary stability, osseointegration

\* Dt., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

\*\* Yrd. Doç. Dr., Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

## Giriş

Günümüzde diş eksiklerinin dental implantlarla tedavisi sıklıkla tercih edilen bir tedavi yaklaşımıdır. Dental implantların yerleştirilmesi sırasındaki başlangıç stabilitesinin (primer stabilitenin) ve implantasyon sonrası osseointegrasyon aşamasında kemik ile integrasyonunun, başarıyı sağlayan iki önemli kriter olduğu bildirilmektedir<sup>1,2</sup>. Stabilite; denge halindeki bir cismin veya sistemin yerini değiştirmeye gösterdiği dirençtir. Klinik olarak primer stabilite; kesin olarak tanımlanamamasına rağmen, implant yerleştirildikten hemen sonra implant hareketinin azlığı olarak algılanmaktadır<sup>3</sup>. Primer stabiliteyi, implantın yerleştirildiği kemiğin kalitesi ve kantitesi, implant geometrisi (boyu, çapı, tipi) ve yerleştirme tekniği (drill genişliği ve implant genişliği arasındaki ilişki) etkilemektedir<sup>4</sup>.

İmmediyat ve erken yükleme söz konusu olduğunda, osseointegrasyon henüz oluşmadığından, primer stabilite büyük önem kazanmaktadır. Primer stabilitenin ölçümünde çeşitli biyomekanik aletlerden faydalanılmaktadır. Bu ölçümün biyomekanik olarak yapılabilmesi, cerrahi öncesi kemik densitesi ile ilgili yapılan ölçümler arasındaki ilişki, tedavi planlamasında hekime yardımcı olmaktadır. Cerrahi tekniğin uyumlandırılması, yükleme protokolü implant dizaynı ve yüzey özellikleri geliştirilebilmesi söz konusu olabilmektedir<sup>3</sup>.

İmplant stabilitesi, invaziv olmayan test metodları (metalik bir enstrümanla implant veya implant üst yapısına hafifçe vurulması, yerleştirme torku, radyograflar, Periotest cihazı, Dental Fine test cihazı, vibrasyon metodları) ve invaziv test yöntemleri (yerinden çıkarma torku, histolojik ve histomorfometrik yöntemler) kullanılarak ölçülebilmektedir<sup>4-6</sup>.

Histoloji ve röntgen analizleri implant stabilitesini değerlendirmede kullanılan geleneksel bir diğer yöntemdir<sup>5</sup>. Kemik densitesi ölçümleri için histolojik ve morfometrik ölçümlerin kesin sonuçlar verdiği kabul edilmektedir. Histomorfometrik değerlendirmeler için operasyon öncesi alınan küçük biyopsiler kullanılmaktadır<sup>3</sup>. Bu yöntemler, implant-kemik temas yüzeyi ile ilgili doğru, kantitatif sonuçlar ver-

mekle birlikte aynı örnek için tek seferlik ölçüm yapılabildiğinden tekrarlanamamaktadır. Klinik kullanım için uygun olmadıkları bildirilmiştir<sup>5</sup>.

Radyograflar dental implantların değerlendirilmesinde çok sık kullanılan yöntemlerdendir. İki boyutlu görüntü vermeleri, radyografda implantın lokal defektleri maskeleyesine neden olabildiğinden, doğruluk ve tekrarlanabilirlikleri sınırlıdır. Bilgisayarlı tomografi (CT), implant-kemik temas yüzeyinin üç boyutlu görüntüsünü verebilmektedir. Genel olarak CT kemik yapısının görüntülenmesi için çok uygun olmakla birlikte metalik implantların çok fazla artefakta neden olması sebebiyle implant-kemik temas yüzeyinin değerlendirilmesi oldukça zordur, hastaya yüksek dozda X ışını verilmektedir<sup>3,5</sup>. Kadavra maksilla ve mandibulalarında mikro-bilgisayarlı tomografi (mCT) ile alınan 3 boyutlu morfometrik veriler ile geleneksel CT görüntüleri karşılaştırıldığında her ikisinde de mandibulada maksillaya göre; anterior bölgelerde posterior bölgelere göre daha yüksek kemik densitesinin varlığı ortaya konmuştur. mCT tekniği, trabeküler kalınlık ve trabeküllerin net izlenebilmesi gibi konularda daha spesifik bilgi verebilmekte ancak fazla zaman almakta ve in vivo koşullarda uygulanamamaktadır<sup>3</sup>.

