

Piezoelektrik Cerrahinin Temelleri: Oral ve Maksillofasiyal Cerrahide Kullanımı

Basics of Piezoelectric Surgery and Use in Oral and Maxillofacial Surgery

M. Kağan DEĞERLİYURT*, Barış ŞİMŞEK**

Özet

Piezocerrahi; oral cerrahi, implantoloji ve maksillofasiyal cerrahi için geleneksel yöntemleri tamamlamak ve bazı vakalarda geleneksel yöntemlerin yerine almak için tasarlanmış piezoelektrik ultrasonik titreşimler kullanarak güvenli ve etkili osteotomiler yapılmasını sağlayan nispeten yeni bir tekniktir. Mikrometrik ve seçici kesim yapabilmelerinden dolayı, piezoelektrik cihazı, osteonekrotik hasarlar vermeden güvenli ve hassas bir osteotomi sağlar. Cihaz, yumuşak doku ve kan desteğini koruyarak, sadece mineralize dokular üzerinde çalışır. Piezoelektrik cerrahi cihazının kullanımı için spesifik cerrahi endikasyonları diş çekimi, distraksiyon osteogenezi, kret genişletmesi, endodontik cerrahi, kemik grefti elde edilmesi, maksiller sinüs tabanının cerrahi olarak yükseltilmesi, alveoler sinir dekompresyonu, kist operasyonları ve ortognatik cerrahi olarak sıralanabilir. Diş hekimliği ve tıpta piezocerrahi kullanımının sonuçları umut vaat edici olasılıkları göstermektedir. Bu sonuçlar birçok çalışma tarafından doğrulanmıştır. Hala, piezocerrahi sonrası uzun dönem sonuçların değerlendirilmesine izin veren çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Piezocerrahi, Maksillofasiyal Cerrahi, Osteotomi, Oral Cerrahi

Abstract

Piezoelectric surgery is a new innovating surgical technique used to perform safe and effective osteotomies using piezoelectric ultrasonic vibrations for implantology, oral surgery and maxillofacial surgery to complement traditional surgical procedures, and in some cases, replace traditional procedures. Because of its micrometric and selective cut, the piezoelectric device produces safe and precise osteotomies without any osteonecrotic damage. This device works only on mineralized tissues, sparing soft tissues and their blood supply. Specific surgical indications documented for using the Piezoelectric surgery device include dental extraction, ridge expansion, osteogenic distraction, ridge expansion, endodontic surgery, bone harvesting including chips and blocks, maxillary sinus lift, third molar extraction, alveolar nerve decompression, cyst removal and orthognathic surgery. The results of piezosurgery in dentistry and medicine show promising possibilities that are confirmed by many clinical studies. Currently, long-term results following piezosurgery which would allow for a critical evaluation of this new surgical method, are still lacking.

Key Words: Piezosurgery, Maxillofacial Surgery, Osteotomy, Oral Surgery

* Arş. Gör. Gazi Üniversitesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı

** Doç. Dr. Gazi Üniversitesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı

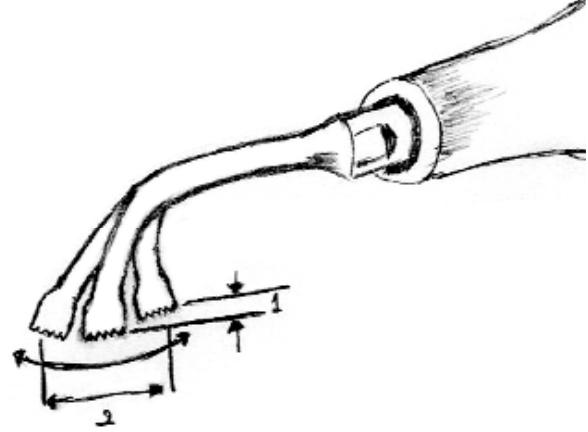
Giriş:

Geçmişte, geleneksel cihazlara oranla kemik cerrahisinde daha hassas ve güvenli kemik kesim ihtiyacına cevap olarak daha iyi kemik kesim cihazları yaratmak ve geliştirmek için ciddi deneysel çabalar sarfedilmiştir^{1,2}. Diş hekimliği alanında ultrasonik cihazlar, 1953'de yüksek frekanslı ses dalgalarının diş sert dokuları üzerindeki kesme etkilerinin bulunmasının ardından temel olarak periodontoloji ve endodonti alanında kendilerine yer bulmuşlardır. Ultrasonik osteotomiler ilk olarak 1975 senesinde Horton ve ark.³ tarafından tanımlanmış olsa da 2000 senesinde Vercellotti ve ark.⁴ bu sinir ve yumuşak doku koruyucu yaklaşımı yenileyip kullanıma sunana kadar işlerlik kazanılmamıştır^{3,4}. Piezocerrahi, piezoelektrik ultrasonik titreşimler kullanılarak güvenli ve etkili osteotomiler yapılmasını sağlayan yeni bir tekniktir. Mikrometrik ve seçici kesim yapabilmelerinden dolayı, piezoelektrik cihazı, osteonekrotik hasarlar vermeden güvenli ve hassas bir osteotomi sağlar. Cihaz, yumuşak doku ve kan desteğini koruyarak, sadece mineralize dokular üzerinde çalışır^{1,5,6}.

Minimal invaziv cerrahi, doku travmasının ve hasta morbiditesinin azaltılması için oldukça önemlidir¹. Son yıllarda, modern tıbbın minimal invaziv cerrahiye doğru yönelmesiyle, ultrasonik mikro hareketlerin komşu yumuşak dokulara gözle görülür bir hasar vermediği sonucundan yola çıkılarak kemik kesme işlemi için ultrasonik dalgaların kullanımı oral ve maksillofasiyal cerrahide önem kazanmıştır⁷.

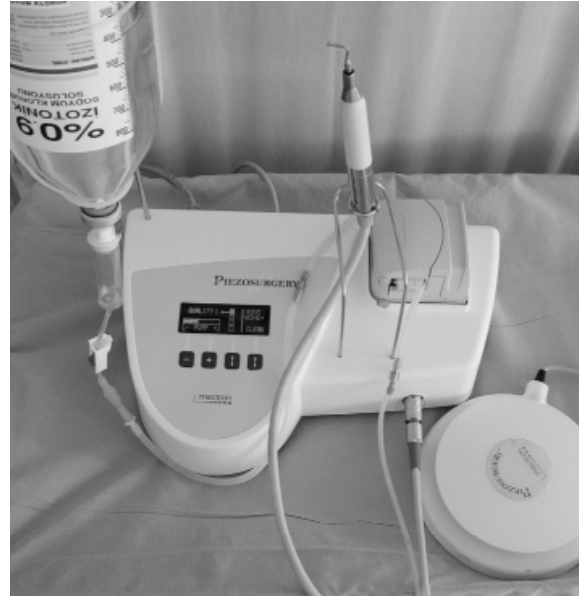
Piezoelektrik Cerrahinin Temelleri ve Kullanımı

Bazı seramikler ve kristaller üzerinden elektrik akımı geçirildiğinde polaritenin yönünde materyalin ekspansiyonu ve buna dik olarak kontraksiyonu şeklinde ultrasonik bir frekansta salınım yapmaya başlarlar. (Resim 1) Buna piezoelektrik etkisi denir. Piezocerrahi® (Mectron Medikal Teknoloji, Carasco, Cenova), mikro titreşimlerle kemiği kesmek için geliştirilmiş bir sistemdir. Bu titreşim hareketi piezoelektrik etkisi tarafından oluşturulur^{1,8-11}.



