

Osseodensifikasyon Tekniğinin Düşük Yoğunluklu Kemiğe Yerleştirilen Dental İmplantların Primer Stabilitesi Üzerine Etkisi: Taze Sığır Kaburgasında Yapılan In-Vitro Bir Çalışma

Effect of Densifying Drills on Primary Stability of Dental Implants Placed in Low-Density Bone: An In-Vitro Study in Fresh Bovine Crest

Dr. Öğr. Üyesi Alper Sağlanmak
İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Oral İmplantoloji Anabilim Dalı, İstanbul
ORCID ID: 0000-0001-7121-0257

Geliş tarihi: 10.09.2024

Kabul tarihi: 07.11.2024

doi: 10.5505/yeditepe.2025.92260

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Alper Sağlanmak
İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Oral İmplantoloji Anabilim Dalı, İstanbul
Adres: Vezneciler Caddesi, Cavit Orhan Tütengil
Sokak, No:2, Süleymaniye, Fatih, İstanbul, Türkiye.
Tel: 0 536 352 63 62
E-posta: alper.saglanmak@istanbul.edu.tr

ÖZET

Amaç: Branemark'tan bu yana implant osteotomisi subtraktif yani kemik çıkarma esasına göre uygulanmaktadır. Ancak kemiğin miktarının ve mineralizasyonun yetersiz olduğu durumlarda bu teknik yetersiz primer stabilite ve öngörülemez osseointegrasyona sebep olabilir. Yıllar içinde bu tekniğe alternatif olarak geliştirilen osteotom tekniği ve kemiğin kontrollü genişlemesini sağlayan özel implant tasarımları ile mineralizasyonun yetersiz olduğu kemik bölgelerinde kemiğin trabeküler yapısında mikro çatlaklar oluşturarak hacim-mineralizasyon ve primer stabiliteyi artırmak amaçlanmıştır. Son yıllarda geliştirilen yeni bir teknik olan 'Osseodensifikasyon' tekniği ile viskoelastik ve ardından plastik deformasyon ile kemiğin genişletilmesi amaçlanmıştır. Bu teknikte saat yönünün tersine hareket eden frezler süngerimsi kemiği hem apikal hem de periferik bölgelere iterek ekspansiyon ve otogreft kondensasyonu sağlarlar. Çalışmanın amacı konvansiyonel frezleme (KF) ve osseodensifikasyon frezleme (OF) ile yerleştirilen implantların primer stabilitelerinin kıyaslanmasıdır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada tip 4 kemiği simüle eden 8 adet sığır kaburgasına 16 adet implant (Straumann®, BL SLA titanium, Basel, İSVİÇRE) KF ve OF tekniği ile yerleştirilerek primer stabiliteleri karşılaştırılmıştır. Bunun için implant yerleştirme torku (ITV) ve implant stabilite katsayısı (ISQ) kullanılmıştır. İlaveten osteotomi çapları değerlendirilmiştir.

Bulgular: ITV, ISQ ve osteotomi çapı değişkenlerinde iki grup arasında yüksek düzeyde istatistiksel anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,001$).

Sonuç: Osseodensifikasyon frezleme tekniğinin özellikle düşük kemik yoğunluğuna sahip bölgelerde primer stabilite artışına olumlu katkı sağlayabileceği söylenebilir. Elbette bu frezlerin oluşturduğu geri yaylanma etkilerinin ve artan primer stabilitenin osseointegrasyona nasıl etki edeceğinin ve uzun dönemli periimplanter sağlığın iyi dizayn edilmiş randomize kontrollü klinik çalışmalarla ispatı gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Osseodensifikasyon, primer stabilite, implant stabilite katsayısı.

