

## ■ Derleme

# Ağız, diş ve çene cerrahisinde piezoelektrik cerrahi aletlerinin kullanımı

## *Using of piezoelectric surgical instruments in oral and maxillofacial surgery*

Özgün Yıldırım <sup>1\*</sup> , Mustafa Öztürk <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi AD, Ankara, Türkiye

\* Sorumlu Yazar: Özgün Yıldırım E-posta: [ozgunyldrm89@gmail.com](mailto:ozgunyldrm89@gmail.com) ORCID: 0000-0002-7974-1359

Gönderim: 7 Mart 2019 Kabul: 30 Mayıs 2019

## ÖZ

Piezoelektrik cerrahi, piezoelektrik ultrasonik titreşimler kullanarak güvenli ve etkili osteotomiler yapılmasını sağlayan nispeten yeni bir tekniktir, her geçen gün yeni özelliklere sahip cihazlar üretilip piyasaya sürülmektedir. Piezocerrahi aletleri, konvansiyonel döner cerrahi aletlerine göre üstün özelliklere sahiptir. Mikrometrik ve seçici kesim yapabilmesinden dolayı piezoelektrik cerrahi cihazı, kemik üzerinde nekrotik hasarlar vermeden güvenli ve hassas bir osteotomi sağlar. Geleneksel döner aletlere kıyasla en önemli özelliği, yumuşak doku ve kan desteğini koruyarak sadece mineralize dokular üzerinde çalışmasıdır. Operasyon alanında ve çevresindeki kemik harici sinir ve mukoza gibi yumuşak dokularla teması halinde bu dokulara zarar vermemektedir. Bu çalışmada tıbbın ortopedi ve beyin cerrahisi gibi birçok alanında olduğu gibi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi uygulamalarında da sıklıkla tercih edilen piezoelektrik cerrahi aletlerinin özellikleri, kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları anlatılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** ağız diş ve çene cerrahisi, diş hekimliği, piezoelektrik cerrahi

## ABSTRACT

Piezoelectric surgery is a relatively new technique that provides safe and effective osteotomies using piezoelectric ultrasonic vibrations, and every day new devices with new features are produced and marketed. Piezosurgery instruments have superior properties compared to conventional rotary surgical instruments. Because of its micrometric and selective cutting, the piezoelectric surgery device provides a safe and sensitive osteotomy without causing necrotic damage to the bone. Compared to conventional rotary instruments, the most important feature is that it works only on mineralized tissues while maintaining soft tissue and blood support. It does not damage the tissues in contact with soft tissues such as the bone and mucous membranes in and around the operation area. In this study, properties, usage areas, advantages and disadvantages of piezoelectric surgical instruments which are frequently preferred in Oral, Dental and Maxillofacial Surgery applications as in many fields of orthopedics and brain surgery of medicine are explained.

**Keywords:** dentistry, oral and maxillofacial surgery, piezoelectric surgery

## GİRİŞ

Piezoelektrik cerrahi, ultrasonik cerrahi titreşimler kullanılarak güvenli ve etkili osteotomiler yapılmasını sağlayan nispeten yeni bir tekniktir. Son yıllarda tıbbın birçok alanında kullanılmaya başlanan ultrasonik piezoelektrik cihazlarının üstün özellikleri olduğu görülmüştür [1]. Piezoelektrik cerrahi cihazı, mikrometrik ve seçici kesim yapabilmesinden dolayı kemik üzerinde herhangi bir osteonekrotik hasar yaratmadan güvenli ve hassas osteotomiler yapılmasına imkan sağlar. Cihaz sadece mineralize dokular üzerinde çalışır ve mukoza, sinir, damar gibi yumuşak dokulara zarar vermez. Kesici uç mineralize olmayan dokularla temas ettiğinde kesme işlemi sonlanır. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde kemik, sinir ve damarlar arasında çok yakın bir ilişki olduğundan piezocerrahinin kullanımı doku travmasını minimize etmek için çok iyi bir yöntem olabilir. Bu cihazlar osteotomi sırasında meydana gelen ısı artışını ve buna bağlı olarak gelişen osteonekroz riskini en aza indirerek iyileşmenin daha hızlı olmasını sağlar [1,2].