Resim 1. Elektrik akımı geçirildiğinde polaritenin yönünde materyalin ekspansiyonu ve buna dik olarak kontraksiyonu şeklindeki ultrasonik frekansta salınımı

Piezocerrahi cihazı, frekans ve kesme enerjisi açısından değişiklik yapılabilen mikrometrik ultrasonik piezoelektrik titreşimler kullanan çok amaçlı bir cihazdır. Cihaz güçlü bir piezoelektrik el parçasının bağlı bulunduğu bir platformdan, bu platforma bağlı bir ayak pedalı, el parçasının ve irrigasyon solüsyonunun tutucularından meydana gelmektedir. (Resim 2) Genellikle 25 ila 29 kHz



Resim 2. Piezoelektrik el parçası, piezoelektrik el parçasının bağlı bulunduğu platform, bu platforma bağlı ayak pedalı, el parçasının ve irrigasyon solüsyonunun tutucuları.

fonksiyonel bir frekans arasında çalışır ancak istendiği takdirde 30 kHz' e kadar dijital olarak ayarlanabilme olanağı mevcuttur. Bu sıralı değişim kesici uçların kemiğe gömülmesini ve maksimum kesme kapasitesi sırasında aşırı ısınmasını engeller. Cihazın üzerinde 0 ila 60 ml/dakika arasında ayarlanabilir steril solüsyon akışına izin veren soğutucu irrigasyon sistemi mevcuttur^{5,8,10}.

El parçası için çeşitli otoklavlanabilir özel amaçlı ve kesici uçları mevcuttur. (Resim 3) Bu uçlar, 5 W'ı



Resim 3. Varolan kesici ve özel uçlardan bazıları. Osteotomi veya osteoplastide kullanılan keskin uçlar (Soldan sağa) OT7 Kemik testeresi. Titanyum nitrit kaplı. OT2 İnce osteotom. Titanyum nitrit kaplı Yumuşak dokuları ve sinüs membranı ayırmak, veya sinirleri lateralize etmek için kullanılan kör uçlar (Soldan sağa) EL1 Sinus membranı separatörü. EL3 120° açılı sinus membran elevatorü.

aşan ve 16 W'a kadar ulaşan ultrasonik güç tarafından 60 ila 210 µm uzamsal mesafede, lineer titreşim şeklinde hareket ettirilirler. Piezoelektrik normal ultrasondan 3 kat daha güçlüdür ve bundan dolayı yüksek derecede mineralize kemiği kesebilir⁵. Dokuya özel ayırt ediciliği dokuların su içeriğine, gerilme kuvvetine ve dokuların birbirinden farklı güç yoğunluklarına bağlıdır¹². Azaltılmış titreşim mesafesi ve titreşimlerin lineer oluşu, özellikle makro titreşimler kullanarak çalışan ossilasyon testereleri ve sadece makro düzeyde dönel hareket yaparak çalışan kemik frezleri gibi geleneksel kemik kesim metotları ile karşılaştırıldığında çok kolay intraoperatif idare ve hassas kesim olanağına izin vermektedir. Piezocerrahinin en önemli avantajı doku sertliğini tanıyabilmesinden dolayı seçici kesim yapması ve mineralize dokular üzerinde çalıştığından mukozaya, epitelyal membranlar ve sinir gibi yumuşak dokulara zarar vermemesidir. Bu, cerrahi operasyon sırasında kesici ucun mineralize olmayan dokularla temas etmesi halinde işlemin kendiliğinden kesilmesi ile sağlanır^{5,6,8,13,14}.

Piezocerrahi cihazı aynı zamanda serum fizyolojik solüsyonuyla yeterli irrigasyonu da sağlar. Solüsyon ultrasonik titreşimlere maruz kalınca, çok küçük partiküllere parçalanarak bir aerosol halini alarak sahayı yıkar, artıkları ve kanı uzaklaştırarak, operasyon sahasının açıkça görülmesini sağlar^{5,6,8,14}. Piezocerrahi cihazının en dikkate değer özelliklerinden biri de cerrahin düzgün bir osteotomi hattı yaratmasını kolaylaştıran iyi idare edilebilirliğidir. Cihaz kafatası gibi düz olmayan ve tümsek yüzeylere de uygulanabilir ve eğimli osteotomilerin kontrollü bir biçimde yapılmasına izin verir¹⁴. El parçasını kullanmanın en etkili yolu yüksek hızda ve en düşük basınçta kullanmaktır çünkü çalışma basıncını artırmak titreşimlerin kesilmesine yol açar^{5,7,8,14-16}. Ayarların düzgün seçilmesi tedavi etkinliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamasının yanında komşu dokulardaki yan etkilerin azaltılması açısından da ciddi bir öneme sahiptir¹⁰. Piezocerrahi cihazının kullanımı diğer geleneksel cihazlardan tamamiyle farklılık gösterdiğinden

yeterli beceriyi kazanmak çok önemlidir ve kullanımını öğrenmek bir miktar zaman almaktadır^{5,7}. Cerrahi sırasındaki herhangi bir problemin üstesinden gelmek için geleneksel tekniklerde ki gibi el parçasına uygulanan basıncı artırmak yerine, istenen sonucu elde etmek için doğru basıncı bulmak gereklidir. Piezoelektrik cerrahide çalışma basıncını belli bir sınıırın üzerinde artırmak, kesici ucun titreşimlerini engelleyerek ultrasonik enerjiiyi ısı enerjisine dönüştürür ve bundan dolayı doku hasarı oluşabilir⁵. Oral ve maksillofasiyal operasyonlarda kemiği kesmek için en etkili ayar maksimum irrigasyon ile maksimum güçtür. El parçası kemik üzerinde aşırı kuvvet uygulamadan düzgün bir şekilde kaydırılır. Kesme sesi uygulanacak kuvvet için akustik bir geribildirim olarak kullanılabilir⁸.

