

PAPER DETAILS

TITLE: Dis Mobilitesi ve Implant Stabilitesi için Kullanılan Ölçüm Yöntemleri

AUTHORS: Fariz Salimov,Sahin Baris,Masoud Dalili,Elif Figen Koçak

PAGES: 130-139

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/707306>

Diş Mobilitesi ve İmplant Stabilitesi için Kullanılan Ölçüm Yöntemlerinin İncelenmesi

Evaluation of Measurement Methods used for Tooth Mobility and Implant Stability

Fariz Salimov¹, Şahin Barış¹, Masoud Dalili¹, Elif Figen Koçak¹

¹Çukurova Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Adana, Turkey

ABSTRACT

Mobility in natural teeth and primer stability in implants are parameters evaluated by similar methods. Until today, mobility of natural teeth has been classified in different ways by many researchers. With the development of technology, these scales maintain their reliability but digital measurement devices such as Periotest have taken their place in the field. Similar to natural teeth, implant stability can be assessed objectively using a number of technological methods, such as periotest or radiofrequency analysis (RFA) along with conventional scales, in assessing implant stability. This literature review aims to examine the techniques for measuring the stability and mobility of implants and teeth and to compare their reliability.

Keywords: Primary Implant Stability, tooth mobility, Periotest, Ostell

ÖZET

Doğal dişlerde mobilité ve implantlarda primer stabilite, birbirine benzer yöntemler ile değerlendirilen parametrelerdir. Doğal dişlerin mobilitesi günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile bu skalalar güvenilirliklerini korumakla beraber Periotest gibi dijital ölçüm cihazları da alanda kendilerine yer edinmişlerdir. İmplant stabilitesi değerlendirilmesinde, doğal dişlere benzer olarak, geleneksel skalalarla beraber periotest veya radyofrekans analizi (RFA) gibi birçok teknolojik yöntemle implant stabilitesi objektif olarak değerlendirilebilmektedir. Bu literatür derlemesinde implantların ve dişlerin stabilite ve mobilité değerlerini ölçen teknikleri incelemek ve güvenilirliklerini karşılaştırmak amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Primer İmplant Stabilitesi, Diş mobilitesi, Periotest, Ostell

Giriş

Diş kayıpları çürüğe bağlı olabildiği gibi periodontal hastalıklara veya bu ikisinin kombinasyonuna bağlı olabilmektedir. Patojenik veya çevresel faktörlere bağlı dişlerde destek dokuların yıkımını takiben mobilité oluşabilmektedir. İnsanoğlu yüzyıllardan beri fonksiyonel ve estetik nedenlerden dolayı kaybedilen dişlerin yerini doldurabilmek için çeşitli tedavi yöntemleri denemiştir. Dişhekimliğinde implant tedavisinin şekillenmesi klinik dişhekimliğinde bir dönüm noktasını sembolize eder¹. Son yıllarda yüksek kaliteli tedavi sonuçları elde etmek adına kısmi ve tam dişsizlik durumlarında dental implant tedavisi sıklıkla kullanılan bir tedavi yöntemi haline gelmiştir. Dental implantların başarısı ve sağkalım oranı yükseldikçe, kullanım sayısı da hızlı bir şekilde artmıştır. Dental implant tedavisinin başarısını bölgedeki mevcut kemik miktarı ve kalitesi etkilemektedir². Buna ek olarak doğru çap ve boyda implant seçimi ve implantın yüzey özellikleri de osteoentegrasyonu etkileyen başlıca faktörlerdir. İmplant yerleşimi sırasında iyi bir primer stabilite oluşturulması birincil odak noktası olmasına rağmen, implantta başlangıçtaki stabilitenin sağlanmasına katkıda bulunabilecek çok sayıda faktör vardır^{3,4}.

İmplant stabilitesinin öngörülmesi açısından kemik kalitesi dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Literatürde, kemik kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere, bir takım sınıflandırma sistemleri tanımlanmıştır⁵⁻⁷. İmplant yuvasının hazırlanması sırasında, cerrah kemik kalitesi ve implant stabilitesi hakkında dokunma duyusuyla algılanabilen subjektif bir tahminde bulunabilir. Ayrıca, implant yerleştirilirken yerleştirme torku testi ve implant yerleştirildikten sonra ölçülen implant stabilite katsayısı (ISQ) veya

radıofrekans analizi (RFA) yöntemi gibi birçok yöntemle implant stabilitesi objektif olarak değerlendirilebilir⁸.

Doğal dişlerde mobilite günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. En çok bilinen ve kullanılan sınıflandırmalar Mühlemann⁹ ve Miller'e¹⁰ aittir. Klinik olarak mobilitenin tespitine yönelik çeşitli manüel yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler sübjektif sonuçların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Çeşitli cihazların geliştirilmesiyle manüel yöntemlerin sübjektif sonuçları yerini objektif sonuçlara bırakmıştır. En çok bilinen ve kullanılan mobilite teşhis cihazı Periotestdir (Siemens AG, Bensheim, Germany). Bu literatür derlemesinin amacı implantların ve dişlerin stabilite ve mobilite değerlerini ölçen teknikleri incelemektir.

Doğal dişlerde mobilite

Mobilite; dişin alveol içerisinde, çeşitli yönlerde gelen kuvvetlerden etkilenecek, yer değiştirmesi veya sınırlı hareketidir. Bu hareket sağlıklı dişlerde az miktarda vardır. Bu normal sayılan hareketliliğe 'fizyolojik mobilite' denilmektedir¹¹. Periodontal lifler dişe gelen kuvvetleri, şekil değişikliğine uğrayarak karşılar. Karşılayamayacağı kadar büyük kuvvetler geldiğinde dişte anormal hareketlilik gözlenebilir. Bu durum 'artmış diş mobilitesi' olarak isimlendirilir.

