



■ Derleme

## Dental implantlarda stabilite ölçüm yöntemleri

### *The methods of dental implant stability measurement*

Eda İZGİ\* , Barış ŞİMŞEK 

Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara/TÜRKİYE

#### Öz

Osseointegrasyon, protezi desteklemek için temel oluşturabilecek bir implant gövdesine doğrudan bir kemik ankrajının olması olarak tanımlanır. İmplant stabilitesi, kemik ve implant yüzeyi arasında direk yapısal ve fonksiyonel bağlantı olan osseointegrasyon için önemli rol oynamaktadır. İmplant stabilitesi, primer ve sekonder stabilite olmak üzere 2 aşamada meydana gelmektedir. Primer stabilite, kemik ile mekanik bağlanma sonucu ortaya çıkarken; sekonder stabilite, kemik rejenerasyonu ve remodelasyonu ile ortaya çıkan biyolojik stabilitedir. Başarılı ve sürdürülebilir implant stabilitesi istenen bir klinik sonuçtur. Bu nedenle implant stabilitesi ölçüm yöntemleri, implant başarısının değerlendirilmesi bakımından oldukça önemlidir. İmplant stabilitesini değerlendirmek amacı ile çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu derlemede, literatürdeki bilgiler ışığında, kullanılan yöntemlerin avantaj ve dezavantajları birbirleriyle karşılaştırılarak klinik kullanımları hakkında detaylı bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** dental implant; implant stabilitesi; rezonans frekans analizi

#### Abstract

Osseointegration is defined as the presence of a bone anchorage directly to an implant body, which may form the basis for supporting the prosthesis. Implant stability plays an important role in osseointegration, a direct structural and functional connection between bone and implant surface. Implant stability occurs in two stages as primary and secondary stability. Primary stability was mostly caused by mechanical attachment with cortical bone; secondary stability offers biological stability through bone regeneration and remodeling. Successful and sustainable implant stability is a successful clinical outcome. Therefore, the methods of measuring the stability of the implant are very important for the evaluation of implant success. Various methods are used to evaluate implant stability. In this review, in the light of the information in the literature, it is aimed to give detailed information about the clinical uses of the methods by comparing the advantages and disadvantages of the methods.

**Keywords:** dental implant; implant stability; resonance frequency analysis

Sorumlu yazar\*: Eda İZGİ, Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara/TÜRKİYE

E-posta: eda.ucbas@hotmail.com

ORCID: 0000-0003-2879-7798

Gönderim: 13.09.2019 kabul: 18.02.2020

Doi: 10.18663/tjcl.619650

## Giriş

Osseointegrasyon, protezi desteklemek için temel oluşturabilecek bir implant gövdesine doğrudan bir kemik ankrajının olması olarak tanımlanır [1,2]. İmplant stabilitesi, kemik ve implant yüzeyi arasında direk yapısal ve fonksiyonel bağlantı olan osseointegrasyon için önemli rol oynamaktadır [2,3].

İmplant stabilitesi, primer ve sekonder stabilite olmak üzere 2 aşamada meydana gelmektedir [4]. Primer stabilite kemik ile mekanik bağlanma sonucu ortaya çıkar. Sekonder stabilite ise kemik rejenerasyonu ve remodelasyonu ile ortaya çıkan biyolojik stabilitedir [3,5]. Osseointegrasyon ve başarılı iyileşme için en önemli kriterlerden biri olan primer stabilite, implant dizaynına (çapına, uzunluğuna ve yiv özelliklerine), cerrahi tekniğe, lokal kemiğin mekanik kalitesine ve kantitesine bağlıdır [6,7]. Sekonder stabilite ise primer stabiliteden implant yüzey özelliklerinden, kemik modeli ve remodelasyonundan etkilenir [8].

Başarılı ve sürdürülebilir implant stabilitesi istenen bir klinik sonuçtur [9,10]. Bu nedenle implant stabilitesi ölçüm yöntemleri, implant başarısının değerlendirilmesi bakımından oldukça önemlidir. İmplant stabilitesini değerlendirmek amacı ile çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Tablo 1). Bu derlemede literatürdeki bilgiler ışığında kullanılan yöntemlerin avantaj ve dezavantajları birbirleriyle karşılaştırılarak klinik kullanımları hakkında detaylı bilgi verilmesi amaçlanmıştır. (Tablo 1 84. sayfada yer almıştır).

### İmplant stabilite yöntemlerinin amaçları: [11]

#### 1. İmplantların yükleme zamanları hakkında bilgi vermesi

İmplant stabilitesinin objektif ölçümü immedat yükleme konusunda hekimin karar vermesine yardımcı olur. İmplant stabilitesi ile ilgili spesifik değerler, immedat yükleme konusunda dahil etme kriteri olarak görev yapabilir.