ABSTRACT

Aim: Since Branemark, implant osteotomy has been performed on the basis of subtractive bone removal. However, this technique may cause inadequate primary stability and unpredictable osseointegration in cases where the amount of bone and mineralization is insufficient. The osteotome technique and special designed implants has been developed as an alternative to provide controlled expansion of the bone, aim to increase volume-mineralisation and primary stability by creating microcracks in the trabecular structure. 'Osseodensification',

a new technique developed in recent years, aims to expand the bone by viscoelastic and then plastic deformation. In this technique, the counterclockwise drilling burs push the cancellous bone to both apical and peripheral regions and provide expansion and autograft condensation. The aim of the study is to compare the primer stability of implants placed by conventional drilling (KF) and osseodensification drilling (OF) techniques.

Materials and Method: In this study, 16 implants (Straumann®, BL SLA titanium, Basel, Switzerland) were placed in 8 fresh bovine ribs simulating type 4 bone using KF and OF techniques to compare primary stability. For this purpose, implant placement torque (ITV) and implant stability quotient (ISQ) were used. In addition, osteotomy diameters were evaluated.

Results: A highly statistically significant difference was found between the two groups in terms of ITV, ISQ and osteotomy diameter variables ($p < 0.001$).

Conclusion: Osseodensification drilling technique may contribute positively to the increase in primary stability, especially in areas with low bone density. The spring-back effect of these burs and the effect of increased primary stability on osseointegration and long-term periimplant health need to be proven in well-designed randomised controlled clinical trials.

Keywords: Osseodensification, primary stability, implant stability quotient.

GİRİŞ

Branemark'tan bu yana, implant yerleşiminde subtraktif kemik çıkarılmasına dayalı bir frezleme protokolü kullanılmaktadır. Yıllar içinde bu frezleme protokolüne alternatif yöntemler geliştirilmiş ve özellikle mineralizasyonun veya kemik hacminin yetersiz olduğu bölgelerde primer stabiliteyi ve öngörülebilir osseointegrasyonu artırmak için çeşitli teknikler kullanılmıştır. Bu tekniklerden biri olan osteotom tekniği, mineralizasyonun yetersiz olduğu kemik bölgelerinde kemiğin trabeküler yapısında mikro çatlaklar oluşturarak hacim-mineralizasyonunu ve primer stabiliteyi artırmayı amaçlamaktadır.¹ Diğer bazı araştırmacılar %10 daha küçük osteotomi hazırlığı yaparak primer stabilitede artış elde edebilmişlerdir.² Ayrıca kemiğin kontrollü genişlemesini sağlayan özel implant tasarımları geliştirilmiş ve sıkı kemik implant teması ve primer stabilite başarıyla sağlanmıştır.^{3,4}

2017 yılında Huwais tarafından geliştirilen yeni bir frezleme sistemi (Versah®, Jackson, MI) frezleme protokolünü değiştirmiş ve özellikle yetersiz kemik hacmi ve minera-

lizasyonu olan bölgelerde implant başarısını artırmayı amaçlamıştır. Sistem, normal bir frezden daha fazla ancak daha sıkı yiv ve oluklara sahiptir. Böylece daha az titreşim sağlar. Osteotom tekniğinden farklı olarak bol su soğutması ile saat yönünün tersine hareket, süngerimsi kemiği hem apikal hem de periferik bölgelere itererek ekspansiyon ve otogreft kondensasyonu sağlar. Bir hayvan çalışmasında yapılan mikro bilgisayarlı tomografi incelemesi implantın apikal kenarında ve 1-1,5 mm'lik periferik alanlarında kortikal kalınlaşma göstermiştir.⁵ Aynı çalışmada implantın primer stabilitesini arttırmanın yanı sıra otogreft kondensasyonu ile daha hızlı bir osseointegrasyon sağlayacağından bahsedilmektedir. Trisi ve ark.⁶ da osseodensifikasyon yöntemi kullanılarak yapılan implantlarda %30 kemik hacmi artışı ile daha yüksek çıkarma torkları ve daha düşük mikro hareket bildirmiş ve bunun implantın sekonder stabilitesi ve prognozu üzerindeki olumlu etkisinden bahsetmişlerdir.