Diş dikey, yatay ve dönme yönlerinde normal fizyolojik hareketler sergiler. Doğal bir dişin hareket miktarı köklerin sayısı ve uzunluğu, yüzey alanı, kök tasarımı çapları, şekli ve konumu, ve periodontal ligamentlerin (PDL) sağlığı öncelikli olarak diş hareketliliğini etkiler. Sağlıklı bir diş dikey yönde klinik mobilite göstermemelidir.

Mobilite derecesini etkileyen faktörler;

- Dişi destekleyen alveol kemiğin yüksekliği azalırsa bu durum dişlerin mobilitesinin artmasına yol açabilir¹¹.
- Kök sayısı (bu destek doku ve periodontal liflerin daha fazla olmasına bağlıdır)
- Kök şekli
- Kök uzunluğu
- Kron kök oranı
- Kısa, sivri ve yuvarlak olmayan kökler¹²

Köpek ve maymunlarda yapılan çalışmalarda okluzal travma sonucu periodontal dokularda kantitatif ve kalitatif değişimler olduğunu göstermektedir¹³⁻¹⁹.

Bu durum histolojik olarak aşağıdaki şekilde görülmektedir¹¹; periodontal ligament aralığının genişlemesi

- periodontal ligamette damarsal değişim ve bozulma
- osteoklastik alveol kemiği yıkımı
- kollajen lif sayısında azalma

Sonuç olarak, yapılan çalışmaların çoğunda, okluzal travmanın periodontal yıkımı başlatmadığı, fakat var olan periodontal hastalığı hızlandırmada risk faktörü olduğu sonucuna varılmıştır¹¹.

Diş mobilitesinde farklı sınıflamalar vardır; bunlardan en bilinenleri Mühlemann, Miller, Darby ve Walsh, Nield-Gehring ve Houseman, Pattison'un, Perry Beemsterboer ve Taggart, Wilkins ve Carranza'nın mobilite sınıflandırmalarıdır.

Mühlemann'ın mobilite sınıflaması⁹

0. Normal diş mobilitesi (fizyolojik diş mobilitesi)

1. Algılanabilir mobilite

2. Görülebilir diş mobilitesi (0.5 mm ye kadar)
3. şiddetli diş mobilitesi (1 mm ye kadar)
4. Aşırı diş mobilitesi (dikey diş mobilitesi)

Manuel olarak diş mobilitesinde yaygın olarak kullanılan sınıflama Miller'in sınıflamasıdır.

Miller'in mobilite sınıflaması¹⁰

1. Kuvvet uygulandığında 0.2 mm yi geçmeyen hareket
2. 1 mm den daha az hareket
3. 1-2 mm arasında hareket
4. 2 mm yi aşan, dikey yönde veya dönme hareketi

Pattison un mobilite sınıflaması²⁰

+ mobilite: Fark edilir derecede hareketlilik

I mobilite: Bukkolingual yönde toplam 1 mm hareketlilik

II mobilite: Bukkolingual yönde toplam 2 mm hareketlilik

III mobilite: Bukkolingual yönde toplam 3 mm hareketlilik

Nield-Gehring ve Houseman'ın mobilite sınıflaması²¹

N: Fizyolojik mobilite

1. derece Hafif mobilite (1 mm ye kadar bukkolingual yönde yatay mobilite)
2. derece Orta seviye mobilite (1mm'den fazla yatay yönde mobilite)
3. derece şiddetli mobilite (1 mm'den fazla yatay ve dikey yönde mobilite)

Konvansiyonel yöntemlere ek olarak diş mobilitesi teşhisinde Periotest cihazı en çok bilinen ve kullanılan cihazdır^{20,21}. İmplantlarla karşılaştırıldığında, doğal dişlerin destek yapıları, diş, restorasyon ve kemik bölgesine dağıtılan biyomekanik kuvvetleri azaltmak için daha iyi tasarlanmıştır. Doğal diş sistemine oklüzal yüklenme riskini periodontal membran, diş kökünün biyomekanik yapısı, sinir ve kan damar kompleksi, mine ve çevreleyen kemik yapı tipini etkilemektedir¹¹.

Primer implant Stabilitesi

Dental implantların primer stabilitesi kemik ve implant yüzeyi arasında kontakın niteliğine bağlı olan, lateral, aksiyel ve rotasyanel yüklemeleri karşılama kapasitesi olarak tanımlanır²². İyi bir implant stabilitesi osseointegrasyona yardımcı olmaktadır. Bu koşul, implant yerleştirme sırasında elde edilmesi gereken en önemli klinik hedefdir²³.

Primer stabilize implantın çevresindeki kemik dokusuyla mekanik olarak tutunması ile ilişkili iken, sekonder stabilize kemik rejenerasyonu ve yeniden şekillenmesini (remodeling) içeren biyolojik stabilizeyi ifade etmektedir. Başlangıç implant stabilitesi yerleştirilmiş implantı çevreleyen kortikal kemik tarafından sağlanmaktadır. Zamanla kemik iyileşmesi gerçekleştikçe implantın stabilitesi artmaktadır²⁴. Stabilite genellikle implant bölgesinin dönme direnci ve implant yerleştirme torku ile ilişkili subjektif bir algılamadır²⁵.

İmplantların primer stabilitesi aynı zamanda erken yükleme protokolünde de çok önemli bir faktör olmaktadır. Yeterli primer stabilizeye sahip implantlarda uygun protetik tedavi planlaması yapıldığında immedat fonksiyonel yükleme mümkün olabilmektedir²⁸.

