

# Maksilla Posterior Bölgede Vertikal Kemik Miktarının Yetersizliği Durumunda Uygulanan Kısa İmplantların Üzerindeki ve Etrafındaki Kuvvet Dağılımının Sonlu Elemanlar Analizi ile Değerlendirilmesi

## Evaluation of Stress Distribution with Finite Element Analysis on and Around Short Implants in Case of Inadequate Vertical Bone Quantity in Maxilla Posterior Region

### Öz

\* Adnan KILINÇ  
\*\* Mert ATAOL  
\*\*\* Nesrin SARUHAN  
\*\*\*\* Mustafa GÜNDOĞDU

\* Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD, Erzurum

\*\* Mersin Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD, Mersin

\*\*\* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD, Eskişehir

\*\*\*\* Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Erzurum

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı; 3 boyutlu sonlu elemanlar analiz yöntemi ile posterior maksiller dişsiz bölgeye uygulanan kısa dental implantların üzerinde ve çevresinde oluşan kuvvet dağılımlarının incelenmesidir. **Yöntem:** Maksiller sinüs pnömatizasyonu bulunan dişsiz posterior alana sahip sağlıklı bir bireyin bilgisayarlı tomografi görüntüleri temel alınarak bir model oluşturuldu. Ardından 6,5 mm uzunluğunda ve 4 mm çapında vida tipi silindirik implant modeli oluşturuldu. Vertikal ve oblik kuvvetler simüle edilerek üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemi ile implant üzerinde ve çevre kemik üzerinde oluşan stresler değerlendirildi. **Bulgular:** Vertikal ve oblik yükleme esnasında implant üzerinde oluşan streslerin değerlendirilmesi için von Mises stresi sonuçları hem sayısal olarak hem de renklendirilmiş görüntüler olarak kaydedilmiştir. Kortikal kemik ve kansellöz kemik üzerinde belirlenen 4 bölge üzerinde oluşan von Mises stres, çekme stresi ve baskı stresi sonuçları hem sayısal olarak hem de renklendirilmiş görüntüler olarak değerlendirilmiştir. Buna göre; streslerin kansellöz kemiğe oranla kortikal kemikte yoğun olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek kuvvetlerin implant içerisinde olduğu ve dayanak-implant birleşimi yakınında, implantın kortikal kemik ile komşuluk yaptığı bölge sınırında yoğunlaştığı görülmüştür. **Sonuç:** Çalışılan tüm modellerde elde edilen stres değerlerinin yıkıcı sınırlara yaklaşmaması sebebiyle, maksiller posterior dişsiz bölgede kısa implantların kullanımının başarılı olabileceği öngörülmüştür. İmplantlara gelen oblik kuvvetlerin oluşturduğu stresin daha yüksek değerlerde olduğu düşünülerek, özellikle kısa implant yerleştirileceği zaman, implantların mümkün olduğunca okluzal kuvvetlere paralel şekilde yerleştirilmesi biyomekanik açıdan önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Eleman Analizi, Kısa İmplant, Posterior Maksilla, Vertikal Kemik Yetersizliği

### Abstract

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate the stress distribution on the short implant and surrounding bone that was applied to posterior maxillary edentulous region. **Methods:** The model was defined according to a computed tomography images of a healthy patient's posterior edentulous region with maxillary sinus pneumatization. Then, 6.5mm length and 4mm diameter cylindrical titanium implant was modeled. Vertical and oblique forces were simulated and evaluated with three-dimensionally finite element analysis

### Yazışma Adresi:

Dr. Öğretim Üyesi Adnan Kılınç  
Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD.,  
Diş Hekimliği Fakültesi, Atatürk  
Üniversitesi,  
Yakutiye/ Erzurum, Türkiye.

E-posta: adnankilin@yahoo.com  
Tel.: +90 442 231 17 34  
Fax: +90 442 236 09 45

method. **Results:** For evaluating the stresses on the implant during vertical and oblique loading, von Mises stress results were recorded both numerically and as colored images. Von Mises stress, compressive stress and tensile stress on the four regions determined on cortical bone and cancellous bone were evaluated with numerical and colored images. According to results; stresses were found to be high in the cortical bone compared to the cancellous bone. Also, the highest stress was found on the implant body, and the stress were high at near the abutment-implant junction, region of the implant adjacent to the cortical bone. **Conclusion:** It is predicted that the use of short implants in maxillary posterior region could be appropriate because the obtained stress values in all models were not high as the destructive limits. Taking into account that the stress on the implants generated by the oblique forces is higher, for especially short implant placement, it is important biomechanically that the implants should be placed as possible as parallel to the occlusal forces.