Kantitatif bilgisayarlı tomografi (Quantitative computerized tomography, qCT) ölçümleri, bayanlarda osteoporöz tanısı açısından sıklıkla kullanılan bir kemik yoğunluğu ölçme yöntemidir. Yoğunluğu bilinen bir obje, kemik densitesi ölçülecek dokularla aynı radyografda yer alacak şekilde konumlandırılarak karşılaştırma yapılmaktadır. Bu teknik kullanılarak maksilla ve mandibulada kemik yoğunluğunun değerlendirildiği çalışmalar yapılmıştır<sup>3,5</sup>.

Magnetik rezonans görüntüleme (MRI) tekniği, implant-kemik temas yüzeyinin görüntülenmesinde CT' den daha iyi sonuç vermekte ancak yine artefaktlar görülebilmektedir. Kemik kütlesi ve yapısal değişikliklerin tespitinde MRI yeterli olamamaktadır<sup>5</sup>. İmplantın yerleştirilmesi sırasında kemiğin yoğunluğunu saptamayı sağlayan yöntemlerde sık kullanılan cihazlar, Periotest, Osstell ve Osseocare'dir<sup>3</sup>.

İmplant stabilitesini sayısal olarak ölçmek amacıyla geliştirilen Periotest veya Dental Fine Tester cihazları, hassasiyetlerinin az ve çözünürlüklerinin yetersiz olması, uygulayan kişiye göre verdiği sonuçların değişiklik gösterebilmesi gibi nedenlerle eleştirilmektedir<sup>6</sup>.

İmplant cerrahisi sırasında kemik densitesinin saptanması amacıyla yerleştirme torku ölçümlerinin (Osseocare) kullanımı önerilmiştir. Bu teknik, implant cerrahisi sırasında implant yuvası oluşturulurken kemik içinde kesme direnci sonucu oluşan tork kuvvetinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Kemik kalitesi, bir ünite kemik hacminin uzaklaştırılması gereken enerji olarak (J/mm<sup>3</sup> veya Ncm) ölçülmektedir. Bazı araştırmacılar, immediyat yüklenecek implantlarda önceden belirlenen yerleştirme tork seviyesini inklüzyon kriteri olarak kabul etmişler ve bu seviyenin üstündeki değerlere sahip implantlara yükleme yapmışlardır<sup>7-11</sup>. Bu çalışmalarda izleme periyodu sonrası implantların ağızda kalma oranları yüksek olmakla birlikte, yüksek yerleştirme tork değerlerine sahip implantların takibi hakkında kesin veriler yer almamaktadır. Calandriello ve arkadaşları<sup>8</sup> ise bir yıllık fonksiyonel yükleme yapılan implantlarda marjinal kemik seviyesine, yerleştirme tork değerlerinin (15-52Ncm) etkisi olmadığını bildirmiştir.

Son yıllarda primer implant stabilitesinin klinik olarak ölçümü için, invaziv olmayan rezonans frekans analiz (RFA) yöntemi ve Osstell cihazı tanıtılmıştır<sup>4-6</sup>. Bu yöntem ile primer implant stabilitesinin objektif olarak ölçülebileceği, implant cerrahisini takiben iyileşmenin değerlendirilebileceği, implant stabilitesinin uzun dönemde takip edilebileceği ve osseointegrasyonun in vivo olarak sayısal ölçümünün yapılabileceği bildirilmiştir<sup>5,6</sup>.

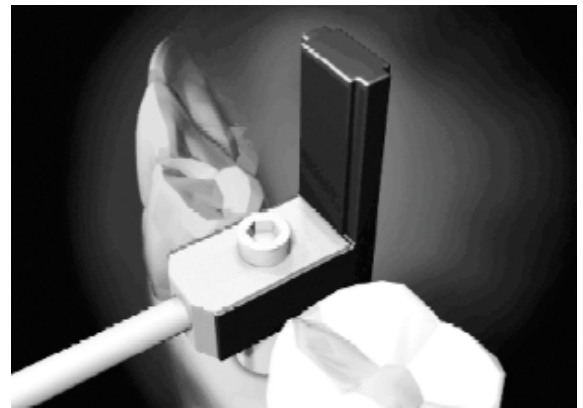
Bu çalışmanın amacı, RFA yöntemi ile ilgili in vivo ve in vitro çalışmaların sonuçlarını irdeleyerek bu metodun güvenilirliği, geçerliliği, klinik önemi ve implant stabilitesini değerlendirilmesindeki tanı değeri hakkında bilgi vermektir.

## Rezonans Frekans Analizi (RFA)

RFA, ilk olarak Meredith ve arkadaşları<sup>12</sup> tarafından tanıtılmıştır. RFA cihazı, temel vibrasyon teorisine göre yapılan bir dönüştürücüdür. Bu cihaza L şeklinde, iki piezoseramik eleman bağlanmış bir dönüştürücü, implant veya üst yapıya vidalanmakta, devamlı formdaki 5-15 kHz frekanslı titreşim dalgaları implant ve çevre dokulara gönderilmektedir. Alınan cevabı analiz eden bir frekans analizör, dizüstü bilgisayara bağlanarak bir program aracılığıyla, gelen sinyallerin amplitüdündeki ve fazındaki değişiklikler frekans (Hz)-amplitüd (V) grafiği ile değerlendirilmekte ve buna göre implantın stabilitesi belirlenmektedir<sup>4,13,14</sup>.