Primer implant Stabilitesini etkileyen faktörler

İmplant başarısı için en önemli faktör, implantın kemiğe yerleştirilmesi sırasında elde edilen primer stabilitedir. Bunun sağlanabilmesi için yeterli kemik hacmi ve yoğunluğuna ihtiyaç vardır, daha uzun veya

daha geniş implantlar osteoentegrasyonu etkiler. Düşük stabilite implantın başarısızlığının başlıca nedenlerinden biridir²⁶, diğer ilgili nedenleri iltihaplanma, kemik kaybı ve biyomekanik aşırı yük içerir^{27,28}. Sorunların erken tespit edilmesi esastır ve zararı hala kontrol altına alabilir veya tersine çevirirken problemi tedavi etmek için her türlü çaba gösterilmelidir.

İmplant stabilitesi çevresindeki kemik yoğunluğu ve kalitesine ek olarak implantın morfolojisi, implant tipi, implant yüzeyinin mikromorfolojisi, cerrahi teknik, implant boyutları ve implantın yerleştirme tekniğinden (pre-tapping, self tapping, soket implant uyumluluğu) etkilenmektedir²⁹.

Kemik Yoğunluğu

Kemiğin kalitesi sıklıkla arktaki konuma bağlıdır³⁰. En yoğun kemik genellikle anterior mandibulada gözlenir. Bunu sırasıyla anterior maksilla ve posterior mandibula izler ve en düşük yoğunluksa posterior maksillada görülmektedir.

Jonas ve arkadaşları yaptıkları çalışmada kemik yoğunluğu az olan bölgelerde implant kayıplarının %28, kemik yoğunluğunun orta olduğu bölgelerde ise implant kayıplarının %3 olarak rapor etmişlerdir³¹. Standardize edilmiş bir cerrahi protokolü izleyen birbirinden bağımsız yapılan birçok çalışmada implant başarısı ile kemik yoğunluğu arasında belirgin bir ilişki rapor edilmiştir².

İmplant Tasarımı

İmplant tasarımının primer stabilite ve yerleştirme torkuna etkisi literatürde belirtilmiştir³². İmplant tasarım özelliklerinden yiv aralığı ve geometrisi, heliks açısı, yiv derinliği ve genişliği implant stabilitesini etkilemektedir³³. İmplantın "yivli" tasarımı fonksiyon sırasında mikrohareketliliği en aza indirmektedir. Ayrıca konik implant tasarımları düz silindirik implantlara kıyasla daha yüksek stabilite göstermektedir³⁴. Diğer gerilim faktörlerinin fazlalığında kemiğin genişliğini arttırmak için onley greftlemeye gerek duyulabilir^{38,28}.

İmplant tasarımı, gerilim büyüklüğü ve bunun kemik-implant arayüzüne etkisini çarpıcı şekilde değiştirir. Kemik kalitesi açısından D1'den D4'e geçtikçe kemik gücü ve esnekliği değiştiği için farklı kemik densitesinde farklı implant tasarımlarının kullanılması önerilmektedir. D4 tip kemikte tutuculuğun daha fazla olduğu bir implant tasarımı (agresif yivler) gerekirken, D1 tip kemikte kolay cerrahi yerleştirmeye olanak verecek bir implant tasarımı gerekmektedir. Klasik V şeklindeki (kök formundaki) implantın yüzey alanı, silindir implanttan %30 daha fazladır. Yiv sayısı ve derinliği arttıkça fonksiyonel yüzey alanı ve implantın tutuculuğu artar. Bu sebeple, D4 kemikte yeterli tutuculuğu sağlayabilmek için, daha fazla ve derin yivler içeren implant tasarımlarının tercih edilmesi gerekmektedir³⁹.

Klinik başarı için implant çevresindeki densite anahtar rol oynamaktadır. Kemiğin kuvveti onun densitesiyle direkt ilişkilidir. Kemik kontağı miktarı, elastikiyet modülü, aksiyel stres konturu hep densiteyle ilişkilidir. İmplant sayısı ve boyutlarını içeren tedavi planlaması, gerilim faktörü ve kemik densitesine göre modifiye edilmelidir³⁷. Bunların aksine, literatürde implant geometrisi ve primer stabilite arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını gösteren çalışmalar da yer almaktadır^{38,39}. Chong ve arkadaşları implant tasarımı ve primer stabilitesi arasındaki ilişkinin kemik kalitesi ve miktarı gibi faktörlere göre daha az etkili olduğunu göstermişler⁴⁰.

İmplant Yüzey Özellikleri

Osseointegrasyonun sağlanmasında implantı yerleştirilecek kemiğin niteliği, implant materyalinin doku uyumluluğu ve dizaynı, cerrahi teknik ve yük iletiminin yanı sıra, yüzey özelliklerinin de önemli bir işlevi olduğu düşünülmektedir. Pürüzlü implant yüzeyleri mekanik fiksasyon sağlarken, kemik-implant temas yüzeyini artırarak primer stabiliteye destek olmaktadır⁴¹. Ayrıca, yüzey topografisi ve pürüzlülük uygun hücrel yanıtları teşvik ederek iyileşme süreçlerini olumlu etkileyen faktörlerdir^{42,43}, ancak bir çalışmada farklı implant tiplerinin uzun dönem başarıya etkisini gösteren bir kanıt olmadığı sonucuna varılmıştır⁴³.

İmplantın Boyutları

Oklüzal kuvvetlerin uygulandığı implant yüzey alanı gözlenen streslerle ilişkili olup ters orantılıdır stresi azaltmak için kuvvetler azaltılmalı ve ya yüzey alanı artırılmalıdır bundan dolayı sisteme uygulanan stresi

azaltmak için implant boyutlarını artırmakta fayda vardır. İmplant boyutu uzunluk ve ya çap olarak modifiye edilebilir.

doğal dişten farklı olarak fonksiyon ve parafonksiyon sırasında implantın çevresindeki stresler kretin 5 mm'lik marjinal kısmında yoğunlaşmaktadır⁴⁴. Dolayısıyla uzun implantlarla kısa implantlar stres dağılımı açısından kıyaslandığında fark gözlenmemektedir⁴⁵.