#### 2. Hastaya özgü protokol seçimi

İmplant stabilitesinin objektif ölçümü sayesinde hekimler hastaya özgü protokol seçimleri konusunda daha iyi karar alabilirler. Düşük implant stabilite ölçümleri immedat yüklenmenin tedavi sonucunu tehlikeye sokacağını gösterdiğinde iki aşamalı protokol tercih edilebilirken; yüksek implant stabilite ölçümlerinin kaydedildiği durumlarda implant hemen yüklenebilir.

#### 3. Yüklemenin kaldırılması gereken durumlar

İmplant stabilitesinin objektif ölçümü yüklemenin kaldırılması ile ilgili doğru kararların alınmasına yardımcı olur. Sennerby ve Meredith, immedat yüklenmiş geçici bir protezi kalıcı protezle değiştirirken kaydedilen düşük implant stabilite değerinin aşırı yüklemenin ve devam eden başarısızlığın bir göstergesi olabileceğini belirtmişlerdir [12]. Düşük implant stabilite değerleri saptandığında yüklemenin ortadan kaldırılmasını; hat-

ta ilave implant yerleştirerek kalıcı protezi yüklemeyi önerirler.

#### 4. Hasta-hekim arasındaki iletişimi olumlu yönde desteklemesi

İmplant stabilite ölçümleri hekim ve hasta arasındaki iletişimin gelişmesine yardımcı olur. Hekim öznel yargılardan ziyade ölçülebilir değerleri hastaya ifade ettiğinde tedavi seçenekleri daha kolay açıklanır.

#### 5. Vaka dokümantasyonu sağlama

Objektif implant stabilite ölçümleri, hasta takibi sırasında faydalı olabilecek implant tedavilerinin klinik sonuçlarını belgelemek için kullanılabilir.

### İmplant Stabilitesi Değerlendirme Yöntemleri

#### 1. Histolojik Analiz

Histolojik analiz kemik-implant kontak miktarının hesaplanması için implant çevresindeki kemikten örnek alınmasını gerektirdiğinden oldukça invaziv bir yöntemdir. Bu nedenle, osseointegrasyon seviyesinin belirlenmesinde yüksek doğruluk payı olmasına rağmen klinik olmayan çalışmalarda ve deneylerde kullanılabilir [13].

#### 2. Radyolojik Analiz

Radyografi, implant yerleştirilmesi planlanan alandaki kemiğin değerlendirilmesi için diagnostik amaçla sıklıkla kullanılır. Preoperatif değerlendirmede, implant stabilitesinin ve abutment uyumunun belirlenmesinde en yaygın kullanılan araçlardan biridir. Peri-implanter lezyonları, marjinal kemik kaybını ya da osseointegrasyon sürecini gözlemleyerek implant stabilitesi hakkında bilgi verir [4]. Fakat konvansiyonel radyografilerde bazı sınırlamalar vardır. Görüntünün iki boyutlu ve düşük çözünürlükte olması, distorsiyona uğraması, % 30'dan az kemik kaybında kemikteki değişiklikleri algılamanın zor olması bu sınırlamalardan birkaçıdır [14]. Buna rağmen, radyografi osseointegrasyonun ve implant stabilitesinin değerlendirmesi için klinikte sıklıkla kullanılan temel bir yöntemdir.

#### 3. Hekimin Algısı

Primer stabiliteyi değerlendirmenin bir yöntemi de hekimin algısıdır. Bu genellikle yerleştirme sırasında implantın kesme direncine ve oturma momentine dayanır. İmplant oturduğunda ani durma hissi ile iyi stabilite algısı oluşur. Ancak bu yöntem yalnızca implantın yerleştirilmesi aşamasında kullanılabilir [11].

#### 4. Perküsyon Testi

Perküsyon testi, osseointegrasyon seviyesini tahmin etmek için kullanılacak en basit yöntemlerden biridir [5]. Bu yöntem, metal bir aletle vurma sonucu duyulan sese dayanır. Net şekilde çıkan bir "kristal" ses başarılı osseointegrasyonu,

“donuk” bir ses zayıf osseointegrasyonu gösterir [9]. Bu yöntemde başlangıçta implanta dikey perküsyon yapılır ve başarılı bir sonuç alınırsa abutment bağlanır. Ardından yatay perküsyon yapılır ve ortaya çıkan ses tekrar değerlendirilir. Perküsyon testi, hekimin deneyimine bağlı olan subjektif bir testtir. Bu nedenle, deneysel araştırmalarda standart bir test yöntemi olarak kullanılamaz. Ayrıca ara yüz alanının % 15'inin başarılı osseointegrasyonu ile net bir sesin ortaya çıkması sebebiyle tek başına güvenilir bir test değildir [15].