## PIEZOELEKTRİK CERRAHİNİN TANIMI VE TEMELLERİ

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda kemik cerrahisinde kullanılan geleneksel cihazlara oranla daha hassas ve güvenli osteotomi ve ostektomi ihtiyacına alternatif olarak daha iyi bir osteotomi ve ostektomi cihazı üretmek ve geliştirmek için ciddi deneysel çabalar sarf edilmiştir [1,3]. Diş hekimliğinde ultrasonik cihazlar, yüksek frekanslı ses dalgalarının diş sert dokuları üzerindeki kesme etkilerinin 1953 yılında bulunmasının ardından temel olarak periodontoloji ve endodonti alanında kendilerine yer edinmişlerdir. Ultrasonik osteotomi tekniği; ilk olarak 1975 yılında Horton ve arkadaşları tarafından tarif edilmesine rağmen, Vercellotti ve arkadaşlarının 2000 yılında, bu yumuşak doku koruyucu yaklaşımı yenileyip kullanıma sunana kadar işlerlik kazanmamıştır [4,5].

Minimal invaziv cerrahi, doku travmasının ve hasta morbiditesinin azaltılması için oldukça önemlidir [1]. Son yıllarda, modern tıbbın minimal invaziv cerrahiye doğru yönelmesiyle, ultrasonik mikro hareketlerin komşu yumuşak dokulara gözle görülür bir hasar vermediği sonucundan hareket edilerek kemik osteotomisi için ultrasonik dalgaların kullanımı Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde de önem kazanmıştır [6].

## PIEZOELEKTRİK CERRAHİ TEKNİĞİNİN ENDİKASYONLARI

Piezoelektrik cerrahi cihazı, osteotomi uygulamalarında sinir, damar, mukoza gibi çevre yumuşak dokulara zarar verme riskini en aza indirmektedir [1]. Histolojik bulgularla

desteklenen çalışmalar ile piezoelektrik cerrahi aletlerinin osteotomi hattındaki güvenilirliği ve hassaslığı kanıtlanmıştır. Operasyon esnasında görüş alanı kısıtlılığı olduğunda ve operasyon bölgesinde bulunan hassas anatomik yapıların var olduğu durumlarda kullanımı önerilmiştir [7,8].

Piezoelektrik cerrahi aletlerinin Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde kullanım alanları şöyle sıralanabilir;

- Dento-alveoler girişimler (Diş çekimi, endodontik cerrahi, periodontal cerrahi, gömülü dişlerin açığa çıkarılması ya da cerrahi çekimi)
- İmplant sahasının hazırlığı
- İmplant yerleştirme işlemleri
- Alveoler kret genişletilmesi
- Sinüs tabanı elevasyonu
- İmplant alveoler sinir lateralizasyonu
- Kemik grefti toplama
- Ortognatik cerrahi
- Distraksiyon osteogenezi
- Kist enükleasyonu
- Odontojenik tümör rezeksiyonları
- Temporomandibuler eklem cerrahisi [9].

## PIEZOELEKTRİK CERRAHİNİN AVANTAJLARI

Piezoelektrik cerrahinin en önemli avantajı; doku sertliğini tanıyarak seçici kesim yapabilmesi ve mineralize dokular üzerinde çalıştığında yumuşak dokulara zarar vermemesidir. Bu özellik, osteotomi sırasında kesici ucun mineralize olmayan dokularla temas etmesi halinde işlemin kendiliğinden durması ile sağlanır [7,10-12]. Schaeren ve arkadaşları [13], piezoelektrik cerrahi aletinin ucunun bir sinirin doğrudan ucuna temas ederken sinirin parçalanmadığını, yapısal veya fonksiyonel bir zarar görmediğini belirtmişlerdir. Sinir dokusundaki zararın, uygulayıcı tarafından cihazın uçlarıyla sinir üzerine aşırı kuvvet uygulamasından kaynaklandığını tespit etmişlerdir [13,14].