Osseodensifikasyon tekniği, viskoelastik ve ardından plastik deformasyon ile kemiği genişletmeyi amaçlar. Kemik genişletmenin yanı sıra, kemik mineral yoğunluğunu arttırmak ve sinüs altında kemik yüksekliğinin sınırlı olduğu bölgelerde dikey yönde kemik kazanımı sağlamak gibi başka uygulamaları da vardır.

Bu çalışmanın amacı, tip 4 kemiği simüle eden sığır kaburgasında primer stabilite açısından geleneksel ve osseodensifikasyon frezlemesini değerlendirmektir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma Tasarımı

Çalışma İstanbul Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için yerel bir mez-bahadan temin edilen 8 adet taze büyükbaş hayvan (sığır) kaburga kemiği kullanılmıştır (Resim 1).



Resim 1. Taze sığır kaburgası segmenti.

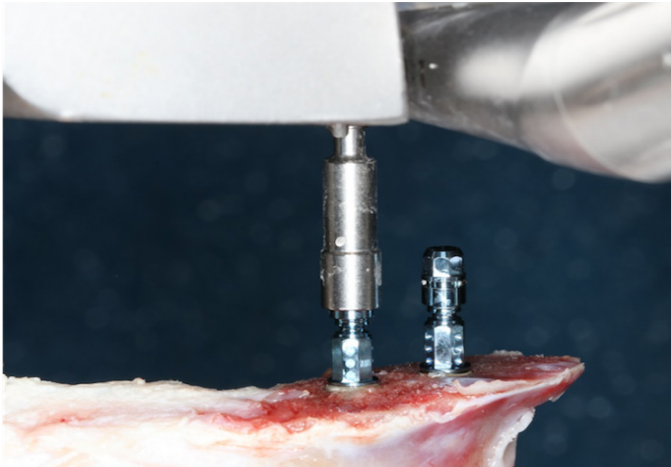
Kaburga boyutları implant yerleşecek alanda yaklaşık 1 mm dış kortikal kemik tabakasına sahip ve 12-15 mm genişliğinde değişen bir yapıya sahiptir. İşlem öncesinde implant yerleşecek alanda pürüzsüz ve düz yüzeyler elde etmek için yüzeyler bir diş alçısı düzeltici (Model düzeltici, Rotaks-Dent) ile düzeltilmiştir. Daha sonra kaburga örnek-

leri Lekholm ve Zarb'ın Kemik Kalite Endeksine⁷ göre D3 ila D4 kemik olarak sınıflandırılmıştır. İmplantların frezlenmesinde yerleştiriciye bağlı hataları bertaraf etmek için mekanik testlerde kullanılmak üzere tasarlanmış (Instron® Canton, Massachusetts, ABD) bir çekme cihazının kafa kısmı kullanılmış ve angldruvanın buraya sabitlenerek cihazın yalnızca dikey yönde hareket etmesi sağlanmıştır (Resim 2).



Resim 2. İmplantların standart yerleşimi için kullanılan Instron cihazı.

Her bir sıgır kaburgasında biri osseodensifikasyon grubu ve biri konvansiyonel frezleme grubuna ait olmak üzere 2 adet adet 4,1 × 10 mm (Straumann®, BL SLA titanyum, Basel, İsviçre) implant rastgele yerleştirilmiştir. Test grubu implantlarda (Osseodensifikasyon frezleme; OF) osteotomi hazırlığına 2,0 frez (1200 rpm) ve bol irrigasyon ile başlanmış ve takiben sıralı bir frezleme işlemi gerçekleştirilmiştir. 2,3, 3,0, 3,3 ve 3,5 mm çaplarında osseodensifikasyon frezleri (Densah frezleri, Versah®, Mississippi, ABD) ile osteotomi tamamlanmıştır. Tüm frezler üretici firmanın talimatlarıyla uyumlu şekilde saat yönünün tersine uygulanmıştır. Kontrol grubunda (Konvansiyonel frezleme; KF) ise üretici firmanın kendi seti kullanılarak saat yönünde geleneksel frezleme yapılmıştır. Frezlemeye 2,2 pilot frezle başlanmış (800 rpm), 2,8 (600 rpm) ve 3,5 frezlerle (500 rpm) devam edilmiş ve osteotomi bitirilmiştir. Hem kontrol hem de test gruplarında osteotomiler tamamlandıktan sonra, osteotomi çapları ölçülmüştür (Resim 3).



