

# Maksillofasiyal Cerrahide Piezoelektrik Aygıtların Kullanımı

Doç. Dr. Zekai Yaman

Amerikan Hastanesi Ağız ve Diş Sağlığı Bölümü,  
Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Uzmanı, Nişantaşı,  
İstanbul.



Doç. Dr. Zekai Yaman

1989 yılında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinden mezun oldu. Aynı Üniversitenin Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalında Doktora eğitimini tamamladı. 1997 yılında Japonya Bilim ve Eğitim Bakanlığı bursunu kazanarak Osaka Üniversitesi 1. Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi Kliniğine kabul edildi. İki yıl süreyle ileri maksillofasiyal cerrahi, ortognatik cerrahi ve dudak-damak yarıkları konularında klinik çalışmalara ayrıca, çene nörofizyolojisi konusunda deneysel çalışmalara katıldı. 18 ay süreli Oral ve Maksillofasiyal Cerrahide ileri eğitim programını başarıyla tamamladı. 2000 yılında Üniversite Doçenti ünvanını aldı. 2000-2011 yılları arasında İstanbul'da özel kliniğinde çalıştı. 2011 yılından itibaren Vehbi Koç Vakfı Amerikan Hastanesi Ağız ve Diş Sağlığı Bölümünde, Ağız ve Çene Cerrahisi Uzmanı olarak hizmet vermektedir.

## Özet

Piezoelektrik prensipler uyarınca oluşturdukları ultrasonik vibrasyon vasıtasıyla kemik kesisi yapabilen aygıtlar pratikte piezoelektrik aygıtlar (piezocerrahi) olarak adlandırılmaktadır. Piezoelektrik aygıtlar, dental implantoloji başta olmak üzere ağız ve çene cerrahisi, plastik cerrahi, kulak burun boğaz, ortopedi ve el cerrahisi gibi çeşitli branşlarda, kemik ile ilgili işlemlerde gittikçe yaygınlaşan bir kullanım alanı bulmaktadır. Piezoelektrik aygıtların başlıca özellikleri arasında, yumuşak dokulara zarar vermeden seçici kemik kesme özellikleri, net bir cerrahi görüş sağlamaları, mikron hassasiyetinde kesi yapılabilmesi ve ısı oluşturmaması sayılabilir.

Bu çalışmada, piezoelektrik aygıtların temel çalışma prensipleri özetlenerek, maksillofasiyal cerrahide kemik ile ilgili girişimlerdeki uygulama alanları klinik örnekler eşliğinde sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Maksillofasiyal cerrahi, piezoelektrik, ultrasonik vibrasyon, piezocerrahi.

## Giriş

Ağız ve çene cerrahisinde sert dokuları ilgilendiren işlemlerde osteotom, guj ve çekiç gibi mekanik el aletlerinin kullanımı çok eski bir geçmişe sahiptir. Tarihsel gelişim içinde mekanik aletlere alternatif olarak hava basıncı veya elektrik enerjisi ile çalışan motorlu aygıtlar kullanılmaya başlanmıştır.

Kemik cerrahisinde kullanılan dairesel, ileri-geri veya sağ-sol yönde hareketler yapan motorlu aygıtların yol açtığı başlıca sorunlar arasında: kemiğin aşırı ısınmasına bağlı görülen nekrozlar; kesici ucun basınçla uygulanmasına bağlı cerrahin ince dokunma hassasiyetini kaybetmesi; kesim derinliğinin tes-

pitindeki zorluklar; döner başlığın veya testerenin hızının tam ayarlanamamasına bağlı istenilmeyen bölgelerde iyatrojenik hasar oluşturulması; maksiller sinüs veya mandibüler kanal gibi önemli anatomik oluşumlar ile yumuşak dokularda hasar oluşturma ihtimalleri sayılabilir (Giraud ve ark. 1991). Eriksson ve ark. (1984), döner aletlerin teması sonucu kemik ısısının 1 dakika boyunca 470 C derece üstüne çıktığı durumlarda lokal nekroz oluştuğu bildirilmiştir. Bu durum, kemik cerrahisinde özellikle dental implant uygulamalarında özel bir öneme sahip olup implant başarısını doğrudan etkilemektedir.

Mekanik veya elektrikli konvansiyon-



**Resim 1.** Piezoelektrik aygıtların ilk modeli Vercollotti ve ark. (2000) tarafından geliştirilmiştir. Piezoelektrik aygıtlar, ilk modele atfen genel olarak "Piezosurgery" olarak adlandırılmaktadır. Resimde, Piezosurgery 3 (Mectron, İtalya) aygıtı (A); ve diğer bir markaya ait (Surgysonic, Esacrom, İtalya) uçlar izlenmekte (B).

nel kemik cerrahisi enstrümanlarına alternatif olarak basınçla su püskürtmek suretiyle kemik kesisi sağlayan Su-Jet (water jet) aygıtı geliştirilmiştir (Schwi-eger ve ark. 2004). Ancak su-jet klinik kullanıma girmemiştir.

Er: YAG (2940 nm) ve Er, Cr:YSGG (2780 nm) laserler gibi sert doku laserleri kullanılarak yapılan kemik cerrahisi yalnızca lokal uygulamalarda başarılı sonuçlar verebilmektedir (Coluzzi ve Convissar 2007). Laserin kemik kesmek amacıyla uygulandığı durumlarda aşırı ısınmaya bağlı termal nekroz oluşturduğu, yeni geliştirilen sistemlerde ise derinlik kontrolüne dair sorunlar bulunduğu bildirilmiştir (Stübinger ve ark. 2009). Sert doku kesici özelliğe sahip dalga boyları ile ilgili çalışmalar artarak devam etmektedir.