### 5. Kesme Direnci Analizi

İlk olarak Johansson ve Strid tarafından primer stabilitenin değerlendirilmesi amacıyla ileri sürülen, daha sonra Friberg ve ark. tarafından geliştirilen kesme direnci analizi, implant cerrahisi sırasında bir birim kemik hacminin kesilmesi için elektrik motoruna gereken enerjinin ölçülmesi esasına dayanır [16–18]. İmplant osteotomisi sırasında implant yerleştirilecek alandaki kemik sertliğini belirler. Kesme direnci analizi, belirli kalitedeki kemik bölgesinde optimal iyileşme süresinin belirlenmesine katkıda bulunur [19].

Kesme direnci analizinin en büyük sınırlaması osteotomi sahası hazırlanana kadar kemik kalitesi hakkında herhangi bir bilgi vermemesidir. Ayrıca bu yöntem, implantın risk altında olacağı en düşük kritik sınırı göstermez [20]. Kesme direnci analizi bazı araştırmacılar tarafından implant yerleştirilmesi sırasında kemik dansitelerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır [21–23]. Johansson ve ark., kesme direnci değerleri ile Lekholm ve Zarb'ın tanımladığı kemik kalitesi indeksi arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur [2,21].

### 6. Yerleştirme Torku Ölçümü

İmplantın yerleştirilmesi sırasında kemik kalitesini değerlendirmek için yerleştirme torku değerlerinden yararlanır [24,25]. Yerleştirme torku, implant stabilitesini etkileyen bir değişken olmasının yanı sıra bağımsız bir stabilite ölçümü yöntemi olarak da kullanılabilir. Yerleştirme torku genellikle implant bölgesindeki cerrahi bir prosedür; aynı zamanda implant tasarımı ve kemik kalitesinden etkilenen mekanik bir parametredir [26]. Bu yöntem implantın hazırlanmış olan implant kavitesi içine yerleştirilmesi sırasında yuvadaki yiv açılması için gereken en düşük tork kuvvetinin belirlenmesi esasına dayanır ve invaziv bir tekniktir. Ayrıca yeni kemik oluşumunu ve sekonder stabiliteyi değerlendiremez. Bu nedenle implantın yerleştirilmesinden sonra stabilite ölçüm yöntemi olarak kullanılamaz [27].

### 7. Ters Yönlü Tork Testi

Bu yöntem kesme direnci analizinden farklı olarak kemik-implant temasının tahrip olduğu kritik tork değerini ölçer. Roberts ve ark. tarafından ileri sürülmüş, Johansson ve Albrektsson ta-

rafından geliştirilmiştir [28–30]. Ters tork değerinin 45-48 N/cm arasında olduğu bildirilmiştir. Fakat Sullivan ve ark. 20 N/cm'den büyük ters yönlü tork değerinin başarılı bir osseointegrasyon için bir kriter olabileceğini; çünkü abutment bağlantısı sırasında implantların 20 N/cm tork ile çıkarılmayacağını belirtmişlerdir [31]. Aksine Brenemark, ters yönlü tork uygulamasının, düşük dereceli torklarda bile implantlarda geri dönüşümsüz deformasyona yol açtığını rapor etmiştir [32]. Ters yönlü tork testinin eşik sınır değeri hastaya, implant materyaline, kemik kalitesine ve miktarına bağlı olduğundan bu yöntem ile osseointegrasyon derecesi ölçülemez. Yalnızca tamamen osseointegre olup olmadığı hakkında bilgi sağlar. Ayrıca, lateral hareketliliğin ölçümü, başarılı bir tedavi sonucunun bir göstergesi olarak rotasyonel hareketlilik ölçümünden daha faydalıdır. Rotasyonel olarak hareket eden bir implant lateral olarak stabil olabilir. Ters tork testi lateral hareketliliği ölçmez [11].

### 8. Çekme ve İtme Testleri

Çekme-itme testi implant-kemik ara yüzündeki iyileşme kapasitesini değerlendirir [33]. İmplant-kemik ara yüzüne paralel yük uygulayarak kayma direnci ölçülür. Tipik bir itme veya çekme testinde silindirik implant kemik içine yerleştirilir ve sonra ara yüze paralel bir kuvvet uygulayarak çıkarılır. Maksimum yük kapasitesi (ya da başarısızlık yüklemesi), kuvvet-yer değiştirme üzerindeki maksimum kuvvet olarak tanımlanır. İtme ve çekme testleri sadece yivli olmayan silindirik implant tipleri için uygulanabilir [33,34].

### 9. Gerilim Testi

Gerilim testi, implantı kemikten ayırarak yapılan bir yöntemdir. Branemark tarafından lateral yükü implanta uygulayarak modifiye edilmiştir [35].

### 10. Model Analizi

Model analizi, vibrasyon analizi olarak da adlandırılır, rezonanstaki bir sistemin doğal frekansını veya yer değiştirme sinyalinin ölçer. Bu ölçüm eksternal sabit dalgalar veya geçici bir uyarı kuvveti tarafından başlatılır. Teorik ve deneysel olarak iki modelde gerçekleştirilebilir. Teorik model analizi sonlu elemanlar analizini içerir. Çeşitli kemik seviyelerinde stres ve gerginliği hesaplamak için yapılır. Deneysel model analizi ise dinamik bir analizdir. Klinik olmayan çalışmalarda in vitro yaklaşımda kullanılır [36].