Resim 3. Konvansiyonel ve osseodensifikasyon frezleme ile yerleştirilen implantlar.

Akabinde implantlar aynı operatör (AS) tarafından epikr-estal şekilde ve fizyodispenser ile yerleştirilmiştir (Resim 4).



Resim 4. Osseodensifikasyon ve konvansiyonel frezlemelerin osteotomi çapları.

İmplant yerleştirme torku (ITV) fizyodispenser ile, implant stabilite katsayısı (ISQ) ise Osstell ISQ cihazı (Osstell AB®, Göteborg, İsveç) kullanılarak implant yerleştirildikten sonra her bir implantın 2 bölgesinden ölçüm yapılarak değerlendirilmiştir (Resim 5).



Resim 5. Rezonans frekans analizi yöntemiyle implant stabilite katsayısı ölçümü.

İstatistiksel Analiz

Verilerin dağılımlarının normalliği Kolmogorov Smirnov testi ile test edilmiştir. Ardından gruplar bağımsız değişkenler t-testi ile kıyaslanmıştır. ITV, ISQ ve Osteotomi Çapı değişkenleri Pearson korelasyonu ile karşılaştırılmıştır. $p < 0,05$ istatistiksel anlamlı değer olarak kabul edilmiştir. Tüm istatistiksel analizler SPSS (sürüm 29.0.20.0, Mac için) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD, 2024).

BULGULAR

Her iki grupta 8'er adet olmak üzere toplamda 16 implant yeterli primer stabilite ile sorunsuz bir şekilde planlanan yerlere yerleştirilmiştir. Test grubu (OF) implantları yerleştirme torku değerleri ortalama $57,5 \pm 6,39$ bulunurken; kontrol grubu (KF) implantlarında bu değer $20 \pm 2,50$ olarak gözlenmiştir ($p < 0,001$). ISQ değerleri de test grubu implantları lehine yüksek bulunmuştur ($p < 0,001$). İlave ten test grubu implantları daha düşük final osteotomi çapları göstermiştir ($p < 0,001$) (Tablo 1).

Tablo 1. Test ve kontrol grubu değişkenlerinin sonuçları.

	OF	KF	p
İmplant sayısı	8	8	
ITV (Ncm)	57,5 ± 6,39	20 ± 2,50	<0,001**
Osteotomi çapı	3,03 ± 0,22	3,71 ± 0,14	<0,001**
ISQ	75,5 ± 1,90	55 ± 3,82	<0,001**

Bağımsız değişkenler için t-testi

**p<0,001

ITV: İmplant Yerleştirme Torku; ISQ: İmplant Stabilite Katsayısı; OF:OsseodensifikasyonFrezleme; KF: Konvansiyonel Frezleme

Korelasyon analizi sonucunda ITV ile ISQ arasında istatistiksel anlamlı pozitif bir korelasyon gözlenirken ($p<0,001$); ITV-Osteotomi çapı & ISQ-Osteotomi çapı arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ($p<0,001$) (Tablo 2).

Tablo 2. Test ve kontrol grubu değişkenlerinin korelasyonları.

	ITV (Ncm)	Osteotomi Çapı	ISQ	p
ITV (Ncm)		-0,868**	0,974**	<0,001
Osteotomi çapı	-0,868**		-0,819**	<0,001
ISQ	0,974**	-0,819**		<0,001