Ağız ve çene cerrahisinde kemikle ilgili işlemlerde son olarak gündeme gelen ve geniş bir kullanım alanı bulan yöntem, piezoelektrik prensiplerine göre çalışarak ultrasonik vibrasyon vasıtasıyla kesme yapabilen piezoelektrik aygıtlardır (Vercollotti ve ark. 2001). Piezoelektrik aygıtlar pratikte, ilk piyasaya çıkan aygıtın ismine atfen Piezocerrahi (Piezosurgery) olarak adlandırılır.

Piezocerrahinin genel dişhekimliği ve implantolojide çeşitli kullanımları yazar tarafından güncel dergilerde tarif edilmiştir (Yaman 2009, Yaman 2010a, b, c, d, Yaman ve ark. 2011, Yaman ve Süer 2011). Bu çalışmada, maksillofasi-

yal cerrahi alanında kullanımı örnek olgular üzerinde tarif edilmiştir.

### Piezoelektrik Etki ve Ultrasonik Titreşim Oluşumu

Piezoelektrik etki, üzerine mekanik bir basınç uygulanan quartz gibi bazı kristaller ve seramik malzemelerde bir elektriksel gerilimin oluşmasıdır. Malzeme genişleyip daralarak titreşir ve ultrasonik vibrasyon oluşturur. Basınç elektrikleşmesi olarak da adlandırılan bu etki, Yunanca basınç anlamına gelen "piezein" sözcüğünden türetilen "piezo" sözcüğü ile tanımlanmıştır (Poblete-Michel ve Michel 2009).

Piezoelektrik etki ile oluşturulan ultrasonik vibrasyonun sert dokulardaki kesici etkisi ilk olarak Ca-

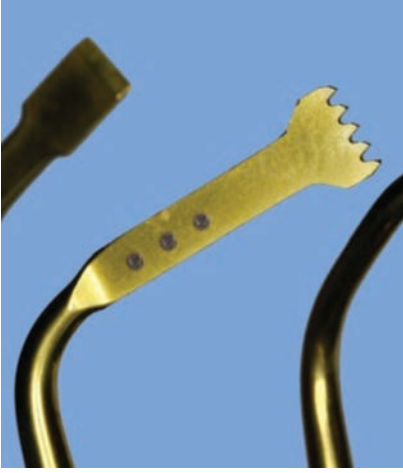


**Resim 2.** Piezoelektrik prensipler uyarınca oluşturulan ultrasonik vibrasyon, aletin uç kısmına takılan uçta (insert) titreşime sebep olur. Longitudinal titreşimin genliği, markaya göre değişmekle birlikte 40-200 mikron arasında vertikal titreşim ise 20-60 mikron arasındadır.

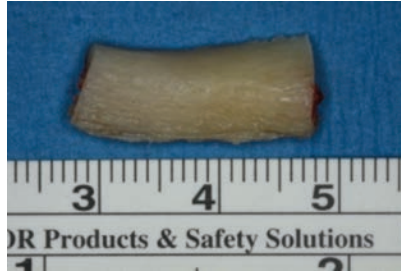
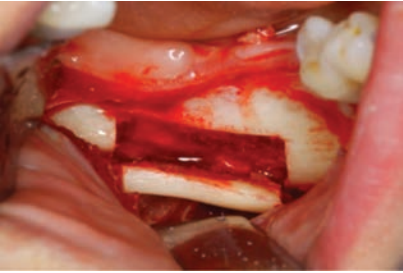
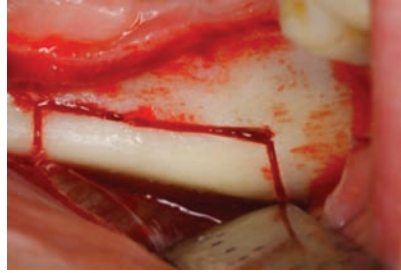
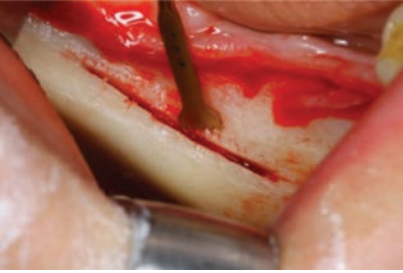
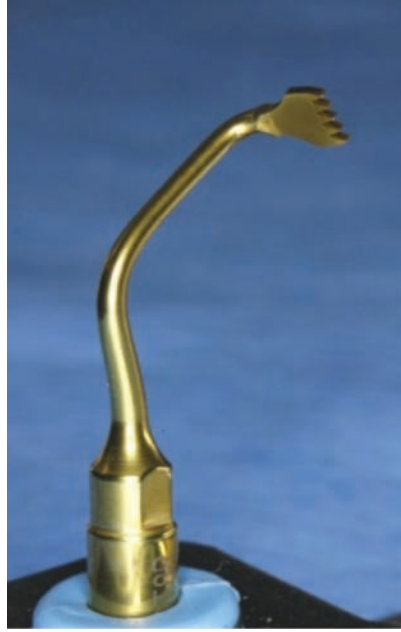
tuna (1953) tarafından tanımlanmıştır. Volkov ve Shepeleva (1974) takiben Aro ve ark. (1981) ortopedik cerrahide, Horton ve ark (1975, 1981) tarafından da çene cerrahisindeki kullanımını tarif edilmiştir. Güncel piezoelektrik aygıtların ilk modeli Vercollotti ve ark. (2000) tarafından geliştirilerek halen yoğun olarak araştırmalara konu edilmektedir (Vercollotti ve ark. 2001a, 2001b, 2005). Piezoelektrik aygıtlar, dişhekimliği pratiğinde rutin olarak kullanılan piezoelektrik diştaşı temizleme cihazlarına benzer prensiplerle çalışır, ancak ultrasonik diştaşı temizleme ci-