**Keywords:** Finite Element Analysis, Short Implant, Posterior Maxilla, Vertical Bone Deficiency

## Giriş

Maksiller sinüs, Maksilla'nın posterior bölgesindeki diş eksikliklerinin dental implantlarla tedavisinde mutlaka göz önüne alınması gereken anatomik bir yapıdır. Diş çekimini takip eden süreçte maksiller sinüste görülen pnömotizasyon artışı, bu bölgedeki vertikal (reziduel) alveoler kemik seviyesinde azalmaya sebebiyet verilmektedir. Vertikal kemik seviyesinde bu nedenle ortaya çıkabilecek bir yetersizlik, konvansiyonel yöntemlerle implant yerleştirilmesi işlemini güçleştirebilir. (1) Bu tür durumlarda implant yerleştirme işlemine ilaveten çeşitli cerrahi prosedürlerin kullanımı gerekmektedir.

Bu prosedürlerden sinüs tabanının açık cerrahi ile yükseltilerek kemik grefti uygulanması işlemi günümüzde klinisyenler tarafından oldukça sık olarak tercih edilmektedir. Ancak teknik zorluğu, yüksek komplikasyon oranı ve ekonomik dezavantajları sebebiyle ideal bir tedavi seçeneği olarak düşünülmemekle birlikte bu alanda yeniliklere ihtiyaç duyulmaktadır. (2,3) Bir diğer prosedür, krestal sinüs tabanı yükseltme tekniği olup vertikal kemik miktarının 7 mm'nin üzerinde olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Bu teknikte özel olarak tasarlanmış künt uçlu osteotomlar kullanılır.

maktadır. Ancak kemik miktarının daha az olduğu durumlarda kullanılamamaktadır ve komplikasyon oranı yüksektir.(4) Kullanılan diğer yöntemler arasında zigomatik implant uygulamaları,(5) balon aracılığıyla elevasyon tekniği (6) başta olmak üzere birçok modifiye teknik tarif edilmektedir. Bu yöntemlerle ilgili de teknik zorluk, maliyet, komplikasyon oranı gibi çeşitli açılardan dezavantajlar bildirilmektedir.

Diğer taraftan, ek bir cerrahi prosedür gerektirmeden konvansiyonel yöntemlerle uygulanabilen kısa dental implantlar uygun bir alternatif olarak kullanıma sunulmaktadır. Kısa dental implantlar için çeşitli kaynaklarda farklı sınıflandırmalar önerilmekteyse de, sıklıkla boyu 7 mm'den az olan implantlar olarak tanımlanmaktadır.(7-10) Anatomik koşullar yetersiz olduğunda uygulanabilecek, alternatiflerine kıyasla daha kolay, ucuz, hızlı ve konforlu bir alternatif olarak görülmektedir.(11) Böylece maksiller sinüs ile ilişkili ek cerrahilere gereksinim ortadan kalkabilir ve komplikasyonlar ve ek maliyetler oluşmaz. Ancak 7 mm ve daha kısa implantların, kron kök oranı açısından dezavantajlı olması sebebiyle üzerlerine gelen sentrik ve eksentrik okluzal kuvvetleri taşıması ve destek kemik yapılarına aktarması ile ilişkili kaygılar mevcuttur.(11,12) Maksilla posterior bölgede kısa implantların kullanımının uygun bir seçenek olup olmayacağı ile ilişkili çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.(13)

Bu çalışmanın amacı; maksilla posterior dişsiz bölgede azalmış vertikal kemik seviyesi olgusunda kısa dental implantın kullanılması durumunda, simüle edilen okluzal kuvvetler karşısında implant üzerinde ve çevresinde oluşan kuvvet dağılımlarının 3 boyutlu sonlu elemanlar analiz yöntemi ile incelenmesidir.

## Gereç ve Yöntem

Araştırma, üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemi ile statik lineer analiz yapılarak gerçekleştirildi. Maksillanın geometrisi, maksiller sinüs pnömatizasyonu bulunan dişsiz posterior alana sahip sağlıklı bir bireyin bilgisayarlı tomografi görüntülerine ait kesitler üzerinde tanımlandı. Model çene kemiğinin posterior ve superior bölgelerinden, translasyon ve rotasyon yer değiştirmelerinde sıfır harekete sahip olacak şekilde sabitlendi. Bu modelde, maksiller sinüsün altında kalan rezidüel alveoler kemik yüksekliği 7 mm ve genişliği 6 mm'dir. Dış korteks 1 mm, kansellöz tabaka 5,5 mm ve iç korteks 0,5 mm olarak tasarlandı. Ardından, "BoneTrust Short Implant (Medical Instinct

GmbH, Bovenden, Almanya) referans alınarak, 4 mm genişliğinde 6,5 mm uzunluğunda konvansiyonel vida tipi silindirik titanyum implant modeli tasarlandı. İmplantta uygun olarak 00 açılı, 4 mm çapında ve 3 mm gingival yüksekliğe sahip dayanak (Direct Abutment, Medical Instinct GmbH, Bovenden, Almanya) ve üst birinci molar dişin anatomik özelliklerine uygun tam seramik restorasyon modeli tasarlandı.