Piezoelektrik cerrahi uygulanmasından sonra yara iyileşmesinin konvansiyonel yöntemlere kıyasla daha hızlı olduğunu gösterilmiştir. Osteotomi ve osteoplasti işlemlerinde piezoelektrik cihazının geleneksel fissür ve rond frezlere oranla daha iyi bir kemik iyileşmesi ve

remodelasyonu sağladığı belirtilmiştir [15]. Piezocerrahi cihazıyla uygulanan osteotomide bozulmuş yara iyileşmesi gibi bir komplikasyonla karşılaşmamıştır. Osteotomi uygulanan kemik yüzeyinde BMP (bone morphogenetic protein)'lerin daha hızlı indüklenmesini sağlayarak kemik iyileşmesi fazında enflamatuvar fazı hızlandırdığı ve kemiğin normalden çok daha erken remodele olmasını sağladığı gösterilmiştir [6,15].

Piezoelektrik cerrahi cihazın önemli avantajlarından birisini de kavitasyon fenomeni oluşturmaktadır. Kavitasyon fenomeni; Vercolloti tarafından tanımlanmıştır. Cihazın uç kısmında oluşan vibrasyon, irrigasyon solüsyonunda köpük oluşmasına neden olmakta; bu köpük bölgeyi yıkamakta, küçük kan damarlarını tıkamakta, artıkları ve kanı uzaklaştırmakta, böylece operasyon bölgesinin kolay görülmesini sağlamaktadır [16-20]. Geleneksel frezlerin kullanımı sırasında operasyon bölgesinde yoğun kanama meydana gelir ve görüş azalır, piezoelektrik cerrahide osteotomi sırasında kanama daha az olmaktadır. Piezoelektrik cerrahi yumuşak dokulara minimum zarar vererek ve kemikte minimum kayıp sağlayarak hemorajiyi azaltmaktadır ve böylece postoperatif ödem daha az miktarda olur [15]. Basınçlı hava ile çalışan geleneksel döner aletlerle yapılan osteotomilerde ise meydana gelen hava-su basınç spreyi yerine aerosol etki olduğundan, irrigasyon ile meydana gelen deri altı amfizem riski azalmaktadır [12].

Piezoelektrik cerrahi aletleri ile yapılan ameliyatlarda daha az titreşim ve ses oluşmaktadır. Konvansiyonel döner aletlerin oluşturduğu makrovibrasyon ve aşırı ses hastaları rahatsız etmektedir. Lokal anestezi altında osteotomi sırasında piezoelektrik cerrahi aletinin mikrovibrasyonu daha az ses yaparak hastanın stresinin ve korkusunun azaltmasını sağlamaktadır [6,21].

Konvansiyonel döner alet ile kullanılan cerrahi frezlerle kıyaslandığında piezoelektrik cerrahi cihazının, ergonomik olması ve farklı açılara sahip kesici uçlarının bulunması oral kavitenin ulaşılması zor bölgelerinde hem rahat kullanım hem de hassas kesim işlemi yapabilmesine imkan sağlamaktadır [22].

Bunlara ek olarak; basit kurulumu ve kullanımı, parçalarının steril edilebilir olması, steril irrigasyon sisteminin olması, işlem sırasında güvenilir performansının ve ayak kontrol sisteminin olması piezoelektrik cerrahi aletinin fiziksel diğer avantajları arasında yer alır [23].