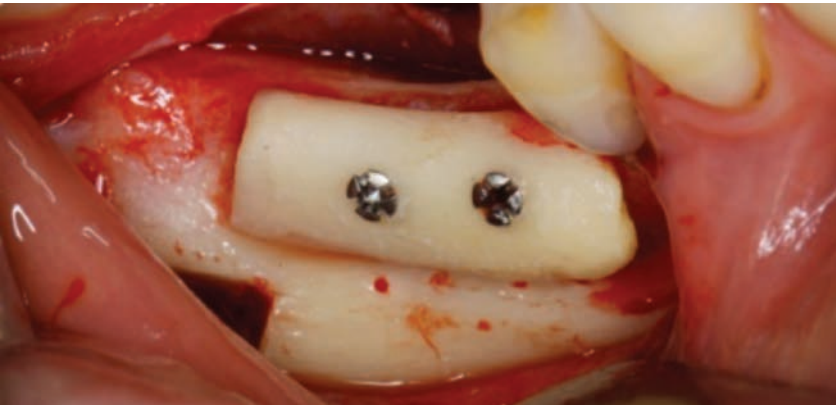
**Resim 3.** Vibrasyonun olduğu uç kısmında, devamlı mikropatlamlar ve bir şok dalgası oluşur. Bu şok dalgası kavitasyon olarak adlandırılır. Kemik cerrahisinde kavitasyon etkisi önemlidir. Kavitasyon esnasında enerji açığa çıkarak lokal ısı artışı ve basınç değişimine sebep olur. Walmsly ve ark. (1988) kavitasyonun bakteri hücre duvarını parçaladığını ve antibakteriyel etkinliğe sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca kavitasyon etkisi ile hemostaz sağlanarak kansız bir operasyon sahası elde edilir.



**Resim 4.** Kemik kesilerinin yapılmasında standart olarak düz testere uçlar tercih edilir (A). Ramus grefti alınmasında alt yatay kesiler için özel geliştirilmiş çift açılı uçlar işlemlerde kolaylık sağlar (B).



**Resim 5.** Ramus grefti alınmasında uygulanan kemik kesileri: linea obliqua eksterna boyunca ön-arka yönde uzanan üst yatay kesi (A); buna dik olacak şekilde arkada ramus üst bölgesinde arka dikey kesi; yine linea kesisine dik olacak şekilde önde korpus bölgesinde, ön dikey kesi ve son olarak alt yatay kesi olmak üzere 4 osteotomi hattından ibarettir (B). Kemik grefti tabandan bir osteotom yardımıyla ayrılır (C). Greft genellikle 2-3 cm uzunluğunda ve 3-5 mm kalınlığındadır (D). Osteotomilerin piezocerrahi vasıtasıyla yapılması kansız ve net bir cerrahi alan sağlar.



hazlarının sert dokuları kesici özellikleri yoktur (van der Weijden 2005). Piezoelektrik aygıtların klinik uygulamalara getirdiği en büyük yenilik, seçici kesme özelliğidir. Piezocerrahi kemik gibi mineralize dokuları keserken, damar, sinir gibi yumuşak dokuları kesmemektedir (Schaeren ve ark. 2008).

Piezoelektrik aygıtlar ayak pedalı ile kontrol edilen elektrik ünitesi, ünite üzerinde ayar düğmeleri, piyasemen benzeri "handpiece" ve el parçasına vidalanan değişik şekillerdeki uçlardan (insert) oluşur (Resim 1A-B).

Ultrasonik vibrasyonu üreten ve titreşimler halinde kullanıma sunan bölüm "handpiece" içindedir ve "transduser" olarak adlandırılır. Elektrik akımı handpiece uç kısmına yakın konumlanmış piezoelektrik özellikteki seramik halkalarda deformasyon ve elektriklenme oluşturur. Halkalar genişleyip daralarak titreşirler. Transduser boyunca iletilen titreşimin şiddeti ucta bulunan amplifikatör tarafından artırılır. Böylece aktif uç longitudinal ekseninde ve daha az miktarda vertikal ekseninde titreşir (Resim 2).

### Piezoelektrik Ultrasonik Aygıtların Etki Mekanizmaları

Ultrasonik aygıtların etki mekanizmaları arasında kabarcık oluşumu ve kavitasyon etkisi başta olmak üzere ısı etkisi, ultramasaj etkisi, elektriksel etki ve ivme etkisi temel ayırt edici özellikler olarak sayılabilir (Van der Weijden 2005). Kemik cerrahisinde kavitasyon etkisi önemlidir. Ultrasonik enstrü-

**Resim 6.** Mandibüler ramus grefti onley tarzda, kemik kalınlığını arttırmak amacıyla tercih edilir. İliak Kemik Grefti Uygulaması

mentasyon esnasında soğutucu sıvı uç kısma doğru devamlı akarak irrigasyon sağlar. Ultrasonik vibrasyona maruz kalan sıvı üzerinde devamlı tekrarlayan baskı ve çekme kuvvetleri etkilidir. Bu kuvvetler sıvı üzerindeki atmosferik basıncı düşürerek sıvıyı buharlaşma seviyesine çeker. Vibrasyonun en hızlı olduğu aletin uç kısmında halka benzeri kabarcıklar oluşur. Bu kabarcıklar sıvı veya gaz dolar ve vibrasyona devam eder. Gittikçe büyüyen kabarcıklar bir aşamada patlayarak çok sayıda küçük kabarcığa dönüşür. Bu mikropatlamlar bir şok dalgası oluşturur ve kavitasyon adı verilir (Resim 3).