Tekniğin tek dezavantajı, geleneksel tekniklere göre biraz daha uzun olan operasyon süresidir^{5,7,11,14}. Kesme işlemi, düşük kesim etkinliğine bağlı olarak Lindemann frezi gibi konvansiyonel osteotomi cihazlarına oranla daha uzun zaman alır. Kemik yapıya ve kalınlığına bağlı olarak osteotomi süresi 5 kat hatta daha fazla zaman alabilir. Bundan dolayı sert kompakt kortikal kemik varlığında ve uzun sürecek cerrahi prosedürlerde piezocerrahi kullanımı tavsiye edilmez¹⁴.

Piezoelektriğin Canlı Dokular Üzerine Etkileri

Akan bir sıvıda alçak basınçlı buhar boşluklarının meydana gelip çökmesi olarak bilinen irrigasyon solüsyonunun kavitasyon etkisini, ultrasonik olarak indüklenmiş basınç değişimleri, fiziksel olarak çok küçük sıvı veya buhar kabarcıkları oluşumuna dönüştürür. Bu tür boşluklar havalandırılmış ortamlarda bulunmaktadır veya düzenlenmiş difüzyon işlemi sırasında gelişir. Kabarcıklar büyüyerek, ses alanı içerisinde hacimce büyüyüp küçülerek salınım yapabilirler. Bu hareket, mikrodalgalanma olarak isimlendirilen, salınan kabarcıklar etrafındaki sıvıda lokalize akımı artırarak hücrel işlevleri değiştirebilir^{1,17}.

Kavitasyon, düşük yoğunluklu ultrasona maruz kalan canlı dokuda da meydana gelebilir.

Kavitasyon oluşumu hücrel değişimlere yol açar. Kavitasyon oluşumunu engelleyen, ortamdaki mevcut artmış basınç durumlarında belli hücrel etkiler gözlenemez. 2 atmosfer basıncını geçmeyen sabit bir basınçta doruk yoğunluğu 0.5 W/cm^2 olan 3MHz dalga boyunda ultrasona 5 dakika maruz kalan insan fibroblastlarının kollajen sentezinin arttığı belirtilmiştir¹.

Birçok çeşitli cerrahi safhanın yanında, osteotomi maksillofasiyal cerrahideki teknik olarak en hassas prosedürlerden biridir. Osteotomi hatları genellikle, vestibüler, lingual veya palatal yumuşak dokular gibi periost vasıtasıyla kemiğin vaskülarizasyonunu sağlayan nazik anatomik yapılarla yakın ilişki içerisindedir⁵. Periosteal yüzeylerin sempatik ve duyuşal innervasyonunun doğasının ve bu innervasyonun kesilmesinin kemik remodelasyonunu nasıl etkilediğinin belirten deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Çeşitli nöropeptidler, nörohormonlar, nörotransmitterler ve bunların reseptörleri kemik içerisinde mevcuttur¹⁸. Konvansiyonel dönel aletler, kemiği delme işlemi sırasında ortaya çıkardıkları aşırı yüksek ısı nedeniyle marjinal osteonekroz oluşturarak ve periostun bütünlüğüne zarar vererek kemiğin innervasyonunu ve rejenerasyonunu bozmak suretiyle potansiyel olarak yaralayıcı cihazlardır¹⁹. Sempatik innervasyonu olmayan kemiğin mineral içeriğinin düşük olması osteotomi için kullanılan cihazın cerrahi sonrası sonuçları nasıl etkilediğini göstermektedir^{1,18}.

Horton ve ark.³, 1975 senesinde yaptıkları histolojik bir çalışmada standart ultrasonik uçlar ile dönel frezlerin ve cerrahi osteotomların etkilerini karşılaştırmışlardır. Kemiğin ultrasonik olarak kesilmesinin mümkün olduğunu; dönel frezlerin en pürüzsüz kemik yüzeyini oluşturmalarına rağmen osteotom ile veya ultrasonik olarak kesilen kemiğin en düzgün şekilde iyileştiğini göstermişlerdir³. Horton ve ark.²⁰'nin yaptıkları, dişlerin cerrahi çeki mi ve kemik cerrahisi için ultrasonik cihazların kullanıldığı, klinik ve histolojik gözlemlerin takip edildiği başka bir çalışmada da zararlı histolojik değişimlere rastlanılmamıştır²⁰.

Ultrasonik kök yüzeyi düzleme sonrasında dokuların ısı hasarını bazı yazarlar yüzey koagülasyon etkisi olarak tanımlamışlardır²¹. Bununla birlikte ultrasonik enstrümanların kullanım sonrası yaralar daha hızlı iyileşebilmektedir²². Stübinger ve ark¹⁰. piezocerrahi cihazı ile yaptıkları operasyonlar esnasında gözle görülebilir herhangi bir koagülasyon nekrozu gözlemlenmediklerini ancak cihazın el parçasında uzun süreli bir çalışmadan sonra ısı artışı oluştuğunu rapor etmişlerdir¹⁰. Kemik segmentlerinin kesim yüzeylerinde yapılan bir histolojik incelemede kesim yüzeylerinde piezoelektrik kemik cerrahisi tarafından oluşturulan bir koagülasyon nekrozu olmadığını doğrulamış ve canlı osteosit varlığını göstermiştir²³.

Hayvan çalışmaları 20 kHz frekans ile çalışan ultrasonik cihazların intravasküler trombus oluşumuna yol açtığını doğrulamışlardır²⁴. Williams ve Chater²⁵, 25 kHz frekansta pulpa kılcallarındaki tromboz riskinin daha düşük olduğunu göstermişlerdir ancak intrapulpal kılcallarda platelet agregasyonu ihtimali her zaman mevcuttur²⁵. Şu ana kadar modüle edilmiş yüksek frekanslı ultrasonun kemik içi kılcallar üzerine etkisine dair çok kısıtlı bilgi mevcuttur¹⁰. Piezocerrahi cihazının osteotomiler için yaygın kullanıma geçmesinden önce trombojen ve bozulmuş kemik kan dolaşımı gibi yan etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Robiony ve ark⁷, cerrahi sırasında elde ettikleri birkaç küçük kemik parçası üzerinde yaptıkları mikroskopik inceleme sonucunda, Stübinger ve ark¹⁰. ile Verelotti ve ark²³. deneyimleriyle aynı yönde ve geçmişte kullanılan düşük enerjili ultrasonik cihazların sonuçlarının aksine, koagülasyon nekrozuna dair bir belirti görmediklerini ancak kemik yüzeyinde canlı hücrede gözlemlenmediklerini bildirmişlerdir. Dişlerin canlılığının korunduğunu ve el parçasındaki ısı artışının konvansiyonel dönel cihazlardan ve ossilasyon testerlerinden çok farklı olmadığını belirtmişlerdir⁷.