### **PIEZOELEKTRİK CERRAHİNİN DEZAVANTAJLARI**

Piezoelektrik cerrahi aletinin Ağız, Diş ve Çene Cerrahisindeki birçok avantajına rağmen bazı dezavantajları

da vardır. Piezoelektrik cerrahi osteotomisinin en büyük dezavantajı zaman faktörünün uzun olmasıdır [10]. Bu cihazlar ile yapılan osteotomi geleneksel döner aletlere kıyasla önemli ölçüde daha uzundur. Kemik yapısına ve kalınlığına bağlı olarak değişmekle beraber osteotomi süresi 3-5 kata kadar uzayabilmektedir [14,23]. Bu nedenle, piezoelektrik cerrahi osteotomisi sert kompakt kemikte ve uzun süreli osteotomilerde önerilmemektedir [24]. Araştırmacılar piezoelektrik cerrahi aletinin uçların beşinci kullanımdan sonra yenilenmesini önermektedir ve kemik ne kadar sert ve kalın ise uçların kırılma riskinin de o kadar fazla olduğu bildirilmektedir [14,15]. Bu cihazları yeni kullanmaya başlayan uygulayıcıların tekniğe alışması ve tecrübe kazanması için zaman gerekir [23].

### **PIEZOELEKTRİK CERRAHİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Alexandre Anesi ve arkadaşlarının [25] yaptığı bir deneysel çalışmada iki farklı piezocerrahi aletinin [Piezosurgery® Medical(PM) and Piezosurgery® Plus(PP)] ve bir konvansiyonel döner el aletinin (RO) kemik doku üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 16 adet tavşanın kafatasında açılan 1cm uzunluğundaki kemik defektleri, hayvanların 15 gün sonra sakrifikasyonunu takiben histopatolojik olarak değerlendirilmiştir. PP ve PM kullanılarak yaratılan kesi hatlarının RO kullanılarak oluşturulan hatlara kıyasla iyileşme potansiyelinin daha yüksek olduğu, ancak PP'nin PM'den daha güçlü bir cihaz olmasına rağmen çok fazla fark olmadığı tespit edilmiştir [25].

Friedhelm Heinemann ve arkadaşlarının [26] yaptığı bir çalışmada ultrasonik cerrahi (Piezosurgery®), sonik cerrahi SONICflex® ve konvansiyonel bur yöntemi birbiri ile kıyaslanmıştır. Domuz mandibularından angulus bölgelerini içeren parçaların alınmasının ardından her üç alet için eşit uzunluk ve derinlikte 5 farklı kesi hattı oluşturulmuş ve kemik içinde oluşan ısı ölçülerek etkileri araştırılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda konvansiyonel bur yöntemi ile SONICflex® arasında çok fazla fark olmamasına rağmen (1,54–2,29 °C), ultrasonik cerrahi ile yapılan kesilerde 18,17 °C'ye kadar yüksek bir ısı artışı tespit edilmiştir [26].

Li Ma ve arkadaşlarının [27] yaptığı bir çalışmada, bir tavşan modelinde geleneksel döner aletler ve piezoelektrik cerrahi ile yapılan osteotomilerin ardından yara iyileşme sürecinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. 16 adet tavşanın nasal kemikleri üzerinde iki farklı alet ile iki osteotomi hattı kıyaslanmıştır. Defektler resorbe olabilen membran ile kapatılmıştır. Hayvanlar 4 alt gruba ayrılmış ve 1, 2, 3 ve 5'inci haftalarda sakrifiye edilmiştir. Histolojik ve

morfolometrik değerlendirmeler, çeşitli doku bileşenlerinin volumetrik yoğunluğunu değerlendirmek için yapılmıştır: kan pıhtısı, vaskülarize yapılar, geçici matriks, osteoid, mineralize kemik, kemik artıkları, kalıntı doku ve eski kemik. Piezocerrahi ile hazırlanan defektler, geleneksel rotatif kemik defektine kıyasla, 1. haftada kemik debrisinde anlamlı bir azalma olduğunu göstermiştir. 2. ve 3. haftalarda yeni oluşan kemik doku köprüsü izlenmiş ancak istatistiksel olarak anlamlı bir sonuca ulaşılamamıştır. 5. haftada, defektlerin yeni kemikle tamamen dolduğu tespit edilmiştir [27].