### 11. Titreşim Salınımlı Dalga Uyarımı

Kaneko ve ark. tarafından ileri sürülen bu yöntem titreşim salınımlı dalga uyarımını kullanarak implant-kemik ara yüzünün mekanik titreşim özelliklerini analiz eder ve implant stabilitesini değerlendirir. Küçük bir darbeli kuvvet tarafından uyarılmış implantın titreşim genişliği ve sıklığı tahminine dayanır [37].

## 12. Periotest®

Periotest® peri-implant dokularının tanımlanmış bir etkiye verdiği reaksiyonu ölçerek implantın hareketliliğini değerlendirir. İlk olarak periodontal ligamentin sönümlenme kapasitesini ölçmek ve böylece doğal dişin mobilitesini değerlendirmek için Schulte tarafından ileri sürülmüştür [38,39]. Ardından implant stabilitesini değerlendirmek amacı ile kullanılmaya başlanmıştır [40]. Osseointegre implant, periodontal ligament tarafından desteklenen dişe göre daha farklı sertlik özelliklerine sahiptir [4]. Üreticiler tarafından testin ölçüm değerleri şu şekilde yorumlanmaktadır: -8 ile 0 arası yüksek, 1 ile 9 arası orta ve 10 ile 50 arası düşük stabiliteyi gösterir. Ancak Cannizzaro ve ark. test sonuçlarını kendi kriterlerine göre yeniden sınıflamışlardır: -8 ile 0 yüksek, 1 ile 5 arası orta ve 6 ile 6'dan büyük değerler düşük stabiliteyi göstermektedir [40].

Periotest® elektro-mekanik bir araçtır. Testteki ölçüm değerleri -8 ile +50 arasındadır: -8 değeri düşük, +50 değeri ise yüksek mobilitiyi göstermektedir. Testte belirtilen değerlerin düşük olması implantın ya da dişin stabilitesinin iyi olduğu anlamına gelir. Aletin hareketli ucu 4 saniye boyunca değerlendirilecek olan dişe ya da implanta saniyede 4 kere çarpar. Ardından dişe ya da implanta yayılan temas süresi ölçülür ve kaydedilir. Düşük stabilite varlığında, temas süresi uzun ve ölçülen Periotest® değeri yüksek olur. Yüksek stabilite varlığında ise temas süresi kısalmış, ölçülen Periotest® değeri düşük olur. Cihazın doğru ve standart pozisyonda kullanılması sonuçların güvenilirliği bakımından önemlidir [41].

Klinik açıdan bakıldığında cihazın kullanımının kolay olması, zaman tasarrufu sağlaması ve düşük maliyetli olması yöntemin avantajları arasındadır. Fakat bu yöntem implant lokalizasyonu, implant açısı, implant ve cihazın ucu arasındaki açı ile horizontal uzaklık gibi birçok faktörden etkilenmektedir [40]. Bu yöntemin hassasiyetinin zayıf olması, çeşitli değişkenlerden etkilenmesi ve doğruluğunun ölçüm yapan kişiye de bağlı olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır [41].

## 13. Rezonans Frekans Analizi

Rezonans frekans analizi (RFA), implant stabilitesini ölçerek implantın osseointegrasyon seviyesini değerlendirmeye yardımcı olan non-invaziv, objektif ve diagnostik bir yöntemdir. Meredith ve ark. tarafından 1996 yılında ileri sürülmüştür [4]. Yapılan ilk çalışmalarda 3500-8500 aralığında kilohertz (kHz) ölçüm birimi olarak kullanılırken; daha sonra implant stabilite katsayısı (ISQ) geliştirilmiştir. Kilohertz ölçüm birimi, 1-100 aralığında çeşitli ISQ değerlerine dönüştürülmüştür [37,42]. ISQ değeri ile implant stabilitesi arasında doğrusal bir ilişki vardır. ISQ değerinin yüksek olması implant stabilitesinin iyi olduğunu; düşük olması implant stabilitesinin zayıf olduğunu

nu gösterir. Başarılı bir implantta ölçülen ISQ değerinin 65'ten büyük olması gerekir. ISQ değerinin 50'den düşük olması potansiyel başarısızlığı gösterir [43]. Bir implantın rezonans frekansı zamanla artabilir. İmplant stabilitesindeki bu artışın nedeni kemik-implant ara yüzündeki kemik reaksiyonlarıdır [44]. Rezonans frekansı ile ISQ değeri arasında doğrusal bir ilişki vardır. ISQ değerindeki 1 birimlik artış rezonans frekansında 50 Hz'e karşılık gelmektedir [45].