Başlangıçta implant stabilitesini Hertz (Hz) cinsinden ölçen bu prototip cihazlar kullanılmıştır. Bu teknikte, her dönüştürücü kendine özgü bir rezonans frekansına sahip olduğundan ve aynı implantta farklı dönüştürücü kullanıldığından farklı frekans verileri elde edilebilmektedir. Üst yapı yüksekliği ile rezonans frekansı arasında doğrusal bir ilişki kurulduğundan farklı dönüştürücüler, implantlar ve üst yapılar kullanılacağı zaman veriler kullanılmadan önce kalibre edilmelidir<sup>13</sup>.

RFA tekniğinin piyasadaki ilk ticari versiyonunda (Osstell), üretici firma tarafından kalibre edilmiş dönüştürücüler kullanılmıştır. RFA yapılmadan önce implant boyunun kaydedilmesi gerekmektedir<sup>13</sup>. Bu cihaz implant stabilitesini "implant stabilite kotası (implant stability quotient, ISQ)" olarak bildirmektedir. ISQ, 1 ile 100 arasında bir rakamsal değer olarak kaydedilmektedir<sup>5,6,13,14</sup>. (Resim 1. ve Resim 2.)



**Resim 1:** Eski versiyon RFA ölçüm cihazı.

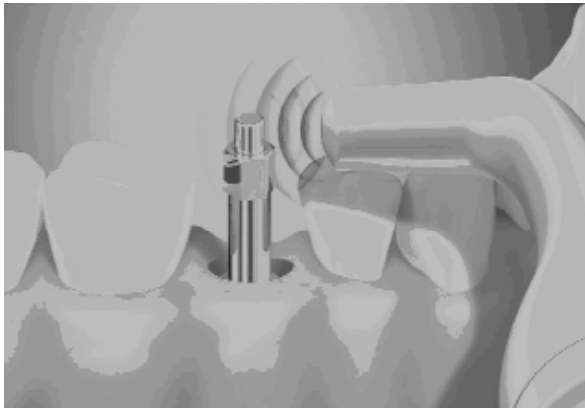


**Resim2:** Dönüştürücü, implant üst yapısına tork veya el ile vidalanır.

Son zamanlarda bu cihaz modifiye edilerek, kablo-suz üretimleri yapılmıştır. Alüminyum bir çubuk (Mentor, Integration Diagnostic) implanta vidalanmaktadır ve metal çubuğa gelen sinyaller sonucu rezonans frekansı elektromanyetik olarak belirlenmektedir<sup>13</sup>. (Resim 3. ve Resim 4.)



**Resim3:** RFA ölçüm cihazının kablosuz olan son versiyonu.



**Resim4:** İmplanta vidalanan metal bir çubuk ve Osstell cihazı ile RFA ölçümünün yapılması.

RFA kullanılarak yapılan çalışmaların bir kısmı bu analiz yönteminin güvenilirliğini ve geçerliliğini sorgularken<sup>6,11,15-19</sup> bir kısım çalışmada da RFA yöntemini implantların stabilitesinin prognozunu belirlemede kullanmışlardır<sup>20-25</sup>.

Son yıllarda Osstell tekniği kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, maksillada mandibuladan daha stabil değerler elde edildiği rapor edilmiştir<sup>6,11,15-18</sup>. Bazı çalışmalarda kemik kalitesi ile ISQ değerleri arasında bir ilişki bildirilirken<sup>6,11,17</sup>, Zix ve arkadaşları<sup>19</sup> tarafından böyle bir ilişki varlığının tespit edilemediği belirtilmiştir.

Östman ve arkadaşları<sup>11</sup>; cinsiyet, implant çapı, implantın yerleştirildiği bölgenin RFA üzerine etkilerini araştırmışlar ve kısa boylu implantlarda elde edilen RFA değerlerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bischof ve arkadaşları<sup>6</sup>, mandibula ve maksillaya 106 implant (ITI) yerleştirmiş ve implant pozisyonu, çapı, uzunluğu ve implantın yerleştirilme derinliğinin ISQ değerleri üzerine etkisi olmadığını rapor etmişlerdir.

Birçok çalışmada, başlangıçta düşük ISQ değerlerinin zaman içerisinde belirgin bir artış gösterdiği bulunmuş ve bu durum, iyileşme döneminde kemiğin yeniden şekillenmesi ve fonksiyona adaptasyon sürecinde kemik densitesindeki değişimlerle paralel bir durum olarak yorumlanmıştır<sup>13,18,26</sup>.