Stephan Hollstein ve arkadaşları [28] yaptıkları bir çalışmada, beş yeni ultrasonik osteotom arasındaki farklılıkları ortaya koymak ve osteotomize kemik yüzeylerinin mikromorfolojik ve kantitatif pürüzlülük analizlerini yapmayı amaçlamışlardır. 15 adet tavşanın kafatasından 6\*6mm boyutlarında ikişer adet kemik parçası beş farklı alet ile alınmış ve hazırlanan yüzeyler ışık mikroskobu, çevresel yüzey elektron mikroskobu (ESEM) ve konfokal lazer tarama mikroskopisi ile incelenmiş ve süre takibi yapılmıştır. Araştırılan tüm piezoelektrik osteotomlar, kemiğin anatomik yapısını korumuştur. İncelenen piezoelektrik osteotomlar kullanılarak elde edilen osteotomize kemik kenarının ortalama pürüzlülük değerleri şu şekildedir: 2,47 mm (Piezosurgerys 3), 9,79 mm (Piezosurgerys Medical), 4,66 mm (Piezon Master Surgerys), 6,38 mm (VarioSurgs) ve 6,06 mm (Piezotome 2). Piezosurgerys Medical kullanırken Piezosurgerys 3 (Po0.0001) ve Piezon Master Surgerys (P¼0.002) ile karşılaştırıldığında, daha yüksek pürüzlülük değerleri gözlenmiştir. Farklı piezoelektrik osteotomlar kullanılarak farklı osteotomi süreleri elde edilmiştir: 144 s (Piezosurgerys3), 126 s (Piezosurgerys Medical), 142 s (Piezon Master Surgerys), 149 s (VarioSurgs) ve 137 s (Piezotome 2). Sonuç olarak araştırılan tüm piezoelektrik osteotomların kemiğin anatomik yapısını korumasıyla beraber oluşturdukları yüzey pürüzlülüğünün birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir [28].

Li Ma ve arkadaşlarının [29] yaptığı diğer bir çalışmada, bir tavşan modelinde piezocerrahi ve iki farklı testere bıçağının uygulandığı deneysel osteotomilerde kemik iyileşmesini karşılaştırmayı amaçlanmışlardır. Bu çalışmada 16 tavşan, bir, iki, üç ve beş haftalık gözlem sürelerine uymak üzere rastgele dört gruba ayrılmıştır. Tüm hayvanlarda, geleneksel bir testere bıçağı, yeni bir testere bıçağı ve piezocerrahi kullanılarak sol ve sağ burun kemiği üzerinde dört osteotomi hattı yapılmıştır. Her üç osteotomi tekniğinde de bir hafta sonra başlayan kemik iyileşmesi gözlenmiştir. En belirgin yeni kemik oluşumu iki ve üçüncü haftalar arasında gerçekleşmiş ve piezoelektrik cerrahisinin daha hızlı kemik

oluşumu ve yeniden biçimlenme eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak, üç modalite arasında anlamlı fark yoktur [29].

Jônatas Caldeira Esteves ve arkadaşları yaptıkları [30] bir çalışmada, piezocerrahi ve geleneksel drillerin osteotomiler sonrası kemik iyileşme dinamiklerini kıyaslamayı amaçlamışlardır. 110 adet fare, bir grupta 55 fare olmak üzere iki alt gruba ayrılmış ve de tibialarında iki farklı alet ile çapı 2 mm olan defektler açılmıştır. Histolojik, histomorfometrik, immünohistokimyasal ve moleküler analiz için hayvanlar 3, 7, 14, 30 ve 60 günlerde kurban edilmiştir. Sonuç olarak histolojik ve histomorfometrik açıdan, piezocerrahiden 30 gün sonra gözlemlenen yeni oluşan kemiğin biraz daha yüksek olması dışında iki grupta da hemen hemen benzer olarak tespit edilmiştir [30].