### Piezoelektrik ultrasonik aygıtların kullanım alanları arasında:

#### Kemik cerrahisinde,

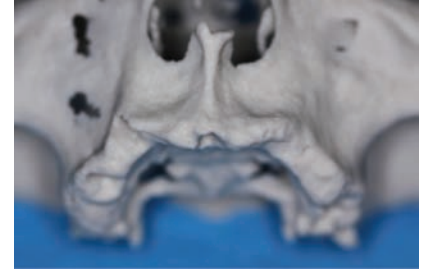
- Kemik grefti yatağının hazırlanması
- Alveoler dekortikasyon, kortikotomi
- Otojen greft alınması
- İmplant soketi hazırlanması
- Çekim soketinin temizlenmesi
- Kret düzeltilmesi
- Kret ayırma ve genişletme
- Ortognatik cerrahi
- Alveoler distraksiyon
- Kist çıkartılması
- Ortodontik mikro-cerrahi
- Mental sinir repozisyonu

#### Sinüs cerrahisinde,

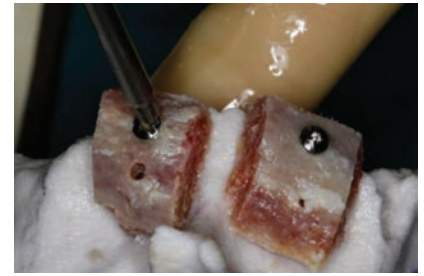
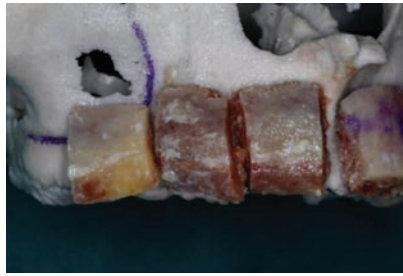
- Lateral yaklaşımda kemik penceresi hazırlanması
- Sinüs mukozası atravmatik diseksiyonu
- İnternal sinüs tabanı yükseltilmesi

#### Dişlerle ilgili girişimlerde,

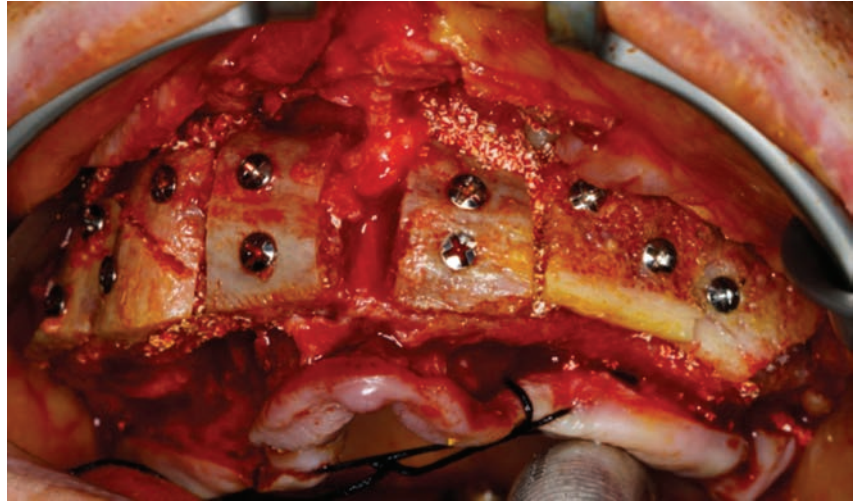
- Diş köklerini ayırma
- Hemiseksiyon
- Kök amputasyonu
- Odontektomi (gömülü dişlerin bölünmesi)
- Periodontal cerrahi
- Apikal rezeksiyon ve
- Ayrıca endodontik tedavilerde kullanım alanı bulmaktadır.



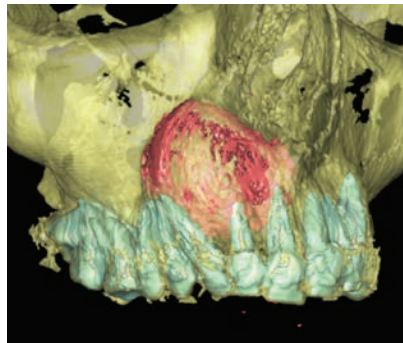
**Resim 7.** Üst tam dişsiz hasta, implant retansiyonlu sabit bir protetik restorasyon yapılması isteğiyle başvurdu. Operasyon öncesi değerlendirmede alveoler kretlerde belirgin atrofi tespit edildi ve iliak kemik greftlemesi vasıtasıyla çene augmentasyonu planlandı (A). Özellikle, anterior bölgede, estetik sorunları giderecek onley tarzda greftleme düşünüldü (B).