Tek aşamalı cerrahi teknik kullanılarak immediyat yüklenen implantlarla ilgili çalışmalarda ISQ değerlerinin başlangıçta azalırken, 2-3 ay içerisinde artış gösterdiği ve bu değişimin osseointegrasyon sürecinde kemik implant ara yüzeyindeki değişiklikleri yansıttığı ifade edilmiştir<sup>14,16,17</sup>.

Büchter ve arkadaşları<sup>27</sup>; 6 domuzun kranial ve kaudal tibia kondiline yerleştirdiği 56 implant (ITI) üzerinde RFA ve implantlar yerleştirildikten 7 ve 28 gün sonra ise, bu bölgelerde histolojik değerlendirme ve yerinden çıkarma tork ölçümleri yapmışlardır. Çalışma sonunda, kemik kalitesinde radyografik olarak belirlenebilen çok küçük bir azalma olduğu halde, RFA değerlerinde bu azalmanın tespit edilemediğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca RFA saptamalarının,

yerinden çıkarma tork kuvvetlerine direnç gösterme üzerine belirgin olarak etkili olan kemik implant arayüzündeki mikro hasarı belirleyebilecek kadar hassas olmadığını rapor etmişlerdir.

Akça ve arkadaşları<sup>28</sup> kadavraların dişsiz maksilla ve mandibulasına kullanarak yerleştirilen implantların (Astra, ITI) başlangıç stabilitesini ölçmek ve kemik mikromorfometresini değerlendirmek amacıyla RFA ve başlangıç yerleştirme tork değerlerini ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, kemik içi başlangıç implant stabilitesinin temel olarak, implantın yerleştirildiği bölgenin mikro yapısal özelliklerine bağlı olduğunu ve kemik implant arayüzündeki kemik kalitesinin ölçümünde yerleştirme torku ölçümünün, RFA ölçümlerine göre daha güvenilir olduğunu bildirmişlerdir.

Akça ve arkadaşları<sup>29</sup> yaptıkları bir başka çalışmada, dört insan kadavrasının maksillalarına 4'er implantı (ITI) lateral ve birinci premolar bölgelerine yerleştirmişler bar tutuculu overdenture protezler yaptıktan sonra, yerleştirme ve yerinden çıkarma tork değerleri ölçümleri ile RFA ve gerilim analizleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda RFA değerleri ile yerleştirme ve yerinden çıkarma tork değerleri arasında bir ilişki gözlenmediğini ve RFA değerlerinin, kemik içi ankraj ve implantların burulma kuvvetlerine karşı direncinin göstergesi olan yerleştirme tork değerlerini yansıtmadığını bildirmişlerdir. İmplantların primer stabiliteilerinin cerrahi tekniğe, implantın çap ve boyuna bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Yerinden çıkarma torku değerlerinin yerleştirme torku değerlerinden küçük çıkmasının nedenini, kadavralarda implantların osseointegre olamamasından kaynaklandığı şeklinde açıklamışlardır. Bununla birlikte klinik uygulamada, üst çeneye yerleştirilen implantlarda overdenture protezler ile immediyat yükleme yapmak için RFA'nın güvenilirliğinin şüpheli olduğunu belirtmişlerdir. İmplantlara immediyat yükleme yapılacağına, yalnızca RFA değerleri dikkate alınarak karar verilmemesi gerektiğini vurgulamışlardır. Friberg ve arkadaşları<sup>30</sup> ise RFA değerleri ile kemik kalitesi arasında bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Meredith ve arkadaşları<sup>31</sup>, tavşan tibiasına yerleştir-

dikleri implantlarda RFA yöntemi ile ölçümler yaparak sonuçlarını histomorfometrik değerlendirmelerle karşılaştırmışlardır. RFA ölçümlerinin implantlar yerleştirildiğinde ve iyileşme süresince in vivo olarak yapılabileceğini ve değişikliklerin implantı saran dokuların sertliğinin artışıyla ilgili olabileceğini bildirmişlerdir.

Lachman ve arkadaşları<sup>32</sup> sığır kemiğine 8 implant (Frialit) yerleştirmiş ve implant stabilitesini değerlendirmede Osstell ile Periotest cihazlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda araştırmacılar her iki yöntemin de güvenilir ve kabul edilebilir olduğunu ve her iki yöntemin de klinik olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.