Pearson Korelasyon testi

**Pearson Korelasyon Katsayısı; p<0,001

ITV: İmplant Yerleştirme Torku; ISQ: İmplant Stabilite Katsayısı

TARTIŞMA

Osseodensifikasyon frezlerinin primer stabiliteye etkisini ölçen in-vitro çalışmamızda konvansiyonel frezlemeye göre osseodensifikasyon frezleme protokolü hem yerleştirme torku hem de implant stabilite katsayısı değerlerinde istatistiksel anlamlı yüksek sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Benzer şekilde osseodensifikasyon yapılan bölgelerdeki osteotomi çapı da daha dar gözlenmiştir. Kemik yoğunluğunun implant primer stabilitesinin güçlü bir belirleyicisi olduğu iyi bilindiğinden⁸, çalışma metodolojisi oluşturulurken seçim primer stabilite sorusuna odaklanmaktadır. Inchingolo ve ark.⁹ yaptıkları çalışmada osseodensifikasyon frezlerinin otolog kemiği sıkıştırıp, lateralize ettiği ve potansiyel olarak eş zamanlı yerleştirilen implantların etrafındaki başlangıç mekanik stabilitesini arttırdığını bulmuşlardır. Aynı şekilde Carvalho ve ark.¹⁰ da osseodensifikasyon frezleme yönteminin hem silindirik hem de konik implantlarda; ISQ, ITV ve geri döndürme torku değerlerinde daha iyi sonuçlar ortaya çıkardığını tespit etmişlerdir. Literatürdeki pek çok çalışma da osseodensifikasyonun primer stabiliteye olan etkisini savunur.^{6,11} Ancak bunun yanında Yeh ve ark.¹² tarafından yapılan in-vitro bir çalışmada osseodensifikasyon frezlerinin kemik mineral yoğunluğu ve kemik implant temasını arttırdığı, ancak primer stabiliteye herhangi bir katkı sunmadığı ortaya konulmuştur. Ancak bu çalışmada implantlar free-hand yani tamamen cerrahın el hassasiyetine göre yerleştirilmiş ve bizim çalışmamızda olduğu gibi frez titreşimini ortadan kaldıracak bir düzenek kullanılmamıştır. Bilindiği üzere primer stabilitenin kaybının en önemli sebeplerinden biri hatalı frezlemedir. Yapılan pek çok çalışma özellikle kemik yoğunluğu düşük bölgelerde hatalı frezlemeye bağlı stabilite kaybı rapor etmiş, klinik uygulamada frezleme protokolünün farklı kemik niteliklerine göre uyarlanması

gerektiği vurgulamıştır.¹³ Bu sorunu bertaraf etmek için implantların daha yüksek osteotomi doğruluğuna sahip cerrahi rehberler kullanılarak yapılması da önerilmektedir.^{14,15} Buna alternatif olarak osseodensifikasyon frezlerinin tasarımı sayesinde “dokusal geri bildirim” hissi, bu kritik aşamada maksimum kontrol sağlar ve frezin hatalı bir osteotomi yapmasını ve primer stabilitenin azalmasını önler.