Kotrikova ve ark¹⁴. yaptıkları deneysel bir çalışmada piezocerrahi cihazının kesim etkinliği ve osteotomi sırasındaki ısı artışları değerlendirmiştir. Kortikal

sığır kemiğine karşılaştırma yapılabilmesi için piezocerrahi ve konvansiyonel kesim cihazları ile osteotomi uygulamışlardır. Osteotomiler sırasında en fazla ısı artışı piezocerrahi cihazıyla yapılan osteotomilerde meydana gelmiş ancak yumuşak ve sert dokularda gözle görülür bir koagülasyon nekrozuna rastlanmamıştır¹⁴.

Çeşitli çalışmacıların yaptıkları elektron mikroskopik araştırmalarda, piezocerrahi ile yapılan kesim kalitesinin konvansiyonel enstrümanlar kullanılarak yapılanlarla karşılaştırıldığında daha iyi olduğu gözlenmiştir^{5,7,8}.

Horton ve ark³. ultrasonik cihazların yara iyileşmesi üzerine etkisini 50 haftalık bir zaman diliminde değerlendirmiş ve ultrasonik cihaz kullanımını takiben iyileşme cevabının ince bir osteotom kullanımının ardından gelişen iyileşme cevabı ile yakın olduğunu bildirmişlerdir. Yazarlar, frezler ve ultrasonik cihazlar ile yapılan osteotomilerde, osteotom kullanımıyla uygulanan osteotomilere oranla daha çok osteositik ölüm meydana geldiğini bildirmişlerdir³.

Chapple ve ark²⁶. yaptıkları bir çalışmada değişik genişlikteki ultrasonik dalgaların periodontal iyileşmeyi yüksek derecede artıran değişen derecelerde kök yüzeyi destrüksiyonuna yol açtığını bildirmişlerdir²⁶.

Ultrasonik cihazlarla oluşturulan defektlerin iyileşmesinin normal sınırlar içerisinde olduğu ve frezlerle ve osteotomlarla yapılan osteotomilere yakın olduğunu bildirilmiştir³. Hoigne ve ark¹¹. piezoelektrik cerrahi uygulanmasından sonra yara iyileşmesinin geleneksel yöntemlerden daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir¹¹.

Verelotti ve ark²⁷. yaptıkları bir çalışmada osteotomi ve osteoplasti yapmak için piezoelektrik bıçak kullanmışlardır. Bu cihazın etkinliğini karbit frezler ve elmas frezlerle karşılaştırabilmek için postoperatif kemik değişim düzeylerini ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonuçları osteotomi ve osteoplasti işlemlerinde piezoelektrik cihazın geleneksel karbit ve elmas frezlerle oranla daha iyi bir kemik iyileşmesi ve şekillenmesi sağladığını göstermiştir²⁷.

Kotrikova ve ark¹⁴. dentoalveoler cerrahinin temel endikasyon olduğu piezocerrahi cihazıyla uyguladıkları 120 adet osteotomide bozulmuş yara iyileşmesi veya alveolit gibi bir komplikasyonla karşılaşmadıklarını rapor etmişlerdir¹⁴. Bazı öörler, hastanın rahatsızlık hissinin azalmasına bağlı olarak piezoelektrik cerrahinin daha yüksek derecede kabul gördüğünü bildirmişlerdir^{16,20,28}.

Ultrasonik kemik cerrahisinin selektif kesim avantajının yanında, Giraud ve ark.²⁹, ısıdaki yüksek artış, orta ve uzun dönem etkilerine dair bilgilerin azlığı ve kesici ve özel uçlarının kullanıma bağlı yorgunluğu olmak üzere 3 potansiyel dezavantaj ortaya koymuşlardır²⁹.

Piezoelektrik Cerrahi Tekniğinin Endikasyonları

Piezoelektrik cerrahi cihazının kullanımı için spesifik cerrahi endikasyonları diş çekimi, distraksiyon osteogenezi, kret genişletmesi, endodontik cerrahi, kemik grefti elde edilmesi, maksiller sinüs tabanının cerrahi olarak yükseltilmesi, alveoler sinir dekompresyonu, kist operasyonları ve ortognatik cerrahi olarak sıralanabilir^{4-8,10,13,14,16,30-35}.

Piezocerrahinin titizliği ve seçiciliği, inferior alveoler sinire çok yakın komşuluktaki gömülü 20 yaş dişleri, mental foramene yakın uygulanacak osteotomiler ve sinir repozisyonları gibi operasyon uygulanacak alanın sinirlere yakın komşu olduğu durumlarda konvansiyonel dönel cihazlara üstünlük sağlar^{10,33}.

Ortognatik cerrahi

Segmental osteotomilerde, osteotomileri narin bir şekilde tamamlamak, osteotomi sahalarının dental ve periodontal yapılara ve vaskülarizasyonu sağlayan yumuşak dokulara yakınlığından dolayı çok önemlidir⁵. Özellikle orta hat palatal ve vertikal osteotomiler olmak üzere osteotomiler sırasında, kemiğin, dişlerin ve periodontal dokuların vaskülarizasyonunun bozulmasına yol açacak şekilde mukogingival ve palatal flepler zarar görebilir. Daha önceden ortodontik tedavi ile potansiyel olarak zayıflamış dişlerin ve periodontal dokuların

sağlığı konvansiyonel kesim cihazlarının kullanımı ile tehlikeye atılabilir³⁶⁻³⁸. Özellikle ossilasyon testerelerinin ve dönel frezlerin kullanımı ısı hasarına bağlı olarak marjinal osteonekroza yol açarak kemik rejenerasyonunu bozup kemiğe ciddi zarar verebilir¹⁹. Birçok çalışma konvansiyonel kesim cihazlarının pulpal kan akımında bozulmaya ve dişlerin vitalitesinin kaybına yol açtığını göstermektedir³⁶⁻³⁸. Bütün dentoalveoler osteotomi prosedürleri apikal kök lezyonları, dişlerin canlılığını kaybetmesi veya periodontal cep oluşumu gibi riskleri içermektedir. Literatürde bu tip problemlerden sıkça bahsedilmektedir^{37,39}. Bu tip riskler muhtemelen piezoelektrik kesim kullanılarak azaltılabilir⁴⁰.

Robiony ve ark⁵. yaptıkları bir çalışmada, segmental maksiller Le Fort I osteotomisi yapılacak hastalar üzerinde piezoelektrik kesim tekniğini uygulamışlar ve intaroperatif ve postoperatif parametreleri değerlendirerek tekniğin etkinliğini araştırmışlardır. Piezocerrahi cihazının, mikrometrik ve lineer titreşimleri sayesinde maksillanın vestibuler ve palatal yüzlerindeki sert ve yumuşak dokulara minimal zarar vererek maksimal kesim hassasiyetini sağladıklarını bildirmişlerdir. Mikrometrik kesim sayesinde diş kökleri arasındaki osteotomilerin güvenli bir şekilde uygulanabilmesinin mümkün hale geldiğini, diş vitalitesinin ve periodontal sağlığın korunduğunu ve osteotomi sırasında operasyon bölgesinde minimal kanama meydana geldiğini bildirmişlerdir⁵.