**Resim 8.** Anterior mediyal yaklaşımla alınan iliak kemik grefti, biyomodel üzerinde ideal formu alınca kadar şekillendirildi (A). Greftlerin çenede yerleşeceği pozisyonlar belirlendi (B).



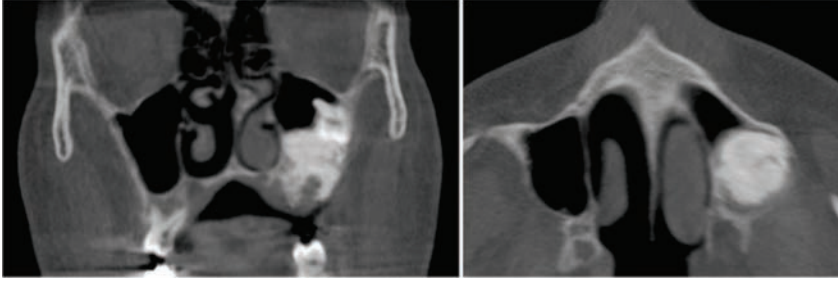
**Resim 9.** Model üzerinde planlanan lokalizasyona uygun olarak greftler çeneye fikse edildi. İşlemler esnasında piezocerrahi kullanılması suretiyle, greft kaybı minimize edildi.



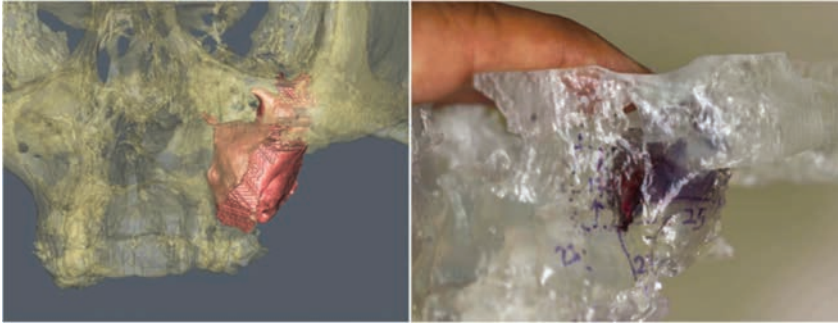
**Resim 10.** Genç bayan hastada, maksilla anterior bölgede lokalize ve oldukça büyük boyutlara ulaşmış dentigeröz kist (A), piezocerrahi kullanılarak enükle edildi. Kistin oluşturduğu defekt bölgesi, yine piezocerrahi kullanılarak mandibüler ramus bölgesinde alınan kemik grefti vasıtasıyla rekonstrükte edildi (B).



Resim 11. Genç erkek hasta üst çene molar bölgede, daha önceden odontoma tanısı alan odontojenik tümörün tedavisi için başvurdu.



Resim 12. Bilgisayarlı Tomografik (BT) incelemede, lezyonun maksiller sinüs posterior bölgeden, mediyalde burun yan kenarına ve yukarıda göz tabanına uzandığı ve posterior bölgede retromaksiller bölge ile yakın komşulukta olduğu izlendi (A ve B).



Resim 13. BT görüntülerinde elde edilen biyomodel üzerinde lezyonun komşulukları detaylı olarak incelendi ve operasyon planlaması yapıldı.

## Maksillofasiyal Cerrahide Klinik Uygulamalar

### Mandibüler Ramus Kemik Grefti Alınması

Dental implantoloji ve çene cerrahisi girişimlerinde, otojen kemik grefti olarak, mandibüler ramus bölgesi sıklıkla tercih edilmektedir (Yaman 2010 a ve b). Ramus grefti alınmasında, piezoelektrik aygıt kullanımının belirgin avantajlar

taşıdığı gösterilmiştir (Yaman ve Sürer 2011 ). Greft alınmasında, kemik kesileri ve cerrahi teknikler Resim 4 ile 6 arasında tarif edilmiştir.

Çene defektlerinin rekonstrüksiyonunda ve preprotetik cerrahide, 3 cm'yi geçen defektlerin onarımında sıklıkla iliak kemik greftleri tercih edilmektedir. İliak greftleme işlemlerinde alıcı saha ve verici sahaya ait girişimlerde olduğu gibi,

greftlerin adaptasyonunda da piezocerrahi kullanımı belirgin avantajlar sağlayabilmektedir (Resim 7 ve 9).

## Çene Kistleri Enükleasyonu ve Rekonstrüksiyonunda

Piezocerrahinin bir diğer uygulama alanı çene kistlerinin enükleasyonudur (Yaman 2010). Kistlerin üzerini örten ince kompakt laminanın piezocerrahi vasıtasıyla kaldırılması, kist epitelinin zarar görmesini engelleyerek nüks açısından önem taşıyabilir.