Kemik sıkıştırma enstrümanlarının (osteotomlar, kemik kompaktörler, vb.) primer implant stabilitesini olumlu yönde etkileyebildiği pek çok in-vitro çalışmada rapor edilmiştir.¹⁶ Ancak geleneksel kapalı yaklaşımla ilgili bir endişe, kullanılan osteotomların ya da farklı el aletlerinin trabeküler seviyede daha uzun iyileşme süreleri gerektiren gereksiz kırıklara neden olması ve böylece ikincil stabilitenin başlamasını geciktirdiğine inanılmasıdır.¹⁷ Osseodensifikasyon frezleri, trabeküler seviyede ilişkili bir hasara neden olmadan kayma ve yuvarlanma teması ile osteotomiye genişleterek geleneksel osteotomların otolog osseöz yoğunlaştırma özelliğini korur.¹⁸ Yoğunlaşmış kemiğin geri yaylanma (elastik deformasyon) etkisi büyük olasılıkla birincil stabiliteyi sağlar. Çalışmamızda bu geri yaylanma etkisine bağlı olarak osseodensifikasyon grubunda aynı son frez çapına rağmen daha dar final osteotomi çapı gözlenmiştir. Final osteotomi çapının ITV ile negatif bir korelasyona sahip olduğu düşünüldüğünde test grubu implantlarında daha yüksek yerleştirme torku değerlerine ulaşılmıştır. Kemik-implant arayüzüne zarar vermeden implant stabilitesini değerlendirmek için ISQ değerlerini ölçerek rezonans frekans analizi (RFA) tekniğini kullanmak, implant stabilitesinin tedavinin çeşitli aşamalarında ve farklı gözlem dönemlerinde izlenmesine olanak tanır.¹⁹ Çalışmamızda test grubu implantlarında daha yüksek ISQ değerleri gözlenmiştir. Literatürdeki pek çok çalışma da bu sonucu desteklemektedir.^{20,21} Gaspar ve ark.²² tarafından yapılan bir meta analiz çalışmasında osseodensifikasyon frezleme tekniğinin konvansiyonel frezlemeye nazaran daha yüksek ortalama implant stabilite katsayısı değerleri sunduğu gösterilmiştir. Hatta osseodensifikasyon uygulanan implantların implant yerleşimi sonrası stabiliteyi koruduğu ve ISQ düşüşü yaşanmadığını⁸, 4-6 ay sonra dahi daha yüksek ISQ değerleri gösterdiğini kanıtlayan çalışmalar mevcuttur.²² Ancak ISQ açısından bazı diğer çalışmalar da osseodensifikasyon frezleme ile konvansiyonel frezleme arasında fark bulamamıştır.⁵ Elbette ISQ ölçümünü etkileyen pek çok parametre vardır. Yapılan çalışmalar; kemik dokusu, implantın çapı, implantın yüzey özelliği, implantın gömülme derinliği, implantın kemik üzerinde kalan kısmının uzunluğu gibi faktörlerin ISQ değerini etkilediği savunulur.²³ Yine primer stabilitenin çok düşük olduğu durumlarda ISQ değerlerinin güvenilir olmadığını savunan araştırmacılar da vardır.²⁴ Bu konuda çalışmalarda standardı sağlamanın

zor olduğu ve olası farkların bu sebeple olabileceği düşünülmelidir. Nitekim pek çok çalışmada çalışmamızda olduğu gibi primer stabilite ile ISQ pozitif korele bulunmuştur.^{21,25,26}

SONUÇ

Çalışmanın limitasyonları da göz önünde bulundurularak, osseodensifikasyon frezleme tekniğinin özellikle düşük kemik yoğunluğuna sahip bölgelerde primer stabilite artışına olumlu katkı sağlayabileceği söylenebilir. Elbette bu frezlerin oluşturduğu geri yaylanma etkilerinin ve artan primer stabilitenin osseointegrasyona nasıl etki edeceğinin ve uzun dönemli periimplanter sağlığın, iyi dizayn edilmiş randomize kontrollü klinik çalışmalarla ispatı gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium* 1994; 15(2): 152, 154-156, 158.
2. Degidi M, Dapirle G, Piattelli A. Influence of underpreparation on primary stability of implants inserted in poor quality bone sites: An in vitro study. *J Oral Maxillofac Surg* 2015; 73(6): 1084-1088.
3. Valen M, Locante WM. LaminOss immediate-load implants: I. Introducing osteocompression in dentistry. *J Oral Implantol* 2000; 26(3): 177-184.
4. Lozano-Carrascal N, Salomó-Coll O, Gilabert-Cerdà M, Farré-Pagés N, Gargallo-Albiol J, et al. Effect of implant macro-design on primary stability: a prospective clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2016; 21(2): 214-221.
5. Huwais S, Meyer E. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017; 32(1): 27-36.
6. Trisi P, Berardini M, Falco A, Podaliri Vulpiani M. New osseodensification implant site preparation method to increase bone density in low-density bone: In vivo evaluation in sheep. *Implant Dent* 2016; 25(1): 24-31.
7. Lekholm U, Zarb GA, Albrektsson T. Patient selection and preparation. *Tissue integrated prostheses*. Chicago, Quintessence; 1985.
8. Bergamo ETP, Zahoui A, Barrera RB, Huwais S, Coelho PG, et al. Osseodensification effect on implants primary and secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2021; 23(3): 317-328.
9. Inchingolo AD, Inchingolo AM, Bordea IR, Xhajanka E, Romeo DM, et al. The effectiveness of osseodensification drilling protocol for implant site osteotomy: a systematic review of the literature and meta-analysis. *Materials* 2021; 14(5): 1147.
10. de Carvalho Formiga M, da Silva HDP, Ghiraldini B,