Mandibulanın elektif ortognatik cerrahisinde, inferior alveoler sinirin korunması cerrahi morbiditenin azaltılması açısından son derece önemlidir. Gruber ve ark⁶., hastalarının bilateral sagittal split ramus osteotomisi operasyonlarını piezocerrahi sistemi ile yapmışlar ve piezocerrahi sisteminin konvansiyonel yöntemlere göre daha çok zaman almasına rağmen yüksek derecede güvenliği ve hassaslığı ile ortognatik cerrahide kullanılabileceğini ancak sinir iletimi fonksiyonlarının korunması üzerine uzun süreli yararlarının tespiti için daha kapsamlı çalışmalar gerektiğini bildirmişlerdir⁶.

Yapılan çalışmalar geleneksel yöntemlerle uygu-

lanan sagittal split ramus osteotomilerinden sonra inferior alveoler sinirde %83 oranında bir duysal iyileşmenin en az 6 ay aldığını göstermektedir^{41,42}. Geha ve ark³¹. yaptıkları bir çalışmada piezocerrahi cihazı ile bilateral sagittal split ramus osteotomisi uyguladıkları hastaların operasyon sonrası inferior alveoler sinirde 2 ay içerisinde %78 oranında duysal iyileşme görüldüğünü bildirmişlerdir. Piezocerrahi cihazı ile uygulanan bilateral sagittal split ramus osteotomisi sonrası inferior alveoler sinir fonksiyonlarının konvansiyonel yöntemlere göre daha hızlı bir şekilde geri döndüğü bildirmişlerdir³¹. Maksiller ortognatik cerrahilerde, pterigomaksiller birleşimin ayrılması esnasında descending palatinal arterin hasar görmesi durumunda yoğun bir kanama meydana geleceğinden, korunması kritik bir öneme sahiptir. Robiony ve ark⁷. cerrahi yardımcı hızlı maksiller genişletme gereken vakalarda pterigomaksiller birleşimi piezocerrahi cihazıyla ayırmanın descending palatinal arterin korunması için etkili bir yol olduğunu bildirmişlerdir⁷. Ueki ve ark³⁴. ortognatik cerrahi sırasında pterygoid çıkıntılarının kırılması için ultrasonik titreşimlerin kullanımını rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada ultrasonik cihaz kullanımının desendan palatin arter gibi, pterigomaksiller bölgedeki hassas damarları ve sınırları korumada çok yararlı olduğunu bildirmişlerdir³⁴.

Plak ve vidaların sökümü

Osteosentetik materyallerin cerrahi olarak çıkarılması sırasında en sık karşılaşılan problem, plakların ve vidaların üzerine biriken ve çıkarılmayı zorlaştıran kallus oluşumudur. Eggers ve ark.⁸ piezocerrahi sisteminin titanyum osteosentetik materyallerin üzerinden kallusu hızlı bir şekilde temizlediğini ve tornavidanın kolay bir şekilde yerleştirilebilmesi için vidaların yivlerinden kallusu temizlemeye imkan sağladığını belirtmişlerdir⁸.

Maksiller sinus tabanının cerrahi olarak yükseltilmesi

Dişsiz maksillada posterior bölgenin implant cerrahisi için düzenlenmesinde maksiller sinus tabanının cerrahi olarak yükseltilmesi en geçerli,

diğer cerrahi tekniklere oranla daha basit ve sonuçları önceden tahmin edilebilir bir tekniktir. Maksiller sinüse modifiye bir Caldwell-Luc tekniği ile maksillanın dış yüzünden bir kemik pencere kaldırılarak girilir, sinüs membranı maksillanın iç yüzünden disseke edilerek ayrılır, yükseltilir, oluşan boşluk çeşitli grafit materyalleri ile doldurularak sinus tabanının yükseltilmesi sağlanır^{13,16,43,44}. Prosedürün en büyük komplikasyonu, sağlıklı sinüs membranının çok ince ve yırtılabilir olmasından dolayı, dönel aletlerle kemik pencere açılması sırasında membranın perfore olmasıdır. Tüm cerrahi vakaların yaklaşık %20-30 kadarında membran perfore olur. Perforasyon riski cerrahın tecrübesine bağlı olsa da, prosedürün tamamıyla öğrenilmesinden sonra bile bu risk her 4-5 hastanın 1 tanesinde mevcuttur³².

Bu komplikasyonun önüne geçebilmek için Torella ve ark¹³. 1998 yılında maksiller sinüse ulaşmak için yapılacak ostektomiye, konvansiyonel bir periodontal ultrasonik cihazın aktif ucuyla ve cihazdan bağımsız steril serum fizyolojik irrigasyonu yaparak uygulamışlardır. Tekniğin, komplikasyon riskini azalttığını ancak güvenliğinin ve diğer tekniklere göre üstünlüğünün uzun dönem çalışma sonuçları ile belirlenmesinin uygun olacağını rapor etmişlerdir¹³. Sonraki yıllarda Vercelotti ve ark³². sinus membranı yükseltilmesinde piezoelektrik kemik pencere osteotomisini, yeni ve basitleştirici bir teknik olarak yayımlamışlardır. Piezoelektrik cihazı ile kemik pencere osteotomisi ve sinus membran elevasyonu uyguladıkları 21 hastanın sadece 1 tanesinde sinüs membranı perfore olduğunu ve başarı oranının %95 olduğunu rapor etmişlerdir³². Bu, ileri implant cerrahisinde uygulanan tüm sinüs yükseltme tekniklerden daha büyük bir başarı oranıdır^{32,45,46}. Piezoelektrik elevatörlerin, anatomik olarak en kompleks vakalarda bile sinüsün iç duvarlarında çalışmak üzere özel olarak tasarlanmış uçlar ve piezoelektrik kaviteye maruz kalan fizyolojik solüsyonun oluşturduğu hidropnömatik basınç sayesinde sinus membranın yükseltilmesinde perforasyon riskini artırmaksızın güvenle kullanılabileceğini bildirmişlerdir³².

Yazarlar, piezoelektrik cerrahi tekniğinin sinüs membranının yükseltilmesi sırasında sinüs membranının perfore olma riskini azaltması, osteotomi sırasında daha iyi bir görüş sağlaması, dönel cihazlarla yapılan osteotomilerden daha ince, hassas ve koruyucu kesiler sağlamasını tekniğin en büyük avantajları olduğunu bildirmişlerdir^{13,32}.