In vitro yapılan bir çalışmada, silindirik vida tipli, makine yardımıyla pürüzlendirilmiş 4 implant (Branemark); basamaklı silindirik vida tipli ve asit ve kumlama ile pürüzlendirilmiş yüzeyle sahip 4 implant (Frialit 2), kendiliğinden polimerize olan akrilik rezin bloklara gömülmüştür. İmplantların çevresine daire şeklinde kemik defektleri açılmıştır. Daha sonra Periotest ve Osstell cihazlarıyla her seviyedeki kemik kayıplarının ölçümleri yapılmıştır. Önceki çalışmalarını da destekleyecek şekilde her iki yöntemin de implant çevresindeki kemik kaybının göstergesi olan implant stabilitesindeki azalmayı tespit etmek için uygun yöntemler olduğunu rapor etmişlerdir. İstatistiksel sonuçlarına göre, her iki cihazın da kemik kaybının tespiti ve implant stabilitesinin öngörülebilmesi açısından kullanılabilirliğini, bununla birlikte Osstell'in daha değerli bir cihaz olduğunu bildirmişlerdir<sup>33</sup>.

Huang ve arkadaşlarının<sup>2</sup> implant stabilitesinin erken saptanması amacıyla yaptıkları in vivo ve in vitro çalışmada, kemik bloklarında açılan yuvalara implantlar yerleştirmiş, yuva ve implant yüzeyi arasında kalan boşlukları doldurmak için alçı kullanmışlardır. Zayıf başlangıç stabilite koşullarında düşük RFA değerleri elde edildiğini bildirmişlerdir. İyileşmeyi temsil eden uzun zaman periyodu sonrasında (41 dakika) ise yüksek RFA değerleri elde etmişlerdir. Bu in vitro testinin geçerliliği için deney hayvan modellerini de kullanmışlar ve 6 tavşanın sol

tibialarına implantları yerleştirmişlerdir. Deney sırasında RFA değerlerinin iyileşme periyodu sırasında belirgin olarak arttığını ve implant-kemik birleşimi tamamlandığında ise platoya ulaştığını gözlemlemişlerdir. RFA yönteminin osseointegrasyon sürecinin erken tespiti için güvenilir ve doğru bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu yöntemin implantasyonun başlangıç dönemlerindeki durumunu yansıttığı ve iyileşme zamanının öngörülebilmesi için referans bir yöntem olabileceğini bildirmişlerdir. RFA değerlerindeki değişikliklerin izlenmesiyle implant tedavisinde erken tanının mümkün olabileceğini vurgulamışlardır.

Gedrange ve arkadaşları<sup>5</sup>, 14 kadavraya farklı lokalizasyonlarda ortodontik implant (ITI) yerleştirerek yaptıkları bir çalışmada, implantların stabilitesini, RFA yöntemiyle, histolojik ve radyolojik incelemelerle değerlendirmişlerdir. Kısa implantların yeterli kemik fiksasyonuna imkan verdiğini, ortodontik implantlarda, implantasyon ve kemik kalitesinin, implantların boyundan daha önemli olduğunu bulmuşlardır. RFA ile, implant ve kemik teması arasında bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir. Fakat, implantasyon radyografik olarak değerlendirildiğinde, stabiliteyi gösteren bir işaret bulamadıklarını bildirmişlerdir. RFA değerinin, implantı saran kemiğin seviyesinden ve implant -kemik arasındaki yüzeyin sertliğinden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Stabil ve mobil implantların (ITI) ayrımında Osstell cihazının tanı kapasitesinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, ilave olarak osseointegrasyonun öngörülebilmesi amacıyla implantlar yerleştirildiği günde ISQ değerleri ölçülmüş ayrıca implantlar immediyat yüklenince ve geleneksel olarak yükleme protokolü uyarınca 3 ay sonra yüklenildiğinde elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Osstell ölçümlerinin tekrarlanabilir olduğu ancak, RFA yönteminin mobil implantların belirlenebilmesi amacıyla kullanılabilir bir tanı yöntemi olmadığı, bununla birlikte ISQ değerleri  $\geq 47$  olan implantlarda implant stabilitesi için güvenilir olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, implantlar yerleştirildiği gün ölçülen ISQ değerleri

$\geq 49$  olan implantlara 3 aylık iyileşme periyodu boyunca yükleme yapılmamasını önerirken,  $\geq 54$  olan implantlara ise, immediyat yükleme yapılabileceğini ve bu implantların osseointegre olabileceğini bildirmişlerdir. ISQ başlangıç yerleştirme değeri düşük olan implantlar için implant stabilitesinin düşüklüğü, bu implantların yakın takibe alınması gerekliliğini ve ek önlemler alınarak, implant stabilitesi yeniden kazanılana kadar yükleme yapılmadan beklenmesini, aynı zamanda mekanik travma veya enfeksiyon açısından değerlendirilmesini gerektiren bir gösterge olduğunu vurgulamışlardır<sup>26</sup>.