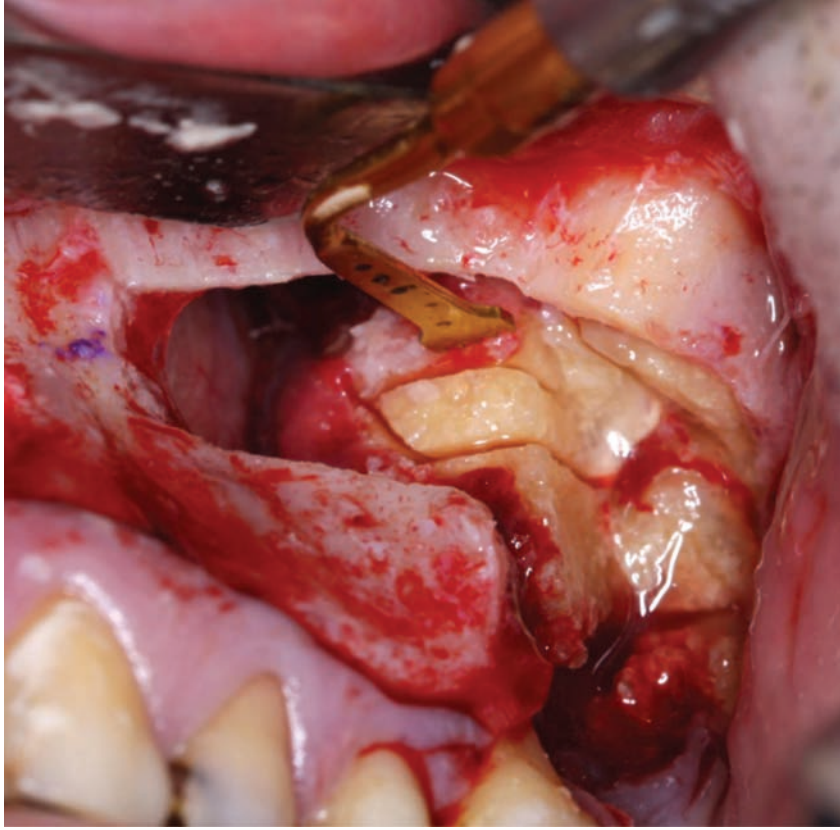
## Çene Tümörleri Rezeksiyonunda ve Rekonstrüksiyonunda

Odontojenik tümörlerin çıkartılmasında, piezocerrahi kullanımı literatürde az sayıda yayına konu edilmiş oldukça güncel bir yaklaşımdır. Yaman ve ark. (2011) tarafından aşağıda sunulan olgu piezocerrahinin avantajlarını ortaya koyması açısından oldukça ilgi çekicidir

## Tartışma

Ağız ve çene cerrahisinde kemik ile ilgili işlemlerde kullanılan mekanik el aletleri ve motorize aletlere alternatif yöntem arayışları piezoelektrik ultrasonik aygıtların geliştirilmesi ile devam etmektedir. Güncel literatür incelendiğinde hemen tüm araştırmacılar tarafından piezoelektrik aygıtların konvansiyel yöntemlere alternatif olabileceği bildirilmektedir. Horton ve ark. (1975, 1981) kemik kesici, frez ve ultrasonik aygıtlarla yaptıkları deneysel çalışmalarında ultrasonik aygıtlarla yapılan kemik kesiminin daha hızla iyileştiğini tespit etmişlerdir.

Vercellotti ve ark. (2005) piezocerrahi, karbid frez ve elmas frez kullanılarak kemikte yapılan ostektomi ve osteoplasti işlemlerinin iyileşme üzerine olan etkilerini deneysel bir çalışmada incelemişlerdir. Histolojik sonuçlar, frez kullanılarak yapılan işlemlerin kemik kaybına, piezoelektrik kullanılarak yapılan işlemlerin ise kemik kazancına yol açtığını göstermiştir.



**Resim 14.** Operasyonda maksilla ön duvarı kaldırıldı ve tümöre direkt ulaşım sağlandı. Son derece sert olan tümör piezocerrahi yardımıyla küçük parçalar halinde, komşu anatomik yapılara zarar vermeden çıkartıldı.

Berengo ve ark. (2006), otojen partiküle kemik grefti alma yöntemlerinin kemik hücreleri üzerine olan etkilerini araştırdıkları klinik çalışmalarında, yavaş veya hızlı devirde dönen rond frez ile spiral implant frezi kullanılarak alınan kemik örneklerinde canlı osteosite rastlamadıklarını ve kemiğin tamamen ölü olduğunu tespit etmişlerdir. Mekanik alet ve piezocerrahi ile alınan greftlerde ise osteositlerin canlı kaldıklarını gözlemişlerdir.

Ağız ve çene cerrahisinde, osteoto-

mi operasyonlarında (Munoz-Guerra ve ark. 2009), alveoler distraksiyonlarda (González-García ve ark. 2008), sinüs ogmentasyonlarında (Wallace ve ark. 2007, Barone ve ark. 2008), ramus grefti alınmasında (Happe 2007), maksiller ekspansiyonda (Robiony ve ark. 2004) ve diğer ağız içi cerrahi girişimlerde (Eggers ve ark. 2004, Vercollotti 2004) piezoelektrik ultrasonik aygıtların belirgin avantajlar taşıdığı vurgulanmıştır.