Hoigne ve arkadaşları [31] piezoelektrik cerrahi sonrası yara iyileşmesinin ve kemik konsolidasyonunun sorunsuz gerçekleştiğini, iyileşme süresinin geleneksel iyileşme süresinden daha kısa olduğunu belirtmişlerdir. Tekniğin doku seçici olması nedeniyle minimal invaziv cerrahi için periostun daha az sıyrılmasına ve yumuşak dokuların daha az çekilmesine izin vererek, iyileşme sürecine pozitif etki sağlayabileceğini düşünmüşlerdir [31].

## SONUÇ

Minimal invaziv cerrahi; doku travması ve buna bağlı olarak hastaların operasyon sonrası konforunun artması için oldukça önemlidir. Son yıllarda, modern tıbbın minimal invaziv cerrahiye doğru yönelmesiyle, ultrasonik mikro hareketlerin komşu yumuşak dokulara gözle görülür bir hasar vermediği sonucundan yola çıkılarak kemik osteotomisi için ultrasonik dalgaların kullanımı Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde de önem kazanmıştır. Piezoelektrik cerrahi aletleri, geleneksel döner aletlere kıyasla kemik cerrahisinde daha hassas ve güvenli osteotomi ve ostektomi ihtiyacına cevap olarak geliştirilmiştir. Tıbbın ortopedi ve beyin cerrahisi gibi birçok bölümünde kullanıldığı gibi diş hekimliğinin cerrahi uygulamaları arasında da oldukça popüler hale gelmiştir. Son yıllarda yapılan klinik ve histopatolojik çalışmalarla da piezoelektrik cerrahi aletlerinin kemik doku üzerinde daha az nekroz yarattığı ve konvansiyonel döner aletlere göre olan üstün özellikleri kanıtlanmıştır. Ancak gelişen teknoloji ile birlikte üretilip her geçen gün piyasaya yeni cihazlar sürülmektedir. Yeni cihazların da etkinliğinin, avantaj ve dezavantajlarının tespiti için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI / FİNANSAL DESTEK BEYANI

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

## KAYNAKLAR

- Schaller BJ, Gruber R, Merten HA, ve ark. Piezoelectric bone surgery: a revolutionary technique for minimally invasive surgery in cranial base and spinal surgery. Technical note. *Neurosurgery* 2005; 57(4): 410.
- Vercellotti T, Nevins ML, Kim DM, ve ark. Osseous response following resective therapy with piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005; 25: 543-549.
- Sherman JA, Davies HT. Ultracision: the harmonic scalpel and its possible uses in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2000; 38: 530-532.
- Horton JE, Tarpley TM Jr., Wood LD. The healing of surgical defects in alveolar bone products with ultrasonic instrumentation, chisel, and rotary bur. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1975; 39: 536-546.
- Vercelotti T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2000; 20: 358-365.
- Robiony M, Polini F, Costa F, Zerman N, Politi M. Ultrasonic bone cutting for surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) under local anaesthesia. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007; 36: 267-269.
- Robiony M, Polini F, Costa F, Vercelotti T, Polliti M. Piezoelectric bone cutting in multipiece maxillary osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62: 759-761.
- Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. 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* 2001; 21: 561-567.
- Aly LAA. Piezoelectric surgery: Applications in oral & maxillofacial surgery. *Future Dental Journal* 2018(4); 105-111.
- Gruber, RM, Kramer FJ, Merten HA, Schliephake H. Ultrasonic surgery an alternative way in orthognathic surgery of the mandible: A pilot study. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2005; 34(6): 590-593.
- Eggers, G, Klein J, Blank J, Hassfeld S. Piezosurgery®: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. *British Journal of oral and maxillofacial surgery* 2004; 42(5): 451-453.
- Torrella, F, Cabanes G, Pitarch J, Anitua E. Ultrasonic ostectomy for the surgical approach of the maxillary sinus: a technical note. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 1998; 13(5): 697-700.
- Schaeren, S, Jaquiéry C, Heberer M, Tolnay M, Vercellotti T, Martin I. Assessment of nerve damage using a novel ultrasonic device for bone cutting. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 2008; 66(3): 593-596.
- Pavlíková, G, Foltán R, Horká M, Hanzelka T, Borunská H, Sedý J. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2011; 40(5): 451-457.
- Schlee, M, Steigmann M, Bratu E, Garg AK. Piezosurgery: basics and possibilities. *Implant dentistry* 2006; 15(4): 334-340.
- Eggers G, Blank J, Hassfeld S. Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. . *British Journal Oral Maxillofacial Surgery* 2004; 42: 451-3.
- Vercellotti T. A new bone surgery device: sinus grafting and periodontal surgery. *Compend Contin Education Dentistry* 2006; 27: 319-25.
- Gruber RM, Merten HA, Schliephake H. Ultrasonic surgery an alternative way in orthognathic surgery of the mandible. A pilot study. *International Journal Oral Maxillofacial Surgery* 2005; 34: 590-3.
- Robiony M, Costa F, Vercelotti T, Polliti M., Piezoelectric bone cutting in multipiece maxillary osteotomies. *International Journal Oral Maxillofacial Surgery* 2004; 62: 759-61.
- Kotrikova B, Krempien R, Blank J, Eggers G, Samiotis A, Mühling J., Piezosurgery--a new safe technique in cranial osteoplasty. *International Journal Oral Maxillofacial Surgery* 2006; 35: 461-5.
- Schultes G, Gaggl A, Kärcher H. Periodontal disease associated with interdental osteotomies after orthognathic surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery* 1998; 56(4): 414-417.