Glauser ve arkadaşları<sup>14</sup> ise 60-65 ISQ ve üzeri değerlerin optimal olduğunu, RFA ölçüm sonuçları bu değerlere ulaşan implantlara yapılacak immediyat ve erken yükleme sonuçlarında başarısızlık ihtimalinin düşük olacağını belirtmişlerdir. ISQ değerleri  $\leq 40$  olan implantlarda ise başarısızlık ihtimalinin yüksek olacağını bildirmişlerdir.

Chrismani ve arkadaşları<sup>34</sup>, 20 hastaya 4 mm uzunluğunda ve 3.3 mm çapında palatal implantlar yerleştirmişler ve implantların stabilitesini RFA yöntemi ile gözlemlemişlerdir. Ölçümler, implant cerrahisinin yapıldığı gün, ilk ortodontik yüklemenin yapıldığı gün ve 12 haftalık periyod boyunca haftada bir gün yapılmıştır. Araştırmacılar, erken yükleme yapılan implantların başlangıç ISQ değerlerinin düştüğünü, ancak cerrahiden 6 hafta sonra ise ISQ değerlerinin yükseldiğini bulmuşlardır. Çalışma sonucunda palatal implantlarda iyileşme için literatürde önerilen 12 haftalık sürecin tartışılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Glauser ve arkadaşları<sup>14</sup>, 23 hastaya yerleştirilen ve immediyat veya erken yükleme yapılan 81 implantta (Branemark) bir yıl boyunca implant stabilitesini değerlendirmek amacıyla tekrarlanan RFA ölçümleri yapmışlardır. İmplantların 30 tanesini taze çekim soketine yerleştirmişler ve 62 tanesini de yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu yaparak yerleştirmişlerdir. Klinik ve radyolojik değerlendirmelerden sonra implantlar yerleştirildiğinde, protezler bağlandığında, 1, 3, 6 ve 12 ay sonra RFA ölçümlerini yapmışlardır. Kaybedilen implantların stabilitesinin

devamlı olarak azaldığını, buna paralel olarak, 1 ve 2 ay sonraki RFA değerlerinin ilerideki implant kaybının göstergesi olacak şekilde azaldığını bildirmişlerdir. Bu yüzden RFA yöntemiyle tanısı yapılan ve stabilitesi zamanla azalan implantlarda yüklemeye yapılmasından kaçınılarak implantların kaybedilmesinin önlenebileceğini rapor etmişlerdir.

Zix ve arkadaşları<sup>19</sup>, maksillaya yerleştirilen ve osseointegrasyonları başarılı olan tek aşamalı yerleştirilmiş implantların ISQ değerlerinin tespit edilmesi amacıyla 35 hastada RFA yöntemiyle implantların stabilitesini ölçmüşlerdir. 120 implantın (ITI) 41'ine yüklemeye yapmamışlar, 31'ine  $\leq 12$  ayda yüklemeye yapmışlar ve 48'ine de  $\geq 1$  yılda yüklemeye yapmışlardır. İstatistiksel değerlendirme sonucunda RFA yöntemiyle stabiliteyi ölçülen implantlarda ISQ değerleri açısından fark gözlemlenmemişlerdir. Çene kemiğinin farklı bölgelerinde kemik kalitesi açısından da fark bulamamışlardır. Sadece cinsiyet farkının belirgin faktör olduğunu ve erkeklerde ISQ değerlerinin kadınlarda elde edilen ISQ değerlerinden fazla olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, implantlarda bir kez yapılan RFA ölçüm sonuçlarına göre implantların stabilitesinin saptanamayacağını ve gelecekteki performansının öngörülemediğini, zaman içinde tekrarlanan ölçümlere ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ISQ değerleri ölçülen implantlar arasında, yüklemeye periyodu veya çene kemiğinde yerleştirildikleri bölge açısından fark gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. Aynı yaş grubundaki menopoza sonrası kadınlarda, erkeklerden belirgin olarak düşük ISQ değerleri elde edildiğini rapor etmişlerdir.

### Sonuç

RFA yöntemi, primer implant stabilitesinin belirlenebilmesi ve implantların klinik takibi amacıyla geliştirilen ve pek çok çalışmada kullanılan bir yöntemdir. Çalışmaların bir bölümünde, Osstell cihazının güvenilirliği ve doğruluğu değerlendirilirken, bir kısmı da bu yöntemin, implantların gelecekte klinik olarak nasıl bir durum sergileyeceklerini öngörebilmek ve immediyat/erken yüklemeye protokollerinin uygulan-

bilmesi için bir tanı yöntemi olarak kullanımını değerlendirmişlerdir.