Cerrahi Teknik

Cerrahi teknik, atravmatik olmalı hücrel canlılığı koruyarak primer iyileşmeyi sağlamalı kemik-implant ara yüzeyi boyunca epitel-bağ dokusu tabakasının oluşumunu önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. İşlem sırasında kemiği uzaklaştırmak yerine implantı çevreleyecek trabeküler kemiğin özel olarak üretilmiş implant şeklinde aletlerle sıkıştırılması önerilmektedir. Bu prosedür, erken iyileşme aşamasında kemik-implant temasını arttırmak için önerilmiştir⁵⁶. Düşük kaliteli kemikte bu yöntemle kemik yoğunluğu artırılarak primer stabilite ve dolayısıyla implant başarısı artırılabilir^{4,26}.

İmplant Stabilitesinin Ölçüm yöntemleri

İmplant stabilitesini belirlemek için kullanılan yöntemler temel olarak yıkıcı ya yıkıcı olmayan yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Histomorfometrik analiz ve ters tork testi yıkıcı yöntemlerken, perküsyon testi, radyografik incelemeler, implant yerleşimi sırasında ölçülen yerleştirme torku, Periotest ve rezonans frekans analizi yöntemleri yıkıcı olmayan yöntemlerdir⁴².

Şu anda, implant-kemik ilişkisine zarar vermeden implant stabilitesinin objektif ölçümünü yapabilen iki teknik mevcuttur;

Periotest

Mobilite ölçümünde Objektif bulgular elde etmek için 1986 yılında diş hekimliğinde kullanmaya başlamıştır. Periotest diş kronuna uygulanan, tekrarlayan darbelere karşı oluşan reaksiyonu ölçer. Bu cihaz peri-implant dokuların sönümleme özelliklerini değerlendiren, non-invaziv, elektronik bir cihazdır⁴⁶.

Sönümleme kapasitesi, bir Periotest değeri (PTV) olarak ölçülür ve değerleri -8 ile +50 arasındadır, değer ne kadar düşükse ölçülen dişin ya da implantın stabilitesi o kadar iyidir. Değerlerin -8 ile +9 arasında olması iyi stabilite olarak değerlendirilmektedir²¹. (Tablo 3) Periotest dental implantların osseointegrasyonunu değerlendirmede, doğal dişlerdeki periodontal anomalilerin tanı ve değerlendirmesinde, oklüzal yüklerin değerlendirilmesinde ve tedavi sırasında iyileşme sürecinin izlenmesinde sayısal veri sağlamaktadır²¹.

Periotest uygulaması elektromekanik bir uygulamadır. Elektrik ile çalışan ve monitörize edilen aletin hareketli ucu ölçüm yapılacak olan dişe ya da implanta 16 kere hafifçe vurur. Tüm ölçüm işlemi 4 saniyede tamamlanır. Hareketli ucun basınca duyarlı parçası ölçümü yapılan diş ya da implanta temas süresini ölçer ve kaydeder. Dişin ya da implantın stabilitesi ne kadar az ise, temas süresi o kadar uzun, ölçülen periotest değeri o kadar fazla olacaktır. Ters durumda yani stabil dişler ve implantlarda temas süresi kısadır, periotest değerleri düşüktür. (Tablo 1 ve 3) Geçerli ve anlamlı ölçümler elde etmek için Periotest® cihazının ölçüm ucu doğru pozisyonda kullanılmalıdır. Dikey temas açısı 20 dereceden fazlaysa ya da paralel temas açısı 4 dereceden fazlaysa elde edilen ölçümler geçersizdir. Ayrıca ölçüm ucu ve test edilecek yüzey arasındaki mesafe 0,6 ile 2mm mesafede olmalıdır. Periotest 16 vuruşu kendi içinde kaydeder, güvenilir ölçümlere ulaşabilmek için doğruluğundan emin olunmayan vuruşlar elimine edilir^{47,21,48-50}.

Periotest değerlerinin; ölçüm noktası, vuruş yüksekliği, piyasemenin açılabilirliği, kontakt zamanı, dayanak uzunluğu parametrelerinden etkilenebileceği belirtilmiştir⁵¹.

Periotest tedavi planlaması esnasında hekime yardımcı olabilmektedir. Periotest'in objektif ve hızlı ölçümleri; periodontal tedavi görmüş dişlerin dayanak olarak kullanılması konusunda karar verme sırasında hekime yardımcı olabilmektedir. Yapılan çalışmalar cihazın, implantın stabil olduğu ancak horizontal kemik kaybı olan bazı durumlarda güvenilir ölçümler yapamadığı ve kemik kaybı derecesi çok fazla olmadıkça da bunu belirleyemediği belirtilmektedir^{52,53}.

Tablo 1. Sağlıklı dişlerde gözlenen periotest değerleri⁵⁷

Periotest ölçüm değer aralığı	Anlamı
(-) 8-0	Yeterli osseointegrasyon, implant yüklenebilir
(+) 1-9	Klinik muayene gerekli, bir çok vakada implantlar yüklenmeye henüz hazır değildir
(+) 10-50	Osseointegrasyon yetersiz, implant yüklenmemelidir

PTD: periotest değeri

Tablo 2. Periotest değerlerinin Miller in mobilite indeksiyle karşılaştırılması⁵⁷

Diş no	1	2	3	4	5	6	7
Maksilla kadın	3-13	3-10	0-6	3-10	3-11	1-8	0-10
Mandibulla kadın	3-13	3-9	(-) 1-4	0-4	0-7	(-) 2-6	(-) 2-8
Maksilla erkek	1-11	1-9	(-) 1-4	0-9	0-9	(-) 1-7	(-) 2-8
Mandibula erke	3-10	2-6	(-) 1-4	(-) 1-3	(-) 2-5	(-) 3-4	(-) 2-5