Rezonans frekans analizi yapan ilk ticari cihaz Osstell™ (Integration Diagnostics, Göteborg, Sweden) cihazıdır. Elektronik teknolojisi sayesinde transdüktörü, bilgisayarlı analizi ve uyarı kaynağını tek bir cihazda birleştirir. İlk jenerasyon olan bu cihazın transdüktörü ve rezonans frekans analizörü arasında direkt bağlantıyı sağlayan kablolar vardır [19]. Büyük bir ekipmana sahip olması, çok sayıda kablo içermesi, cihazın pahalı olması, kullanımının uzun sürmesi ve zor olması dezavantajları arasındadır. Ayrıca bu modelde her aktarıcıya ait rezonans frekans değerinin olması nedeniyle ölçümlerden önce standart bir değerin kullanılması gerekir. Tüm bunlar göz önüne alınarak hasta başında analiz sonucunun yorumlanmasına izin veren, daha basit ve hızlı ölçümler yapabilen Osstell™ Mentor cihazı üretilmiştir. Bu modelde transdüktör ile rezonans frekans analizörü arasında verilerin aktarılmasını sağlayan manyetik frekanslardan yararlanır [46]. Smartpeg adı verilen aktarıcı, ucunda manyetik taşıyıcı bulunan bir çubuktan oluşur ve yaklaşık 4-6 N/cm kuvvet ile implanta bağlanır. Cihazın ölçüm ucu, smartpeg'e temas ettirilmeden sadece yaklaştırılarak elektromanyetik olarak uyarılar gönderir. Smartpeg üzerinde gelen sinyaller birbirine dik ve 2 yönlü vibrasyon oluşturur. Ölçüm ucu ile smartpeg arasındaki açı 90 derece olacak şekilde konumlandırılır. Klinikte birbirini takip eden 2 ayrı ölçümün yapılması tavsiye edilmektedir. Ölçüm sonucu, ISQ değeri ile verilir [47]. Gelişen teknolojiyle birlikte yeni nesil rezonans frekans analizörleri (Osstell™ ISQ ve Osstell™ Idx) geliştirilmiştir. Temel olarak bu modeller de smartpeg üzerinden elektromanyetik sinyaller aracılığıyla ölçümler yapmaktadır [48].

### 13.1. Klinik ISQ Ölçümlerinin Kullanımı ve Yorumlanması

Klinik ve radyografik bulgularla birlikte, implant tedavisinde yükleme protokolüne karar verilmesi ve implant takibi boyunca başarısızlık riski altındaki implantların belirlenmesi amacıyla RFA'dan yararlanır. İmplant stabilitesinin önemli bir aşaması olan primer implant stabilitesi lokal kemik kalitesi ve miktarı, implant morfolojisi, cerrahi teknik gibi birçok faktörden etkilenir [3,4]. Ayrıca implant uzunluğu, çapı, yüzeyi ve yiv sayısı her implant sistemi için spesifiktir. Bu nedenle implant sistemlerinde RFA değerleri farklılık göstermektedir [12,49]. Fakat belirli bir klinik durumda aynı implant sistemi benzer ISQ

değerlerine sahiptir. Bazı araştırmacılara göre implant başarısını ve başarısızlığını ayırt etmek için kesin bir ISQ değeri yoktur. Bu durum ağızdaki farklı bölgelerde kemik kalitesi ve miktarının değişkenlik göstermesi, cerrahi teknik, implant tasarımı ve hastaya ait faktörler gibi lokal nedenlerle açıklanmaktadır [50,51]. Bununla birlikte, ISQ değerlerinde belirgin ve progresif bir azalmanın görülmesi implant başarısızlığı hakkında fikir vermektedir [52,53]. Sonuç olarak, RFA ölçümleri uzun süre tekrarlanarak kullanıldığında implant stabilitesi hakkında yeterli öngörü değerine sahiptir.

### 13.2. Rezonans Frekans Analizini Etkileyen Faktörler [54]

- Transduser dizaynı
- İmplantın peri-implant dokularıyla olan bağlantısı
- İmplantın marjinal kemik altındaki total efektif uzunluğu
- **13.3. Rezonans Frekans Analizinin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması**

Rezonans frekans analizinin, yerleştirme torku ve histolojik analizlerle karşılaştırıldığı pek çok çalışmada sonuçların birbiri ile pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir [18,55,56]. Fakat Lages ve ark.'nın yaptıkları bir sistematik derlemede ISQ değeri ile yerleştirme torku arasındaki korelasyonun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya konmuştur [57].

Andreotti ve ark.'nın yaptıkları bir sistematik derlemede RFA ve Periotest® yöntemleri arasında negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir [40]. Bu iki parametre için yapılan başka çalışmalarda ise takip dönemindeki performansları açısından ISQ değerinin daha tekrar edilebilir sonuçlar verdiğiinden söz edilmiştir [58,59].