Siroma RS, Ardelean LC, et al. Effects of Osseodensification on Primary Stability of Cylindrical and Conical Implants-an ex vivo study. *J Clin Med* 2023; 12(11): 3736.

11. Lahens B, Neiva R, Tovar N, Alifrag AM, Jimbo R, et al. Biomechanical and histologic basis of osseodensification drilling for endosteal implant placement in low density bone. An experimental study in sheep. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016; 63: 56-65.

12. Yeh YT, Chu TM, Blanchard S, Hamada Y. Effects on Ridge Dimensions, Bone Density, and Implant Primary Stability with Osseodensification Approach in Implant Osteotomy Preparation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2021; 36(3): 474-484.

13. Stoilov M, Shafaghi R, Stark H, Marder M, Kraus D, et al. Influence of Implant Macro-Design, -Length, and -Diameter on Primary Implant Stability Depending on Different Bone Qualities Using Standard Drilling Protocols-an in vitro analysis. *J Funct Biomater* 2023; 14(9): 469.

14. Liu Q, Liu Y, Chen D, Wu X, Huang R, et al. Placement accuracy and primary stability of implants in the esthetic zone using dynamic and static computer-assisted navigation: a retrospective case-control study. *J Prosthet Dent* 2024; 131(3): 427-435.

15. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29: 25-42.

16. Attanasio F, Antonelli A, Brancaccio Y, Averta F, Figliuzzi MM, et al. Primary stability of three different osteotomy techniques in medullary bone: an in vitro study. *Dent J (Basel)* 2020; 8(1): 21.

17. Pai U, Rodrigues S, Talreja K, Mundathaje M. Osseodensification – a novel approach in implant dentistry. *J Indian Prosthodont Soc* 2018; 18(3): 196-200.

18. Huwais S, Meyer E. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017; 32(1): 27-36.

19. Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: Biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol* 2000 2008; 47(1): 51-66.

20. Althobaiti AK, Ashour AW, Halteet FA, Alghamdi SI, AboShetaih MM, et al. A Comparative Assessment of Primary Implant Stability Using Osseodensification vs. Conventional Drilling Methods: A Systematic Review. *Cureus* 2023; 15(10): e46841.

21. Bandela V, Shetty N, Munagapati B, Basany RB, Kanaparthi S. Comparative Evaluation of Osseodensification Versus Conventional Osteotomy Technique on Dental Implant Primary Stability: An Ex Vivo Study. *Cureus* 2022; 14(10): e30843.

- 22.** Gaspar J, Proença L, Botelho J, Machado V, Chambro-ne L, et al. Implant Stability of Osseodensification Drilling Versus Conventional Surgical Technique: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2021; 36(6): 1104-1110.
- 23.** Aparicio C, Lang NP, Rangert B. Validity and clinical significance of biomechanical testing of implant/bone interface. *Clin Oral Implants Res* 2006; 17(2): 2-7.
- 24.** Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability: A resonance-frequency analysis study with delayed and immediately loaded ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 2004; 15(5): 520-528.
- 25.** Zita Gomes R, De Vasconcelos MR, Lopes Guerra IM, De Almeida RAB, De Campos Felino AC. Implant Stability in the Posterior Maxilla: A Controlled Clinical Trial. *Bio-med Res Int* 2017; 2017: 6825213.
- 26.** Do Vale Souza JP, De Moraes Melo Neto CL, Piacenza LT, Freitas Da Silva EV, De Melo Moreno AL, et al. Relation between Insertion Torque and Implant Stability Quotient: A Clinical Study. *Eur J Dent* 2021; 15(4): 618-623.