Tablo 3. Periotest değerleri ile osseointegrasyon ilişkisi⁵⁷

Periotest ölçüm değer aralığı	Anlamı
(-) 8-0	Yeterli osseointegrasyon, implant yüklenebilir
(+) 1-9	Klinik muayene gerekli, bir çok vakada implantlar yüklenmeye henüz hazır değildir
(+) 10-50	Osseointegrasyon yetersiz, implant yüklenmemelidir

Rezonans Frekans Analizi

Objektif ve non-invaziv bir yöntem olup sayısal veri sağlayabilecek bu ölçüm cihazına Osstell™ adı verilmiştir^{54,55}. Rezonans Frekans Analizi ilk ticari ürün Osstell™ (Osstell AB, Göteborg, İsveç) dir. Firma daha sonra Osstell® Mentor ve en son olarak da Osstell® ISQ cihazını piyasaya sunmuştur. Osstell™ elektronik teknoloji, Osstell®Mentor ve Osstell® ISQ ise manyetik teknoloji kullanmaktadır.

Osstell de frekans yanıt analizörü ve üretici tarafından ön ayarları yapılmış yeni nesil aktarıcıya sahip bir cihazdır. Ölçüm sonucu, implant stabilite katsayısı (ISQ) gibi özel bir parametre ile sunulmaktadır. İmplant stabilite katsayısı birimi, temel rezonans frekansına dayanmaktadır ve 1'den (en düşük stabilite) 100'e (en yüksek stabilite) kadar dağılım göstermektedir^{39,56-60}.

Osstellin aktarıcıparçası transdüktör görevi yapıp implanta vidalanan ve tepesinde miknatis bulunan metalik (manyetik taşıyıcı alüminyum) bir çubuk şeklindedir (smartpeg adı verilen), değişik implant sistemleri için o sisteme uyumlu SmartPeg'ler üretilmiştir. smartpeg direkt implanta ya da üst yapıya 4-6 N/cm' lik kuvvetle vidalanabilmektedir. Smartpeg, prob aracılığıyla temas ettirilmeksizin yaklaştırılarak elektromanyetik bir sinyal ile uyarılır. Gelen sinyaller smartpeg üzerinde, birbirine dik, 2 yönlü vibrasyon oluşturur. Osstell™'in ölçüm ucu, smartpeg ile olan açı farkı 90 derece olacak şekilde konumlandırılarak, birbirini takip eden 2 ayrı ölçüm alınması tavsiye edilmektedir⁵⁵. Sinyal süresi yaklaşık 1 milisaniyedir. Uyarıdan sonra SmartPeg serbestçe titreşir ve miknatis, prob bobininde bir elektrik voltajı oluşturur. Oldukça küçük eğme kuvveti ile uyarıldığı kemik-implant sisteminin bükme testidir. Uygulama yönüne ve uygulanan sabit lateral kuvvete eşdeğer olup implantın hareketini ölçer. Klinik olarak implanta gelen kuvvetleri oldukça azaltılmış olarak taklit eder. İmplant tedavisinin çeşitli aşamalarında, lateral mikromobilite ile ilgili objektif ve güvenilir ölçüm yapılmasını sağlayarak implant-kemik arayüzünün durumu ile ilgili klinik bilgi verir⁶¹. Bu voltajın oluşturduğu sinyal, rezonans frekans analizörü tarafından ölçülür. Sonuçlar, stabilite için standardize edilmiş bir birim olan ISQ (Implant Stability Quotient – İmplant Stabilite Katsayısı) ile ifade edilir. ISQ, rezonans frekansının “KHz” birimiyle ölçülen lineer eşleştirmesidir. Genel olarak kabul edilebilir klinik değer aralığı “55-85 ISQ” arasındadır⁶²⁻⁶⁵. “55” veya daha düşük ISQ değerleri implantstabilitesini artırmak için uyarı sinyali olarak

algılanmalıdır⁶⁵. Başlangıç ISQ değeri çok yüksek ölçüldüğü durumlarda zaman içinde küçük düşüşler görülebilmektedir. Stabilitede büyük bir düşüş veya sürekli düşüş, bir uyarı işareti olarak algılanmalıdır⁶¹.

Endoosseoz dental implant stabilitesinin invaziv olmayan ölçümü ile ilgili yayınlanmış bir raporda, RFA'nın Periotest'e göre daha efektif olduğu belirtilmiştir^{66,67}.

İmplant stabilite değerlerinin histomorfometrik ölçüm sonuçlarıyla ilişkisini araştırdığı çalışmasının sonucu da RFA'nın Periotest'e oranla histomorfometrik parametrelerle bağlantısının daha kuvvetli olduğunu açıklamaktadır⁶⁸. İn vitro bir çalışmanın sonucu Osstell™ ve Periotest'i karşılaştırmış ve her iki yöntemin implant stabilitesinin değerlendirilmesinde yararlı olduğunu ancak Osstell™'in peri-implant defektlerinde implant stabilitesini belirlemede Periotest'e göre daha hassas olduğunu bildirmiştir⁷¹.