Alveoler kret genişletmesi

Vercellotti⁴, piezoelektrik cerrahi cihazı ile alveoler kret genişletmesi yaparak implant yerleştiği bir vakayı yayımlamıştır. Uzun süre dişsiz kalan bölgelerde sıklıkla gözlenen aşırı mineralize alveoler kret varlığında geleneksel mekanik genişletme yöntemleri sonuçlarının tahmin edilebilir olmadığını, piezoelektrik enerjinin güçlü ve etkili cerrahi etkinliği ile kontrolsüz travmalar yaratmaksızın kemik kalitesi nasıl olursa olsun osteotomileri mümkün kıldığını ve implant çevresi iyileşmenin piezoelektrik cerrahinin yumuşak doku koruyucu özelliğinden dolayı iyi vaskülarize bir bölgede meydana geldiği için iyi sonuçlar verebileceğini bildirmiştir⁴.

Gömülü dişlerin cerrahi idaresi

Inferior alveoler sinire çok yakın komşuluktaki gömülü 20 yaş dişlerinin, mental foramene yakın alt kanin veya premolar dişlerinin ve santral veya lateral köklerine çok yakın komşuluktaki üst kanin dişlerinin çekimleri veya cerrahi olarak üstlerinin açılması esnasında hassas bir cerrahi çok önemlidir. Geleneksel dönel cihazlar, kemik, sement ve mine dokularının mineralizasyon ve sertliklerinin arasındaki farkı ayırt edemezler. Piezoelektrik cerrahi cihazı ise bu tip farkları anlayabilecek ve çevre dokulara gelebilecek hasarları engelleyebilecek kadar hassas ve seçici kesim yapabilmektedir^{10,28}.

Otojenik kemik greftlerinin elde edilmesi

Maksillofasiyal rekonstrüktif cerrahi alanında otojenik kemik greftleri yaklaşık yüz yıldır maksillofasiyal defektlerin düzeltilmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir. Otojen kalvaryal kemik greftlerinin kemik oluşumu üzerine indüktif ve

kondüktif potansiyeli bugün bile heterojenik kemik, kondüktif biyomateryallerden veya ticari olarak mevcut bulunan materyallerden kıyaslanamayacak derece üstündür. Mükemmel doku uyumu, mekanik ve biyolojik özellikleri kadar parsiyel veya total greft elde edebilme olanağı maksillofasiyal kemik defektlerinin minör ve major rekonstrüksiyonunda kalvaryal kemik greftlerinin en güvenli ve en sağlam greft çeşidi olmasını sağlamıştır⁴⁷.

Kalvaryaya üzerinde yapılan her türlü cerrahi işlem dura materin zedelenmesi ve serebrospinal fistül oluşumu riski taşır. Oral ve maksillofasiyal cerrahide genellikle yarım kalınlık kalvaryal greftler kullanılır. Konvansiyonel yöntemde elde edilmek istenilen greftin şekli dış korteksten kansellöz kemik iliği seviyesine kadar frezler veya ossilasyon testereleri yardımıyla çizilir. Ardından kavimli osteotomlar yardımıyla dış korteks iç korteksten ayrılır. Beyin gibi hassas yapıların yakın komşuluğunda manuel ve mekanik cihazlar kesim derinliğinin kontrolüne izin vermezler ve kazara temas ile bu yapılara zarar verebilirler^{14,48}. Deneysel çalışmalar geleneksel kesim cihazlarının yumuşak dokulara doğrudan veya ısı ile zarar vererek kalvaryal kan akımını daha çok bozduğunu ve kemiğin canlılığını yitirmesine yol açtığını göstermişlerdir²³. Kotrikova ve ark¹⁴. piezo-cerrahi cihazının seçici ve hassas kesim yapabilmemesinin ince kranial kemiğe sahip yüksek risk taşıyan hastalarda bile kalvaryal osteotomileri, dura materin yırtılması, hematoma oluşumu ve menenjit gibi komplikasyonlar yaratmaksızın mümkün kıldığını bildirmişlerdir¹⁴. (Kotrikova 2006)

Otojen kemik greftleri, intraoral ve ekstraoral bölgelerden elde edilen kemik blokların bir kemik değirmeni tarafından parçalanması veya osteotomi işlemi sırasında kemik toplayıcı kullanılması ile sağlanabilir⁴⁹⁻⁵². Geçmişte değişik tekniklerle elde edilen greftlerde kemik hücrelerinin canlılığını araştıran birçok in vitro çalışma mevcuttur⁵³⁻⁵⁵. Hoegel ve ark⁵⁴, alkalin fosfataz aktivitesinin nitel ve nicel analizleri ile öğütücü boyutundan ve dizaynından bağımsız olarak intramedüller öğütme işleminden elde edilen kemik partiküllerinin canlı

osteoblast içerdiği gözlemlenmiştir⁵⁴. Hücre canlılığının, greftin toplanma tekniğinden belirgin olarak etkilendiği alayım rond frezlerle elde edilen canlı hücre sayısının, elmas rond frezlere ve implant frezlerine oranla daha az olduğunu gözlemlenmesiyle anlaşılmıştır⁵⁵. Buna ek olarak, kemiğin metalik kontaminasyonunun muhtemel yapısal kemik değişimlerine yol açtığı ve canlı hücreler üzerine toksik etki yarattığı gözlemlenmiştir⁵⁶. Bu tür problemlerin üstesinden gelmek için greft elde etme amacıyla piezoelektrik cihazların kullanımı önerilmiştir.

Chiriac ve ark³⁵, yaptıkları bir in vitro çalışmada piezoelektrik cihaz ve konvansiyonel frezler ile elde edilen greft materyallerinde kemiğin hücrelerinin canlılığını ve kemik partiküllerinin morfolojik karakterlerini karşılaştırmışlardır. Sonuçta, toplanan kemik partiküllerinin komşuluğundaki hücre gelişimine göre geleneksel dönel frezler ve piezoelektrik cihaz ile elde edilen hücrelerin canlılığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kemik partiküllerinin morfometrik analizi piezoelektrik cihaz ile elde edilen parçacıkların istatistiksel olarak geleneksel dönel cihazlarla elde edilen parçacıklara göre daha hacimli olduğunu göstermiştir. Otörler, piezoelektrik cihaz ile oluşturulan mikro titreşimlerin, toplanan kemik partiküllerinin canlılığını etkilediği hipotezini ortaya atmışlardır³⁵.