Glauser ve ark.'nın yaptıkları bir çalışmada gelecekte başarısız olacak implant grubunda implant yerleştirildikten 1 ay sonraki ISQ ölçümlerinde implant stabilitesinde devamlı düşüş tespit etmişlerdir [53]. Fakat Nedir ve ark., bu görüşe karşıt olarak başarısız implant davranışlarının başarılı olanlarla benzer olduğunu, başarısız olmalarından yalnızca 1 hafta önce ISQ değerlerinde ani bir düşüş yaşandığını iddia etmişlerdir [60].

### Sonuç

İmplantın uzun dönem prognozunu tahmin edebilmek için implant stabilitesini değerlendirmek son derece önemlidir. Günümüzde implant stabilitesini doğru bir şekilde ölçmek için kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Fakat klinikte implant stabilitesi hakkında kabul edilebilir sonuçlar veren RFA yöntemi kullanılabilir. RFA, implant stabilitesinin değerlendirilmesi için klinikte tanı yöntemi olarak kullanılabilir; güvenilir, uygulaması kolay, tekrar edilebilir ve invaziv olmayan bir yöntemdir. Sağlam bir teorik temel üzerine kurulmuş olmasına rağmen; belirli bir implant sistemine ait kritik değer olmaması gibi belirsizliğini

koruyan konuları da beraberinde getirir. Bu nedenle implant stabilite yöntemlerinin güvenilirliğini arttırmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

### Maddi destek ve çıkar ilişkisi

Çalışmayı maddi olarak destekleyen kişi ve/veya kuruluş yoktur. Bu yazıdaki yazarların herhangi bir çıkar dayalı ilişkisi yoktur.

### Kaynakça

1. Albrektsson T, Albrektsson B. Implant Fixation by Direct Bone Anchorage. In: Non-Cemented Total Hip Arthroplasty 1988; 87-97.
2. Branemark IP. Tissue-Intergrated Protheses. Osseointegration in Clin Dentistry 1985; 211-240.
3. Sennerby L, Roos J. Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: a review of the literature. Int J Prosthodont 1998;11: 408-20.
4. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. Int J Prosthodont 1998; 11: 491-501.
5. Brunski JB. Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface. Clin Mater 1992; 10: 153-201.
6. Toyoshima T, Wagner W, Klein MO, Stender E, Wieland M, Al-Nawas B. Primary stability of a hybrid self-tapping implant compared to a cylindrical non-self-tapping implant with respect to drilling protocols in an ex vivo model. Clinical implant dentistry and related research 2011; 13: 71-78.
7. Palarie V, Bicer C, Lehmann KM, Zahalka M, Draenert FG, Kämmerer PW. Early outcome of an implant system with a resorbable adhesive calcium-phosphate coating-a prospective clinical study in partially dentate patients. Clin Oral Investig 2012; 16: 1039-48.
8. Atsumi M, Park SH, Wang HL. Methods used to assess implant stability: current status. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants 2007; 22.
9. Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, Lang NP. Critical review of immediate implant loading. Clinical oral implants research 2003; 14: 515-27.
10. Lioubavina-Hack N, Lang NP, Karring T. Significance of primary stability for osseointegration of dental implants. Clinical Oral Implants Research 2006; 17: 244-50.
11. Mall N, Dhanasekar B, Aparna IN. Validation of implant stability: a measure of implant permanence. Indian Journal of Dental Research 2011; 22: 462.
12. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: Biological and biomechanical aspects and clinical implications. Periodontol 2000 2008; 47: 51-66.