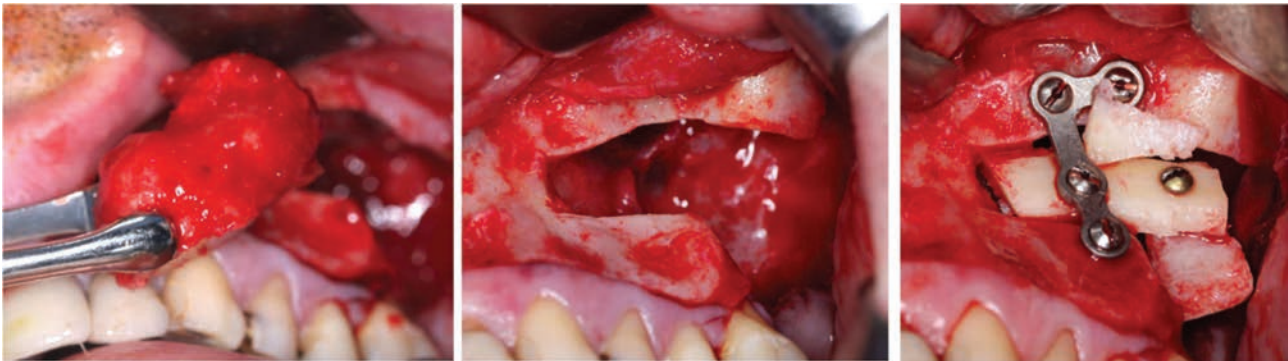
Son yıllarda ise kulak burun boğaz (Salami ve ark. 2009), plastik cerra-

hi (Robiony ve ark. 2007) ve el cerrahisi (Hoigne ve ark. 2006) alanlarında da uygulama alanı bulmaktadır.

Piezocerrahi aygıtların çene kist ve tümörleri tedavisinde kullanımı oldukça yeni olup literatürde az sayıda rapor edilmiştir (Yaman 2011, Yaman ve ark. 2011). Özellikle odontoma gibi son derece sert lezyonların çıkartılmasında, komşu anatomik yapılarda göz önüne alındığında piezocerrahinin avantajları daha belirgin hale gelmektedir (Yaman ve ark. 2011).

**Piezoelektrik ultrasonik aygıtların konvansiyonel yöntemlere göre taşıdığı başlıca avantajlar şu şekilde sıralanabilir.**

- Kuvvetli ve basınçlı irrigasyon ve kavitasyon etkisi ile cerrahi saha net görülür,
- Kavitasyon etkisi vasıtasıyla çalışan alanda hemostaz sağlanır,
- Mikrometrik hassasiyette kemik kesisi yapılabilir,
- Sert dokuları keserken temas ettiği yumuşak dokularda hasar oluşma ihtimali yoktur,
- Canlı osteositlere hasar vermediğinden iyileşme hızla gerçekleşir,
- Piezocerrahi otojen greft alınmasını kolaylaştırır ve otojen greftin avantajlarından faydalanılmasını sağlar,
- Çeşitli açılara sahip uçları vasıtasıyla görülmesi zor bölgelerde rahatlıkla kullanılabilir.



**Resim 15.** Tümörün eksizyonunu takiben oluşan kemik defekti yine piezocerrahi vasıtasıyla, mandibula ramus bölgesinde alınan kemik grefti kullanılarak rekonstrükte edildi.

**Piezocerrahi aygıtları avantajlarının yanısıra bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir:**

- Pacemaker taşıyan hastalarda kullanılmaması önerilir,
- Aletin satın alınması başlangıçta

mali bir yük getirir,

- Piezocerrahi kullanarak kemik kesilmesi daha uzun sürede gerçekleşir,
- Elektrikli testere gibi daha agresif aletlere ve hızlı çalışmaya alışmış hekimler için piezocerrahi

kullanılması zaman alıcı olabilir,

- Piezocerrahinin klinik uygulamalara adapte edilebilmesi için bir öğrenme zamanına ihtiyaç vardır. Bu süre zarfında hekimin devamlı pratik yapması önerilir (Vercollotti 2004).