ISQ'nun geliştirilmesi, tedavi sonucunu "başarılı" ya da "başarısız" olarak etkileyebilecek standart bir klinik stabilite aralığı ve osseointegrasyonun herhangi bir aşamasında non-invaziv olarak ölçülen objektif değerlerle, iyi bir olgu dokümantasyonu sağlamaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. İmplantlarda ISQ skalası⁷²

	ISQ < 60	ISQ 60 – 65	ISQ 65 – 70	ISQ > 70
Endikasyon	Stabilitesi riskli implant	Splint (immediat yükleme)	1 ve ya 2 aşamalı	1 aşamalı
Cerrahi protokol		2 aşamalı	1 ve ya 2 aşamalı	1 aşamalı
Restoratif protokol		Geleneksel yükleme	Erken yükleme	immediat yükleme

ISQ: Implant Stability Quotient(katsayısı)

Osstell(RFA) ve periotest(PTV)'in karşılaştırmasını yapan çalışmalar

Yapılan literatur taramasında RFA ve PTV yi karşılaştıran çeşitli implant çalışmalarına rastlanmıştır. Al-Jetaily ve arkadaşları yaptıkları invitro çalışmada her iki sistemin sert ve yumuşak arayüzlerde diş implant stabilitesinin ölçülmesinde hassas olduğunu, ancak Osstell'in fiksür arayüzü sertliğindeki değişikliklerin saptanmasında daha hassas olduğunu bildirmişlerdir⁶⁹. Osstell sisteminin, sert ve yumuşak arayüzlerde diş implant stabilitesinin ölçülmesinde Periotest sistemine kıyasla daha güvenilir olduğu, ancak Osstell sisteminin güvenilirliği implant stabilitesi arttıkça artarken Periotest sisteminin güvenilirliği, implant stabilitesi düştükçe arttığını bildirmişlerdir. Zix ve arkadaşları⁷⁰ İmplantlar üzerinde yaptığı bir klinik çalışmada ise PTV nin sonuçlarının klinik ölçüm şartlarından ve farklılıklarından daha fazla etkilendiği bu sebeple RFA'nın PTV'ye göre daha kesin sonuç verdiği bildirilmiştir. Oh ve arkadaşları⁷¹ Yaptığı başka bir klinik çalışmada ise her iki sistemin korele olduğu ancak Periotest'in sonuçları kemik dansitesinin artışı ile ters orantılı iken osstell de bu durumun doğru orantılı olduğu bildirilmiştir. Bilhan ve arkadaşları⁷² Yaptıkları bir invitro çalışmada ise PTV nin gözlemci içi tekrar edilen ölçümlerinde bukkal ölçüm sonuçları uyumlu iken mezial ölçüm sonuçları başarısız bulunmuştur. Gözlemciler arası bukkal PTV ölçümü uyumlu iken mezial ölçüm uyumsuz bulunmuştur. Yerleştirme torku ve RFA uyumlu iken PTV bu iki parametre ile uyum göstermemiştir. PTV'nin mezial ölçümde gözlemci içi ve gözlemciler arası tekrar edilebilirliğinin olmaması sebebiyle bukkalden ölçüm yapılması ve bu ölçümün sonuçlarının başka tekniklerle desteklenmesi gerektiği bildirilmiştir. Ortodontik minividalarda yapılan bir çalışmada ise osteoentegre olmayan mini-implantların stabilitesi periotest, yerleştirme torku ve çekme kuvveti ile değerlendirilmiştir. Yapılan stabilite ölçümleri arasında orta dereceli korelasyon bulunmuşken, Periotest yapılan ölçümlerde en düşük güvenilirliği göstermiştir⁷³.

Sonuç

Rezonans frekans analiz (RFA) ve Periotest (PTV), implant tedavisinin klinik sonuçlarının belgelenmesi için önemli birer araç olarak hizmet etmektedir. Yapılan implant çalışmaları Osstell in periotest e kıyasla daha güvenilir ve kolay uygulanabilir olduğunu bildirmişken, buna karşın literatürde doğal dişlerin mobilitate ölçümünde subjektif dijital ölçüm tekniklerinden sadece periotest'in kullanımına rastlanmıştır. Doğal dişlerin mobilitate değerlerinin belirlenmesine yönelik daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