RFA yönteminin primer implant stabilitesini belirleyebilmek amacıyla kullanılacak güvenilir ve doğru bir yöntem olduğunu gösteren çok sayıda çalışmaya rağmen, bazı çalışmalarda ISQ değerleri ile kemik-implant ara yüzeyi arasındaki kemik kalitesi arasında bir ilişki gözlemlenmediği belirtilmiştir. İn vitro veya kadavra çalışma sonuçları ile in vivo çalışma sonuçlarının farklılığı, çalışma modellerindeki farklılıklardan veya bu yöntemin in vivo şartlarda uygulama zorluğundan kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. İmplant tedavisinde önemli bir faktör olan primer stabilitenin, implantın yerleştirildiği kemiğin kalite ve kantitesine, implant geometrisine (boyu, çapı, tipi) ve yerleştirme tekniğine (drill genişliği ve implant genişliği arasındaki ilişki) bağlı olduğu göz önünde tutulmalıdır. Özellikle mobil implantlarda stabiliteyi değerlendirirken RFA yönteminin güvenilir olmadığı bildirilmiştir. Bunun yanında, implant tedavisinin prognozunu ve implantlara ne zaman yüklemeye yapılacağını belirlemek için RFA yönteminin referans olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Düşük veya zamanla azalan ISQ değerleri, implantlarda stabilite kaybının göstergesi olabilmektedir. İmplantlara yüklemeye yapılabilirlik eşik ISQ değerlerini bildiren çalışmalar oldukça azdır. Buna ilaveten ilk ISQ değerleri  $\geq 49$  olan implantlara, 3 aylık iyileşme periyodu sonunda yüklemeye yapılabilirliği vurgulanmıştır. İmmediyat/erken yüklemeye yapabilmek için ise bu değerlerin 60-65 ISQ olmasına özen gösterilmesi gerektiği vurgulanmıştır. ISQ değerlerinin bir kezlik ölçüm sonuçlarına göre yüklemeye protokolüne karar verilmemesi gerektiği ve ölçümlerin birkaç kez tekrarlanması gerektiği çalışmaların ortak sonucudur.

Primer implant stabilitesinin belirlenmesinde histolojik değerlendirmeler ve histomorfometrik çalışmalar en güvenilir ve doğru sonuç veren yöntemler olarak bildirilmektedir. Ancak bu yöntemlerin bir kez uygulanabilmeleri ve osseointegrasyon sürecinde implantların stabilitesini klinik olarak takip etmeye

uygun olmamaları dezavantajlarını oluşturmaktadır. Geliştirilen invaziv olmayan yöntemlerden RFA, implant stabilitesinin belirlenebilmesi, implantların klinik performanslarının öngörülebilmesi ve implantlarda osseointegrasyon sürecinde klinik takibe olanak sağlamaları, yükleme protokollerinin belirlenebilmesi gibi yararları açısından umut vaat etmektedir. Ancak tüm bu değerlendirme çalışmaları çok yenidir. Geçerli klinik sonuçlar için daha fazla araştırmaya gereksinim olduğundan dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