13. Zanetti EM, Pascoletti G, Cali M, Bignardi C, Franceschini G. Clinical assessment of dental implant stability during follow-up: What is actually measured, and perspectives. *Biosensors* 2018; 8: 68.
14. da Cunha HA, Francischone CE, Fliho HN, de Oliveira RCG. A comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of standard and TiUnite single-tooth implants under immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19.
15. Andersson L, Blomlöf L, Lindskog S, Feiglin B, Hammarström L. Tooth ankylosis: clinical, radiographic and histological assessments. *Int J Oral Surg* 1984; 13: 423-31.
16. Johansson P. Assessment of bone quality from cutting resistance during implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 279-88.
17. Friberg B, Sennerby L, Roos J, Johansson P, Strid CG, Lekholm U. Evaluation of bone density using cutting resistance measurements and microradiography. An in vitro study in pig ribs. *Clin Oral Implants Res* 1995; 6: 164-71.
18. 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. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999; 28: 297-303.
19. Swami V, Vijayaraghavan V, Swami V. Current trends to measure implant stability. *J Indian Prosthodont Soc* 2016; 16: 124.
20. Friberg B, Sennerby L, Gröndahl K, Bergström C, Bäck T, Lekholm U. On cutting torque measurements during implant placement: a 3-year clinical prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 1999; 1: 75-83.
21. Johansson B, Bäck T, Hirsch JM. 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? *Clin Implant Dent Relat Res* 2004; 6: 9-15.
22. Akkocaoglu M, Uysal S, Tekdemir I, Akca K, Cehreli MC. Implant design and intraosseous stability of immediately placed implants: A human cadaver study. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16: 202-209.
23. Nóbrega AR, Norton A, Silva JA, Silva JPD, Branco FM, Anitua E. The Osteotome Versus Conventional Drilling Technique for Implant Site Preparation: A Comparative Study in the Rabbit. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 2012; 32.
24. Irinakis T, Wiebe C. Initial Torque Stability of a New Bone Condensing Dental Implant. A Cohort Study of 140 Consecutively Placed Implants. *J Oral Implantol* 2009; 35: 277-82.
25. O'Sullivan D, Sennerby L, Jagger D, Meredith N. A comparison of two methods of enhancing implant primary stability. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004; 6: 48-57.
26. Bayarchimeg D, Namgoong H, Kim BK et al. Evaluation of the correlation between insertion torque and primary stability of dental implants using a block bone test. *J Periodontal Implant Sci* 2013; 43: 30-36.
27. Sachdeva A, Dhawan P, Sindwani S. Assessment of Implant Stability: Methods and Recent Advances. *Br J Med Med Res* 2016; 12: 1-10.
28. Roberts WE, Smith RK, Zilberman Y, Mozsary PG, Smith RS. Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants. *American Journal Of Orthodontics* 1984; 86: 95-111.
29. Johansson CB, Sennerby L, Albrektsson T. A removal torque and histomorphometric study of bone tissue reactions to commercially pure titanium and Vitallium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6.
30. Johansson C, Albrektsson T. Integration of Screw Implants in the Rabbit: A 1-yr Follow-up of Removal Torque of Titanium Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987; 2.
31. Sullivan DY, Sherwood RL, Collins TA, Krogh PH. The reverse-torque test: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11.
32. Brånemark R, Öhrnell LO, Nilsson P, Thomsen P. Biomechanical characterization of osseointegration during healing: an experimental in vivo study in the rat. *Biomaterials* 1997; 18: 969-78.
33. Brunski JB, Puleo DA, Nanci A. Biomaterials and biomechanics of oral and maxillofacial implants: current status and future developments. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 2000; 15: 15-46.
34. Chang PC, Lang NP, Giannobile WV. Evaluation of functional dynamics during osseointegration and regeneration associated with oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21: 1-12.
35. Meenakshi S. Implant stability-A key determinant of implant integration. *Trends Prosthodont Dent Implantol* 2013; 4: 3-8.
36. Cairns NJ, Adam CJ, Percy MJ, Smeathers J. Evaluation of modal analysis techniques using physical models to detect osseointegration of implants in transfemoral amputees. In 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 2011; 1600-1603.
37. Meredith N. A review of nondestructive test methods and their application to measure the stability and osseointegration of bone anchored endosseous implants. *Critical Reviews™ in Biomedical Engineering* 1998; 26.



38. Schulte W, Lukas D. Periotest to monitor osseointegration and to check the occlusion in oral implantology. *J Oral Implantol* 1993; 19: 23-32.
39. Schulte W. Periotest-a new measurement process for periodontal function. *Zahnartzl Mitt* 1983; 73: 1229-40.
40. Andreotti AM, Goiato MC, Nobrega AS et al. Relationship Between Implant Stability Measurements Obtained by Two Different Devices: A Systematic Review. *J Periodontol* 2017; 88: 281-88.
41. Öncü E, Büyükerkmen EB. Methods of Evaluating The Dental Implant Stability. *J Ege Univ Sch Dent* 2016; 36: 115-20.
42. 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: 261-67.
43. Bahleitner A, Monov G. Assessment of bone quality: Techniques, procedures and limitations. Chicago: Quintessence 2004; 55-66.
44. 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.
45. 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.
46. Satwalekar P, Nalla S, Reddy R, Chowdary SG. Clinical evaluation of osseointegration using resonance frequency analysis. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society* 2015; 15: 192.
47. Doğar G, Koçak Büyükdere A. Dental implantlarda stabilite ölçüm yöntemleri. *7tepe Klinik Dergisi* 2018; 14: 81-86.
48. Osstell – Implant Stability. <https://www.osstell.com/>.
49. Monje A, Ortega-Oller I, Galindo-Moreno P, Catena A, Monje F, O'Valle F, Wang H L. Sensitivity of resonance frequency analysis for detecting early implant failure: a case-control study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2014; 29: 456-461.
50. Rabel A, Köhler SG, Schmidt-Westhausen AM. Clinical study on the primary stability of two dental implant systems with resonance frequency analysis. *Clin Oral Investig* 2007; 11: 257-65.
51. Fischer K, Bäckström M, Sennerby L. Immediate and early loading of oxidized tapered implants in the partially edentulous maxilla: A 1-year prospective clinical, radiographic, and resonance frequency analysis study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009; 11: 69-80.
52. Tözüm TF, Turkyilmaz I, McGlumphy EA. Relationship between dental implant stability determined by resonance frequency analysis measurements and peri-implant vertical defects: An in vitro study. *J Oral Rehabil* 2008; 35: 739-44.
53. Glauser R, Sennerby L, Meredith N et al. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15: 428-34.
54. Rompen E, DaSilva D, Lundgren AK, Gottlow J SL. Stability measurements of a double-threaded titanium implant design with turned or oxidized surface. *Appl Osseointegration Res* 2000; 1: 18-20.
55. Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K, Radespiel-Tröger M, Neukam FW, Engelke K. Implant stability and histomorphometry: A correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14: 601-609.
56. Mistry G, Shetty O, Shetty S, Singh RD. Measuring implant stability: A review of different methods. *Journal of Dental Implants* 2014; 4: 165.
57. 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.
58. 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. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 2005; 20.
59. Al-Jetaily S, Al-dosari AA. Assessment of Osstell™ and Periotest® systems in measuring dental implant stability (in vitro study). *The Saudi Dental Journal* 2011; 23: 17-21.
60. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability: A resonance-frequency analysis study with delayed and immediately loaded ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15: 520-28.