1. Javed F, Romanos GE. The role of primary stability for successful immediate loading of dental implants. A literature review. *Journal of Dentistry*. 2010;38:612-20.
2. Herrmann I, Lekholm U, Holm S, Kultje C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures, *International Journal of Oral Maxillofacial Implants*. 2005;20:220-30.
3. Romanos GE. Bone quality and the immediate loading of implants-critical aspects based on literature, research, and clinical experience. *Implant Dentistry*. 2009;18:203-9.
4. Romanos GE, Testori T, Degidi M, Piattelli A. Histologic and histomorphometric findings from retrieved, immediately occlusally loaded implants in humans. *Journal of Periodontology*. 2005;76:1823-32.
5. Lekholm U, Zarb G. Patient selection and preparation In Branemark PI, editor, *Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*, Chicago, Quintessence. 1985;199-209.
6. Trisi, P. & Rao, W. Bone classification: clinical histomorphometric comparison. *Clinical Oral Implants Research*. 1999;10:1-7.
7. Misch, C.E. (2008) Part 1. Rationale for implants, 3. Diagnostic imaging and techniques. In: Misch, C.B., ed. *Contemporary Implant Dentistry*, St. Louis: Mosby Year Book. 2008;38-67.
8. Salimov F, Tatli U, K rk  M, Ako lan M,  ztun  H, Kurto lu C. Evaluation of relationship between preoperative bone density values derived from cone beam computed tomography and implant stability parameters: A clinical study. *Clinical Oral Implants Research*. 2014;25:1016-21.
9. M hleman H.R, Tooth Mobility, The measuring method, Initial and secondary mobility, *Journal of Periodontology* 1954;25:22-9.
10. Miller SC. *Textbook of Periodontia*. 3rd ed. Blakiston Co. Philadelphia. 1950;101.
11. Lindhe J. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 4th Ed., Blackwell Munksgaard, Oxford (Malden). 2003;352-65.
12. Carranza FA, *Clinical Periodontology*. 9th. Ed., Newman MG.: WB Saunders, Philadelphia, 2002;438-9.
13. Svanberg G. Influence of trauma from occlusion on the periodontium of dogs with normal or inflamed gingivae. *Odontologisk Revy*. 1974;25:165-78.
14. Svanberg G, Lindhe J. Experimental tooth hypermobility in the dog: a methodological study. *Odontologisk Revy*. 1974;24:269-82.
15. Ericsson I, Lindhe J. Lack of effect of trauma from occlusion on the recurrence of experimental periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology* 1977;4:115.
16. Ericsson I, Lindhe J. Lack of significance of increased tooth mobility in experimental periodontitis. *Journal of Periodontology* 1984;55:447-52.
17. Neiderud A.M., Ericsson I, Lindhe J. Probing pocket depth at mobile-non mobile teeth. *Journal of Clinical Periodontology*. 1992;19:754-9.
18. Biancu S, Ericsson I, Lindhe J. Periodontal ligament tissue reactions to trauma and gingival inflammation. An experimental study in the beagle dog. *Journal of Clinical Periodontology*. 1995;22:772-9.
19. Polson A, Meitner S, Zander H. Trauma and progression of marginal periodontitis in squirrel monkeys (III). Adaptation of interproximal alveolar bone to repetitive injury. *Journal of Periodontal Research*. 1976;11:279-89.
20. Pattison AM, Pattison GL. *Periodontal instrumentation*. 2nd. Ed. Appleton & Lange. Norwalk, CT. 1992.
21. Nield-gehrig JS, houseman GA. *fundamentals of periodontal instrumentation*. 3rd ed. William & Wilkins. Baltimore. 1996.
22. Shulte W, Lucas D. The periotest method. *Int Dent J*. 1992;42:433-40.
23. Lucas D, Schulte W. Periotest - a dynamic procedure for the diagnosis of the human periodontium. *Clin Phys Physiol Means* 1990;11:65-75.
24. Mesa, F., Munoz, R., Noguerol, B., de Dios Luna, J., Galindo, P. & O'Valle, F. Multivariate study of factors influencing primary dental implant stability. *Clinical Oral Implants Research*. 2008;19:196-200.
25. Esposito, M., Hirsch, J.M., Lekholm, U. & Thomsen, P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (II). Etiopathogenesis. *European Journal of Oral Sciences*. 1998;106:721-64.
26. Bilhan H, Arot S, Geckili O: How Precise Is Dental Volumetric Tomography in the Prediction of Bone Density, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Dentistry Volume 2012, Article ID 348908, 8 pages).
27. Sullivan, D. Y., Sherwood, R. L., Collins, T. A. & Krogh, P. H. The reverse-torque test: a clinical report. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 1996;11:179-185.
28. Gapski R, Wang H-L, Mascarenhas P, Lang NP. Critical review of immediate implant loading. *Clin. Oral Impl. Res*. 2003;14:515-27.
29. Romanos, G. E. Surgical and prosthetic concepts for predictable immediate loading of oral implants. *Journal of the California Dental Association*. 2004;32:991-1001.
30. Javed F, Romanos GE. Impact of diabetes mellitus and glycemic control on the osseointegration of dental implants: A systematic literature review. *Journal of Periodontology*. 2009;80:1719-30.
31. Javed F, Almas K. Osseointegration of dental implants in patients undergoing bisphosphonate treatment. A literature review. *Journal of Periodontology*. 2010;81:479-84.
32. Meredith, N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *International Journal of Prosthodontics*. 1998;11:491-501.
33. Truhlar, R. S., Orenstein, I. H., Morris, H. F. & Ochi, S. Distribution of bone quality in patients receiving endosseous dental implants. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*. 1997;55:38-45.
34. Sennerby, L., Thomsen, P. & Ericson, L. E. A morphometric and biomechanical comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 1992;7:62-71.