### Kaynaklar

- Huang H-M, Chiu C-L, Yeh L-C, Lee S-Y. Factors influencing the resonance frequency of dental implants. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61: 1184-8.
- Huang H-M, Chiu C-L, Yeh L-C, Lin C-T, Lin L-H, Lee S-Y. Early detection of implant healing process using resonance frequency analysis *Clin Oral Impl Res* 2003; 14: 437-43.
- Molly L. Bone density and primary stability in implant therapy. *Clin Oral Imp Res* 2006; 17 : 124-35.
- Türkyılmaz İ. A comparison between insertion torque and resonance frequency in the assessment of torque capacity and primary stability of Branemark system implants. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 754-9.
- Gedrange T, Hietschold V, Mai R, Wolf P, Nicklisch M, Harzer W. An evaluation of resonance frequency analysis for the determination of the primary stability of orthodontic palatal implants. A study in human cadavers. *Clin Oral Impl Res* 2005; 16: 425-31.
- Bischof M, Nedir R, Szmukler-Moncler S, Bernard J-P, Samson J. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. A clinical RFA study with SLA ITI implants. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 529-39.
- Hui E, Chow J, Li D, Liu J, Wat P, Law H. Immediate provisional for single-tooth implant replacement with Branemark system: preliminary report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001; 3: 79-86.
- Calandriello R, Tomatis M, Vallone R, Rangert B, Gottlow J. Immediate occlusal loading of single lower molars using Branemark System Wide-Platform Ti-Unite implants: an interim report of a prospective open-ended clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5: 74-80.
- Malo P, Friberg B, Polizzi G, Gualini F, Vighagen T, Rangert B. Immediate and early function of Branemark System implants placed in the esthetic zone: a 1-year prospective clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003; 5: 37-46.
- Vanden Bogaerde L, Pedretti G, Dellacasa P, Mozzati M, Rangert B. Early function of splinted implants in maxillas and posterior mandibles using Branemark system machined-surface implants: an 18-month prospective clinical multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:21-8.
- Ostman PO, Hellman M, Sennerby L. Direct implant loading in the edentulous maxilla using a bone density-adapted surgical protocol and primary implant stability criteria for inclusion. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7:60-9.
- Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:261-7.
- Aparicio C, Lang N P, Rangert B. Validity and clinical significance of biomechanical testing of implant/bone interface. *Clin Oral Imp Res* 2006; 17: 2-7.
- Glauser R, Sennerby L, Meredith N, Ree A, Lundgren AK, Gottlow J, Hammerle CH. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Impl Res* 2004; 15: 428-34.
- Balleri P, Cozzolino A, Ghelli L, Momicchioli G, Varriale A. Stability measurements of osseointegrated implants using Osstell in partially edentulous jaws after 1 year of loading: a pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002;4:128-32.
- Barewal RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Resonance frequency measurement of implant stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:641-51.
- Balshi SF, Allen FD, Wolfinger GJ, Balshi TJ. A resonance frequency analysis assessment of maxillary and mandibular immediately loaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:584-94.
- Becker W, Sennerby L, Bedrossian E, Becker BE, Lucchini JP. Implant stability measurements for implants placed at the time of extraction: a cohort, prospective clinical trial. *J Periodontol* 2005;76:391-7.
- Zix J, Kessler-Liechti G, Mericske-Stern R. Stability measurements of 1-stage implants in the maxilla by means of resonance frequency analysis: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:747-52.
- Rasmusson L, Kahnberg KE, Tan A. Effects of implant design and surface on bone regeneration and implant stability: an experimental study in the dog mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001;3:2-8.
- Rasmusson L, Stegersjo G, Kahnberg KE, Sennerby L. Implant stability measurements using resonance frequency analysis in the grafted maxilla: a cross-sectional pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 1999;1:70-4.
- Rasmusson L, Meredith N, Kahnberg KE, Sennerby L. Effects of barrier membranes on bone resorption and implant stability in onlay bone grafts. An experimental study. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:267-77.



23. Rasmusson L, Meredith N, Cho IH, Sennerby L. The influence of simultaneous versus delayed placement on the stability of titanium implants in onlay bone grafts. A histologic and biomechanic study in the rabbit. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28:224-31.
24. Rasmusson L, Meredith N, Kahnberg KE, Sennerby L. Stability assessments and histology of titanium implants placed simultaneously with autogenous onlay bone in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1998;27:229-35.
25. Rasmusson L, Meredith N, Sennerby L. Measurements of stability changes of titanium implants with exposed threads subjected to barrier membrane induced bone augmentation. An experimental study in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:316-22.
26. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:520-8.
27. Büchter A, Kleinheinz J, Wiesmann HP, Kersken J, Nienkemper M, Weyhrother H, Joos U, Meyer U. Biological and biomechanical evaluation of bone remodelling and implant stability after using an osteotome technique. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:1-8.
28. Akca K, Chang TL, Tekdemir I, Fanuscu MI. Biomechanical aspects of initial intrasosseous stability and implant design: a quantitative micro-morphometric analysis. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:465-72.
29. Akca K, Akkocaoglu M, Comert A, Tekdemir I, Cehreli MC. Human ex vivo bone tissue strains around immediately loaded implants supporting maxillary overdentures. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:715-22.
30. Friberg B, Sennerby L, Linden B, Grondahl K, Lekholm U. Stability measurements of one-stage Branemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28:266-72.
31. 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. *Clin Oral Implants Res* 1997 ;8:234-43.
32. Lachmann S, Jager B, Axmann D, Gomez-Roman G, Groten M, Weber H. Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part I: an in vitro study on measurement reliability and a method of comparison in the determination of primary dental implant stability. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:75-9.
33. Lachmann S, Laval JY, Jager B, Axmann D, Gomez-Roman G, Groten M, Weber H. Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part 2: peri-implant bone loss follow-up. An in vitro study with the Periotest and Osstell instruments. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:80-4.
34. Crismani AG, Bernhart T, Schwarz K, Celar AG, Bantleon HP, Watzek G. Ninety percent success in palatal implants loaded 1 week after placement: a clinical evaluation by resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 2006;17 :445-50.

Yazışma Adresi:

Dt. Ferhan EĞİLMEZ

Adres: Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
 Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı  
 8. Cd. 82. Sk. 06510 Emek, Ankara  
 Tel: 0.312 212 62 20  
 Fax: 0.312 223 92 26  
 e-mail: fegilmez@gazi.edu.tr