Kemik partiküllerinin morfolojisinin ve boyutlarının, greftin başarısı ile ilişkisi çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır. Genellikle 200 µm den küçük boyutlu partiküller hızlı rezorbsiyona uğrarlar ve alıcı sahada yeni kemik oluşumu için yeterli osteokondüktif etkiyi sağlamazlar. 1 mm den büyük boyutlu kemik partikülleri ise daha uzun bir iyileşme süresi gerektirir^{30,57-60}. Cordaro⁶¹, klinik olarak 500 µm boyutundaki partiküllerin en iyi sonucu verdiğini, bu partikül boyutunun kemik öğütücüsü ile sağlanabileceğini bildirmiştir⁶¹. Ancak kemik öğütücülerin fiyatlarının yüksekliği ve kemik materyal kaybına yol açması gibi dezavantajları mevcuttur. Chiriac ve ark³⁵, yaptıkları çalışmada piezoelektrik cerrahi cihazı ile toplanan kemik partiküllerinin ortalama boyutunun

200-700 µm arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir³⁵. Otojen kemik greftleri üzerine yapılan çalışmalar, otojen kemik partikülü toplamak için piezoelektrik cerrahi cihazının doğru bir seçim olduğunu göstermektedirler^{30,35}.

Sonuç

Piezocerrahi; oral cerrahi, implantoloji ve maksillofasiyal cerrahi için geleneksel yöntemleri tamamlamak ve bazı vakalarda geleneksel yöntemlerin yerine almak için tasarlanmış nispeten yeni bir tekniktir. Yeterli eğitimi almış ancak tecrübesiz cerrahlar piezocerrahi cihazıyla çoğu işlemi kolaylıkla etkin bir şekilde gerçekleştirebilirler¹⁶.

Oral ve maksillofasiyal cerrahide kemikler, sinirler ve kan damarları arasında yakın bir ilişki olduğundan piezocerrahinin kullanımı komşu dokulara gelebilecek cerrahi travmanın en aza indirgenebilmesi için çok etkin bir yöntemdir⁶. Piezoelektrik cihazı, kemik cerrahisi sırasında sinirler, damarlar, mukoza gibi kritik yapılara ve çevre yumuşak dokulara zarar verme riskini düşürmektedir^{1,8,10,15}. Histolojik bulgularla desteklenen çalışmalar, piezoelektrik kesimin yüksek güvenliğini ve hassaslığını doğrulamış ve intraoperatif görüşün azlığına bağlı anatomik zorlukların veya operasyon bölgesinde damar sinir paketi veya yumuşak dokular gibi narin yapıların mevcut olduğu vakalarda kullanımını önermişlerdir^{5,32}.

Diş hekimliği ve tıpta piezocerrahi kullanımının sonuçları umut vaat edici olasılıkları göstermektedir²³. Bu sonuçlar birçok çalışma tarafından doğrulanmıştır. Hala, piezocerrahi sonrası uzun dönem sonuçların değerlendirilmesine izin veren çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar:

1. Schaller BJ, Gruber R, Merten HA, Kruschat T, Schliephake H, Buchfelder M, Ludwig HC. Piezoelectric bone surgery: a revolutionary technique for minimally invasive surgery in cranial base and spinal surgery? Technical note. *Neurosurgery* 57(4 Suppl): E410, 2005
2. Sherman JA, Davies HT. Ultracision: the harmonic scalpel and its possible uses in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 38:530-2, 2000

3. 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* 39:536-46, 1975
4. Vercelotti T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report--a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 20:358-65, 2000
5. Robiony M, Polini F, Costa F, Vercelotti T, Politi M. Piezoelectric bone cutting in multipiece maxillary osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg*. 62:759-61, 2004
6. Gruber RM, Kramer FJ, Merten HA, Schliephake H. Ultrasonic surgery--an alternative way in orthognathic surgery of the mandible. A pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 34:590-3, 2005
7. 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*. 36:267-9, 2007
8. Eggers G, Klein J, Blank J, Hassfeld S. Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 42:451-3, 2004
9. Ward JR, Parashos P, MesseR HH. Evaluation of an ultrasonic technique to remove fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: clinical cases. *J Endod*. 29:764-7, 2003
10. Stübinger S, Kutenberger J, Filippi A, Sader R, Zeilhofer HF. Intraoral piezosurgery: preliminary results of a new technique. *J Oral Maxillofac Surg*. 63:1283-7, 2005
11. Hoigne DJ, Stübinger S, Von Kaenel O, Shamdasani S, Hasenboehler P. Piezoelectric osteotomy in hand surgery: first experiences with a new technique. *BMC Musculoskelet Disord*. 7:36, 2006
12. Farin G. Ultrasonic dissection in combination with high-frequency surgery. *Endosc Surg Allied Technol*. 2:211-3, 1994
13. Torrella F, Pitarch J, Cabanes G, Anitua E. Ultrasonic ostectomy for the surgical approach of the maxillary sinus: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 13:697-700, 1998
14. Kotrikova B, Wirtz R, Krempien R, Blank J, Eggers G, Samiotis A, Mühling J. Piezosurgery--a new safe technique in cranial osteoplasty? *Int J Oral Maxillofac Surg*. 35:461-5, 2006
15. Vercelotti M. Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol*. 53:207-14, 2004
16. Schlee M, Steigmann M, Bratu E, Garg AK. Piezosurgery: basics and possibilities. *Implant Dent*. 15:334-40, 2006
17. Dyson M. Non-thermal cellular effects of ultrasound. *Br J Cancer Suppl*. 5:165-71, 1982
18. Boggio V, Ladizesky MG, Cutrera RA, Cardinali DP. Autonomic neural signals in bone: physiological implications for mandible and dental growth. *Life Sci*. 75:383-95, 2004
19. Kerawala CJ, Martin IC, Allan W, Williams ED. The effects of operator technique and bur design on temperature during osseous preparation for osteosynthesis self-tapping screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 88:145-50, 1999
20. Horton JE, Tarpley TM Jr., Jacoway JR. Clinical applications of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 51:236-42, 1981
21. Ewen SJ. The ultrasonic wound - some observations. *J Periodontol* 32: 315, 1961
22. Sanderson AD. Gingival curettage by hand and ultrasonic instruments: a histologic comparison. *J Periodontol*. 37:279-90, 1966
23. Vercelotti T, Crovace A, Palermo A, Molfetta A. The piezoelectric osteotomy in orthopedics: Clinical and histological evaluations (pilot study in animals). *Med J Surg Med* 9:89-95, 2001
24. Walmsley AD, Laird WR, Williams AR. Intra-vascular thrombosis associated with dental ultrasound. *J Oral Pathol*. 16:256-9, 1987
25. Williams AR, Chater BV. Mammalian platelet damage in vitro by an ultrasonic therapeutic device. *Arch Oral Biol*. 25:175-9, 1980
26. Chapple IL, Walmsley AD, Saxby MS, Moscrop H. Effect of instrument power setting during ultrasonic scaling upon treatment outcome. *J Periodontol*. 66:756-60, 1995
27. Vercelotti T, Nevins ML, Kim DM, Nevins M, Wada K, Schenk RK, Fiorellini JP. Osseous response following resective therapy with piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 25:543-9, 2005
28. Grenga V, Bovi M. Piezoelectric surgery for exposure of palatally impacted canines. *J Clin Orthod*. 38:446-8, 2004
29. Giraud JY, Villemin S, Darmana R, Cahuzac JP, Autefage A, Morucci JP. Bone cutting. *Clin Phys Physiol Meas*. 1991;12:1-19.
30. Sivoletta S, Berengo M, Scarin M, Mella F, Martinelli F. Autogenous particulate bone collected with a piezo-electric surgical device and bone trap: a microbiological and histomorphometric study. *Arch Oral Biol*. 51:883-91, 2006
31. Geha HJ, Gleizal AM, Nimeskern NJ, Beziat JL. Sensitivity of the inferior lip and chin following mandibular bilateral sagittal split osteotomy using Piezosurgery. *Plast Reconstr Surg*. 118:1598-607, 2006
32. Vercelotti 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*. 21:561-7, 2001
33. Bovi M. Mobilization of the inferior alveolar nerve with simultaneous implant insertion: a new technique. Case report. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 25:375-83, 2005
34. Ueki K, Nakagawa K, Marukawa K, Yamamoto E. Le Fort I osteotomy using an ultrasonic bone curette to fracture the pterygoid plates. *J Craniomaxillofac Surg*. 32:381-6, 2004