22. Sohn DS, Ahn MR, Lee WH, Yeo DS, Lim SY. Piezoelectric osteotomy for intraoral harvesting of bone blocks. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 2007; 27(2): 127.
23. Labanca M, Azzola F, Vinci R, Rodella LF. Piezoelectric surgery: twenty years of use. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2008; 46(4): 265-269.
24. Kotrikova, B, R. Wirtz, R. Krempien, ve ark. Piezosurgery a new safe technique in cranial osteoplasty. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2006; 35(5): 461-465.
25. Alexandre A, Marzia F, Francesco C, ve ark. Structural and ultrastructural analyses of bone regeneration in rabbit cranial osteotomy: Piezosurgery versus traditional osteotomes. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 2018; 107-118.
26. Friedhelm H, Istabrak H, Christiane KK, ve ark. Experimental and histological investigations of the bone using two different Oscillating Osteotomy techniques compared with conventional rotary osteotomy. *Annals of Anatomy* 2012(164); 165-170.
27. Li M, Nikos M, Yan S, Xi LL, Ying YC, Niklaus PL. Wound healing of osteotomy defects prepared with piezo or conventional surgical instruments: a pilot study in rabbits. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* 2015(6); 211-220.
28. Stephan H, Eike H, Jurgen V, Frank H, Nora P, Peter M. Micromorphometrical analyses of five different ultrasonic osteotomy devices at the rabbit skull. *Clin. Oral Impl. Res* 2012(23); 713-718.
29. Li M, Stefan S, Xi LL, Urs AS, Niklaus PL. Healing of osteotomy sites applying either piezosurgery or two conventional saw blades: a pilot study in rabbits. *International Orthopaedics (SICOT)* 2013(37); 1597-1603.
30. Jônatas CE, Elcio MJ, Ana PSF, ve ark. Dynamics of bone healing after osteotomy with piezosurgery or conventional drilling – histomorphometrical, immunohistochemical, and molecular analysis. *Esteves ve ark. Journal of Translational Medicine* 2013(11); 221.
31. Hoigne DJ, Stübinger S, Von Kaenel O, Shamdasani S, Hasenboehler P. Piezoelectric osteotomy in hand surgery: first experiences with a new technique. *BMC Musculoskeletal Disord* 2006; 7: 36.