<b>Tablo 1.</b> Dental implant stabilite ölçüm metotlarının avantajları ve dezavantajları.		
Metot	Avantaj	Dezavantaj
Histolojik Analiz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yüksek doğruluk payı</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Destrüktif ve invaziv bir metot olması</li><li>• Kullanımının klinik olmayan çalışmalar ve deneyler ile sınırlı olması</li></ul>
Radyolojik Analiz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Non-invaziv</li><li>• Kullanımı kolay</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Özellikle konvansiyonel radyografilerdeki bazı sınırlamalar sebebiyle yöntemin güvenilir olmaması</li><li>• Kantitatif ölçümlerdeki zorluklar</li></ul>
Hekimin Algısı	<ul style="list-style-type: none"><li>• Basit olması</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Subjektif olması</li><li>• Sadece cerrahi aşamada kullanılabilmesi</li></ul>
Perküsyon Testi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Non-invaziv</li><li>• Kullanımı kolay</li><li>• Maliyeti düşük</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Subjektif bir yöntem olduğu için güvenilir olmaması</li></ul>
Kesme Direnci Analizi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Güvenilir olması</li><li>• Kesme direnci ve kemik kalitesi arasında yüksek bir korelasyonun bulunması</li><li>• Kemik yoğunluğunu tespit etmesi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sadece cerrahi aşamada kullanılabilmesi</li><li>• Kesme torku değerinin, implantın risk altında olacağı kritik sınırı belirleyememesi</li></ul>
Yerleştirme Torku Ölçümü	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kullanımı kolay</li><li>• İmplantın yerleştirilmesi sırasında kemik kalitesini değerlendirmesi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Non-invaziv olmaması</li><li>• Sadece cerrahi aşamada kullanılabilmesi</li></ul>
Ters Yönlü Tork Testi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kemik-implant temasının tahrip olduğu "kritik" tork eşiğini belirlemesi</li><li>• Pahalı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaması</li><li>• Kullanımının kolay olması</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Osseointegrasyon derecesini belirlemeyip, sadece tamamen osseointegre olup olmadığı hakkında bilgi vermesi</li><li>• İmplantlarda geri dönüşümsüz plastik deformasyona yol açabilmesi</li><li>• Osseointegrasyonun sadece sekonder aşamasını test edebilmesi</li></ul>
Çekme-İtme Testi	<ul style="list-style-type: none"><li>• İmplant-kemik ara yüzündeki iyileşme kapasitesini değerlendirmesi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sadece yivli olmayan silindir tipi implantlar için kullanılabilmesi</li></ul>
Gerilim Testi		<ul style="list-style-type: none"><li>• Test sonuçlarının bağımsız mekanik özelliklere çevrilmesinin zor olması</li><li>• Non-invaziv olmaması</li></ul>
Periotest®	<ul style="list-style-type: none"><li>• Non-invaziv</li><li>• Kantitatif bir analiz</li><li>• Klinikte kullanılabilir olması</li><li>• Tekrar edilebilir olması</li><li>• Kullanışlı olması</li><li>• Zaman tasarrufu sağlaması</li><li>• Maliyetinin düşük olması</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• RFA ile karşılaştırıldığında hassasiyetinin daha düşük olması</li><li>• RFA ile karşılaştırıldığında kararlılığının daha düşük olması</li><li>• Doğruluğunun implanta ait pek çok faktörden ve ölçüm yapan kişiden kolaylıkla etkilenmesi</li></ul>
Rezonans Frekans Analizi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Non-invaziv</li><li>• Kantitatif bir analiz</li><li>• Klinikte kullanılabilir olması</li><li>• Makul miktarda tahmin edilebilirlik</li><li>• Operasyon sırasında ve sonrasında tekrarlanabilir</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ekipmanlarının pahalı olması</li></ul>