35. Chiriac G, Herten M, Schwarz F, Rothamel D, Becker J. Autogenous bone chips: influence of a new piezoelectric device (Piezosurgery) on chip morphology, cell viability and differentiation. *J Clin Periodontol.* 32:994-9, 2005
36. Morgan TA, Fridrich KL. Effects of the multiple-piece maxillary osteotomy on the periodontium. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 16:255-65, 2001
37. Schultes G, Gaggl A, Kärcher H. Periodontal disease associated with interdental osteotomies after orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 56:414-7, 1998
38. Wolford LM. Periodontal disease associated with interdental osteotomies after orthognathic surgery (Discussion). *J Oral Maxillofac Surg.* 56:417, 1998
39. Known H, Pihlstrom B, Waite DE. Effects on the periodontium of vertical bone cutting for segmental osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg.* 43:952-5, 1985
40. Brusati R, Gianni B. Anterior mandibular apical base augmentation in the surgical orthodontic treatment of mandibular retrusion. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 34:846-50, 2005
41. Becelli R, Renzi G, Carboni A, Cerulli G, Gasparini G. Inferior alveolar nerve impairment after mandibular sagittal split osteotomy: an analysis of spontaneous recovery patterns observed in 60 patients. *J Craniofac Surg.* 13:315-20, 2002
42. Ylinkontiola L, Kinnunen J, Laukkanen P, Oikarinen K. Prediction of recovery from neurosensory deficit after bilateral sagittal split osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 90:275-81, 2000
43. Ness G. Maxillary Sinus Grafts and Implants. Fonseca RJ. *Oral and Maxillofacial Surgery Volume 7.* Philadelphia: W.B Saunders Company, 2000, 266-267
44. Kaufmann E. Maxillary sinus elevation surgery. *Dent Today.* 21:96-101, 2002
45. Toffler M. Osteotome-mediated sinus floor elevation: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 19:266-73, 2004
46. Karabuda C, Arisan V, Özyuvacı H. Effects of sinus membrane perforations on the success of dental implants placed in the augmented sinus. *J Periodontol.* 77:1991-7, 2006
47. Sammartino G, Marenzi G, Colella G, Califano L, Grivetto F, Mortellaro C. Autogenous calvarial bone graft harvest: intraoperational complications. *J Craniofac Surg.* 16:312-9, 2005
48. Quereshy FA, Powers MP. Reconstruction of the Maxillofacial Cancer Patient. Fonseca RJ. *Oral and Maxillofacial Surgery Volume 7.* Philadelphia: W.B Saunders Company, 2000, 370-371
49. Erpenstein H, Diedrich P, Borchard R. Preparation of autogenous bone grafts in two different bone mills. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 21:609-15, 2001
50. Tinti C, Parma-Benfenati S, Polizzi G. Vertical ridge augmentation: what is the limit? *Int J Periodontics Restorative Dent.* 16:220-9, 1996
51. Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res.* 10:278-88, 1999
52. Young MP, Worthington HV, Lloyd RE, Drucker DB, Sloan P, Cater DH. Bone collected during dental implant surgery: a clinical and histological study. *Clin Oral Implants Res.* 13:298-303, 2002
53. Garcia OG, Mombiola FL, La Fuente CJ, Aranguéz MG, Escribano DV, Martin JV. The influence of the size and condition of the reamers on bone temperature during intramedullary reaming. *J Bone Joint Surg Am.* 86-A:994-9, 2004
54. Hoegel F, Mueller CA, Peter R, Pfister U, Suedkamp NP. Bone debris: dead matter or vital osteoblasts. *J Trauma.* 56:363-7, 2004
55. Springer IN, Terheyden H, Geiss S, Harle F, Hedderich J, Acil Y. Particulated bone grafts--effectiveness of bone cell supply. *Clin Oral Implants Res.* 15:205-12, 2004
56. Hobkirk JA, Rusniak K. Metallic contamination of bone during drilling procedures. *J Oral Surg.* 36:356-60, 1978
57. Shapoff CA, Bowers GM, Levy B, Mellonig JT, Yukna RA. The effect of particle size on the osteogenic activity of composite grafts of allogeneic freeze-dried bone and autogenous marrow. *J Periodontol.* 51:625-30, 1980
58. Fucini SE, Quintero G, Gher ME, Black BS. Small versus large particles of demineralized freeze-dried bone allografts in human intrabony periodontal defects. *J Periodontol.* 64:844-7, 1993
59. Pallesen L, Schou S, Aaboe M, Hjorting-Hansen E, Nattestad A, Melsen F. Influence of particle size of autogenous bone grafts on the early stages of bone regeneration: a histologic and stereologic study in rabbit calvarium. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 17:498-506, 2002
60. Schepers EJ, Ducheyne P. Bioactive glass particles of narrow size range for the treatment of oral bone defects: a 1-24 month experiment with several materials and particle sizes and size ranges. *J Oral Rehabil.* 24:171-81, 1997
61. Cordaro L. Bilateral simultaneous augmentation of the maxillary sinus floor with particulated mandible. Report of a technique and preliminary results. *Clin Oral Implants Res.* 14:201-6, 2003

Yazışma Adresi:

M. Kağan DEĞERLİYURT

Adres: Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi A.D
8. Cad. 82. Sok. 06510 Emek/ANKARA
Tel: (312) 203 43 36
E-mail: mkdegerliyurt@gazi.edu.tr