## KAYNAKLAR

1. Aro H, Kallioniemi H, Aho AJ, Kellokumpu-Lehtinen P. (1981) Ultrasonic device in bone cutting. A histological and scanning electron microscopic study. *Acta Orthop Scand.* 52(1):5-10.
2. Barone A, Santini S, Marconcini S, Giacomelli L, Ghertone E, Covani U. (2008) Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure. A comparative study: piezoelectric device vs. conventional rotative instruments. *Clin Oral Implants Res.* 19(5):511-515.
3. Berengo M, Bacci C, Sartori M, Perini A, Della Barbera M, Valente M. (2006) Histomorphometric evaluation of bone grafts harvested by different methods. *Minerva Stomatol.* 55(4):189-198.
4. Catuna MC. (1953) Sonic energy. A possible dental application. Preliminary report of an ultrasonic cutting method. *Ann Dent.* 112:256-260. (Bakınız Poblete-Michel MG ve Michel JF. 2009)
5. Coluzzi DJ, Convissar RA. (2007) Atlas of Laser Applications in Dentistry. Quintessence Books.
6. Eggers G, Klein J, Blank J, Hassfeld S. (2004) Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 42(5):451-453.
7. Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. (1984) Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand.* 55(6):629-631.
8. Giraud JY, Villemin S, Darmana R, Cahuzac JP, Autefage A, Morucci JP. (1991) Bone cutting. *Clin Phys Physiol Meas.* 12(1):1-19.
9. González-García A, Diniz-Freitas M, Somoza-Martín M, García-García A. (2008) Piezoelectric and conventional osteotomy in alveolar distraction osteogenesis in a series of 17 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 23(5):891-896.
10. Happe A. (2007) Use of a piezoelectric surgical device to harvest bone grafts from the mandibular ramus: report of 40 cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 27(3):241-249.
11. Hoigne DJ, Stübinger S, Von Kanel O, Shamdasani S, Hasenboehler P. (2006) Piezoelectric osteotomy in hand surgery: first experiences with a new technique. *BMC Musculoskelet Disord.* 12:7:36.
12. Horton JE, Tarpley TM Jr, Wood LD. (1975) The healing of surgical defects in alveolar bone produced with ultrasonic instrumentation, chisel, and rotary bur. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 39(4):536-546.
13. Horton JE, Tarpley TM Jr, Jacoway JR. (1981) Clinical applications of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 51(3):236-242.
14. Lekholm U, Zarb GA. (1985) Patient selection. In: Brenemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T (eds). *Tissue-Integrated Prosthesis: Osseointegration in Clinical Dentistry.* Quintessence: 199-209.
15. Muñoz-Guerra MF, Naval-Gías L, Capote-Moreno A. (2009) Le Fort I osteotomy, bilateral sinus lift, and inlay bone-grafting for reconstruction in the severely atrophic maxilla: a new vision of the sandwich technique, using bone scrapers and piezosurgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 67(3):613-618.
16. Poblete- Michel MG, Michel JF. (2009) Clinical Success in Bone Surgery with Ultrasonic Devices. Quintessence Books.
17. Robiony M, Polini F, Costa F, Vercellotti T, Politi M. (2004) Piezoelectric bone cutting in multipiece maxillary osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg.* 62(6):759-761.
18. Robiony M, Toro C, Costa F, Sembronio S, Polini F, Politi M. (2007) Piezosurgery: a new method for osteotomies in rhinoplasty. *J Craniofac Surg.* 18(5):1098-1100.
19. Salami A, Dellepiane M, Proto E, Mora R. (2009) Piezosurgery in otologic surgery: four years of experience. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 140(3):412-418.
20. Schaeren S, Jaquière C, Heberer M, Tolnay M, Vercellotti T, Martin I. (2008) Assessment of nerve damage using a novel ultrasonic device for bone cutting. *J Oral Maxillofac Surg.* 66(3):593-596.
21. Schwieger K, Carrero V, Rentzsch R, Becker A, Bishop N, Hille E, Louis H, Morlock M, Honl M. (2004) Abrasive water jet cutting as a new procedure for cutting cancellous bone--in vitro testing in comparison with the oscillating saw. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 15;71(2):223-228.
22. Stübinger S, Ghanaati S, Saldamli B, Kirkpatrick C.J, Sader R. (2009) Er:YAG laser osteotomy: preliminary clinical and histological results of a new technique for contact-free bone surgery. *Eur Surg Res.* 42(3):150-156.
23. Van der Weijden F. (2005) The Power of Ultrasonics. Quintessence Books.
24. Vercellotti T. (2000) Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 20(4):358-365.
25. Vercollotti T, Crocave A, Palermo A, Molfetta A. (2001a) The piezoelectric osteotomy in orthopedics: clinical and histological evaluations (pilot study in animals). *Mediterranean J Surg Med.* 9:89-95.
26. Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. (2001b) The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 21(6):561-567.
27. Vercellotti T. (2004) Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol.* 53(5):207-214.
28. Vercellotti T, Nevins ML, Kim DM, Nevins M, Wada K, Schenk RK, Fiorellini JP. (2005) Osseous response following resective therapy with piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 25(6):543-549.
29. Volkov MV, Shepeleva IS. (1974) The use of ultrasonic instrumentation for the transection and uniting of bone tissue in orthopaedic surgery. *Reconstr Surg Traumatol.* 14:147-152. (Bakınız Poblete-Michel MG ve Michel JF. 2009).
30. Wallace SS, Mazor Z, Froum SJ, Cho SC, Tarnow DP. (2007) Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: clinical results of 100 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 27(5):413-419.
31. Walmsley AD, Laird WRE, Williams AR. (1988) Dental plaque removal by cavitation activity during ultrasonic scaling. *J Clin Periodontol.* 15:539-543.
32. Yaman Z. Piezoelektrik ultrasonik aygıtların ağız cerrahisi ve implantolojide klinik uygulamaları. *Dişhekimliğinde Estetik ve Implant.* 2009;14:26-33.
33. Yaman Z. Maksiller sinüs kemik greftleme operasyonlarında piezoelektrik ultrasonik aygıtların kullanımı. *Quintessence Türkiye.* 2010;2:17-28.
34. Yaman Z. Oral cerrahi ve implantolojide mandibüler ramus kemik greftlerinin kullanımı. I. Bölüm: Cerrahi ve radyolojik anatomi. *Dişhekimliğinde Estetik ve Implant.* 2010;16:36-41.
35. Yaman Z. Oral cerrahi ve implantolojide mandibüler ramus kemik greftlerinin kullanımı. II. Bölüm: Cerrahi teknikler. *Dişhekimliğinde Estetik ve Implant.* 2010;17:30-39.
36. Yaman Z. Enucleation of the jaw cysts using a piezoelectric ultrasonic device. Presentation. The 1st Scientific Congress of Hellenic, Israeli and Turkish Associations of Oral and Maxillofacial Surgeons (HITAOMS). 14-17 October 2010, Istanbul, Turkey.
37. Yaman Z, Süer BT, Cebe P, Keleş M. Piezosurgical excision of a large maxillary odontoma. Presentation. Societa Italiana di Chirurgia Maxillofaciale (SICMF) XVII Congresso Nazionale. 12-14 Maggio 2011, Como, Italy.
38. Yaman Z, Süer BT. Clinical efficiency of piezoelectric devices for harvesting of ramus bone graft. Presentation. 2nd Balkan Association of Maxillofacial Congress (BAMFS) and 5th Oral and Maxillofacial Surgery Society (ACBID) Conference. 25-29 May 2011, Antalya, Turkey.