35. Da Cunha, H. A., Francischone, C. E., Filho, H. N. & de Oliveira, R. C. 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. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2004;19(4).
36. Abuhussein, H., Pagni, G., Rebaudi, A. & Wang, H. L. The effect of thread pattern upon implant osseointegration. *Clinical Oral Implants Research*. 2010;21:129-136.
37. Johansson, C. & Albrektsson, T. Integration of screw implants in the rabbit: a 1-year follow-up of removal torque of titanium implants. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 1987;2:69-75.
38. Tepret F, Sertgöz A, Basa S. Immediately loaded anterior single-tooth implants: Two cases. *Implant Dent*. 2005;14:242-7.
39. Engquist B, Bergendal T, Kallus T, et al. Retrospektive multicenter evaluation of osseointegrated implants supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988; 3; 129-134. } { Mish CE Dental implant Protezler, ED:kutay Ö, İstanbul, Nobel, 2009; 1.
40. Misch Carl E. *Contemporary Implant Dentistry*, Mosby Inc, Saint Louis, Missouri, 1999, 2nd Edition, Chapter 6, 7, 8.
41. 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. *Clinical Implant Dentistry & Related Resear*. 2002.
42. Bischof, M., Nedir, R., Szmukler-Moncler, S., Bernard, J. P. & Samson, J. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clinical Oral Implants Research*. 2004;15:529-39.
43. Chong, L., Khocht, A., Suzuki, J. B. & Gaughan, J. Effect of implant design on initial stability of tapered implants. *Journal of Oral Implantology*. 2009;35:130-5.
44. Hansson, S. The implant neck: smooth or provided with retention elements. A biomechanical approach. *Clinical Oral Implants Research*. 1999;10:394-405.
45. Borsari, V., Giavaresi, G., Fini, M., Torricelli, P., Salito, A., Chiesa, R., Chiusoli, L., Volpert, A., Rimondini, L. and Giardino, R.. Physical characterization of different-roughness titanium surfaces, with and without hydroxyapatite coating, and their effect on human osteoblast-like cells. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2005;75:359-68.
46. Mustafa, K., Wroblewski, J., Hulténby, K., Lopez, B. S. & Arvidson, K. Effects of titanium surfaces blasted with TiO₂ particles on the initial attachment of cells derived from human mandibular bone. A scanning electron microscopic and histomorphome. 2000.
47. Reiger MR, Adams WK, Kinzel GL ve ark. Finite element analysis of bone-adapted and bone-bonded endosseous implants. *J Prosthet Dent*. 1989;62:436-40.
48. Lum LB: A biomechanical rationale for the use of short implants. *J Oral Implantol*. 1991;17:126-31.
49. Morris, H. E., Ochi, S., Crum, P., Orenstein, I. & Plezia, R. Bone density: its influence on implant stability after uncovering. *Journal of Oral Implantology*. 2003;29:263-9.
50. Van Scotter DE, Wilson CJ. The Periotest method for determining implant success. *J Oral Implantol*. 1991;17:410-3. 21. Adell R, Eriksson.
51. Medizintechnik Gulden - Manufacturer of the Periotest. <http://www.med-gulden.com/periotest.php>.
52. Chavez H, Ortman LF, DeFranco RL, Medige J. Assessment of oral implant mobility. *J Prosthet Dent*. 1993;70:421-6.
53. Engelke W, Stahr S, Schwarzwälder W. Enhancement of primary stability of dental implants using cortical satellite implants. *Implant Dent*. 2002;11:52-7.
54. Teerlinck J, Quirynen M, Darius P, van Steenberghe D. Periotest: an Objective Clinical Diagnosis of Bone Apposition Toward Implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1991;6:110-22.
55. Olivé J, Aparicio C. The Periotest Method as a Mea- Dental implantlarda stabilite 85 7tepeklilik sure of Osseointegrated Oral Implant Stability. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990;5:88-105.
56. Meredith N, Friberg B, Sennerby L, Aparicio C. Relationship between contact time measurements and PTV values when using the Periotest to measure implant stability. *Int J Prosthodont* 1998;11:269-75.
57. med-gulden. Erişim tarihi: 5 Mayıs 2018. Available from: http://www.med-gulden.com/downloads/02_english/01_Productinformation/Periotest_procedure.pdf.
58. 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.
59. Meredith N, Books K, Friberg B, Jemt T, Sennerby L. Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross-sectional and longitudinal study of resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla. 1997;8:226-33.
60. 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.
61. da Cunha, H.A., Francischone, C.E., Fliho, H.N. and de Oliveira, R.C.G. 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. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2004;19(4).
62. Glauser R et al. Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. *Clin Oral Implants Res*. 2004;15:428-34.
63. Becker W, Sennerby L, Bedrossian E, Becker BE, Luc- Dental implantlarda stabilite 86 7tepeklilik chini JP. Implant stability measurements for implants placed at the time of extraction: a cohort, prospective clinical trial. *J Periodontol*. 2005;76:391-7.
64. Barewal, R. M., Oates, T. W., Meredith, N. & Cochran, D. L. Resonance frequency measurement of implant stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 2003;18:641-651.
65. Kim DS, Lee WJ, Choi SC, Lee SS, Heo MS, Huh KH, Kim TI, Lee IB, Han JH, Yi WJ. A new method for the evaluation of dental implant stability using an inductive sensor. *Med Eng Phys*. 2012;34:1247-52.

66. Glauser, R., Lundgren, A., Gottlow, J., Sennerby, L., Portmann, M., Ruhstaller, P. and Hämmerle, C.H., Immediate Occlusal Loading of Brånemark TiUnite™ Implants Placed Predominantly in Soft Bone: 1-Year Results of a Prospective Clinical Study. *Clinical implant dentistry and related research*. 2003;5:47-56.
67. 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.
68. Sjöström M, Sennerby L, Nilson H, Lundgren S. Reconstruction of the atrophic edentulous maxilla with free iliac crest grafts and implants: a 3-year report of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2007;9:46-59.
69. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol* 2000. 2008;47:51- 66.
70. Meredith N. A review of nondestructive test methods and their application to measure the stability and osseointegration of bone anchored endosseous implants. *Crit Rev Biomed Eng*. 1998;26:275-91.
71. 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;14:601-9.
72. Lachmann S, Laval JY, Jäger 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 Impl*. 2006;17:80-4.
73. Osstell. Erişim tarihi: 5 Mayıs 2018. Available from: <https://www.osstell.com/clinical-guidelines/the-isq-scale/>.
74. Al-jetaily S, Al-dosari AA. Assessment of Osstell ä and Periotest Ö systems in measuring dental implant stability (in vitro study). 2011;17-21.
75. Zix J, Hug DMDS, Kessler-liechti DMDG, Mericske-stern R. Measurement of Dental Implant Stability by Resonance Frequency Analysis and Damping Capacity Assessment : Comparison of Both Techniques in a Clinical Trial. 2008.
76. Oh J, Kim S, Korea R. Clinical study of the relationship between implant stability measurements using Periotest and Osstell mentor and bone quality. 2012;113(3).
77. Bilhan H, Cilingir, A., Bural, C., Bilmenoglu, C., Sakar, O. and Geckili, O., The evaluation of the reliability of periotest for implant stability measurements: An in vitro study. *Journal of Oral Implantology*. 2015;41:e90-e95.
78. Hosein, Yara K. PhD; Dixon, S. Jeffrey DDS, PhD; Rizkalla, Amin S. PhD; Tassi, Ali DDS, MCID A Comparison of the Mechanical Measures Used for Assessing Orthodontic Mini-Implant Stability. *Implant Dent*. 2017;26:225-31.

Correspondence Address / Yazışma Adresi

Fariz Salimov
Çukurova Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi
Adana, Turkey
e-mail: dr_selimli@hotmail.com

Geliş tarihi/ Received: 23.03.2018

Kabul tarihi/Accepted: 14.05.2018