Bu materyallerin Young modülleri ve Poisson oranları şu şekildedir; Titanyum implant ve dayanak için Young modülü; 110 GPa ve Poisson oranı 0,35; Kortikal kemik için Young modülü; 13,7 GPa ve Poisson oranı 0,30; Kansellöz kemik için Young modülü 1,37 GPa ve Poisson oranı 0,30; Tam seramik restorasyon için Young modülü; 95 GPa ve Poisson oranı 0,20.

Tasarlanan implant klinik durumu taklit edecek şekilde, horizontal düzleme göre 12 bukkal açı ile maksilla modeline yerleştirildi. İmplantın %100 osseointegre olduğu varsayıldı. Ağ yapısında model oluşturulması ve homojenizasyonu ve streslerin sonlu elemanlar metodu ile analizi işlemleri için; optik tarayıcı olarak Activity 880 (Smart Optics Sensortechnik GmbH, Sinterstrasse 8, Bochum, Almanya), 3 boyutlu modelleme yazılımı için Rhinoceros 4.0 (3670 Woodland Park Ave N, Seattle, WA 98103 ABD) kullanılmıştır. Modeller VRMesh Studio yazılımı (VirtualGrid Inc, Bellevue City, WA, ABD) ile geometrik olarak oluşturulmuş ve analizlerinin yapılması için Algor Fempro (ALGOR, Inc. 150 Beta Drive Pittsburgh, PA, ABD) analiz programına aktarılmıştır. Bu şekilde elde edilen modelde düğüm sayısı 56.806 ve eleman sayısı 292.133'dir. İmplantlar, okluzyonu taklit edecek şekilde, 300N vertikal ve 300N 30° açı ile oblik olarak mekanik yüklemeye tabii tutuldu. İmplant ile teması bulunan her kemik bölgesinde (kortikal kemik ve kansellöz kemik) mezial, distal, bukkal ve palatinal bölgelerde olmak üzere 4 tane referans noktası belirlendi. Bu simülasyonlar ile implant gövdesine etki eden uzamsal kuvvetler ölçüldü.

Sonlu elemanlar analizi sonucunda ulaşılan veriler, her bir model için tek örnek oluşturularak ve varyansı olmayan değerlendirmeler ve hesaplamalar yapılarak elde edildiği için istatistiksel açıdan değerlendirmek mümkün olmamaktadır. Sonlu elemanlar analizinde elde edilen verilerin ve stres dağılımlarının incelenmesi ve dikkatli şekilde yorumlanması ile sonuçlar anlamlandırılmaktadır.

## Bulgular

Von Mises stres, çekme stresi (maksimum asal stres), baskı stresi (minimum asal stres) verileri sayısal olarak ve renklendirilmiş görseller olarak kayıt edilmiştir. Renklendirilmiş görüntülerde her bir değer aralığı için bir renk tanımlanmıştır ve bir skala ile görsellerin yanında gösterilmektedir. Von Mises stres ve çekme stresi genellikle skalanın üst kısmında yer alan pozitif değerler ve baskı stresi değerleri ise genellikle skalanın alt kısmında yer alan negatif değerler olup hem renklendirilmiş olarak hem de sayısal olarak gösterilmektedir.

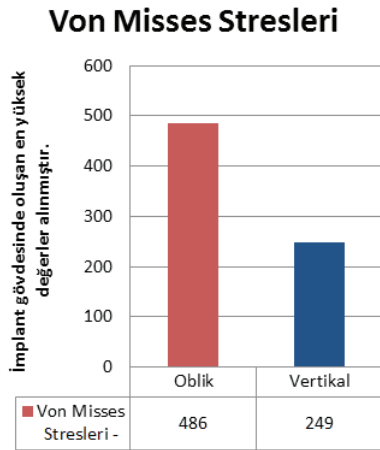
İçerisindeki stresler değerlendirilirken Von Mises stres değerleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 1'de ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna göre vertikal kuvvette implant gövdesi üzerinde oluşan en yüksek Von Mises stress değeri 249,154 MPa olarak ölçülmüştür. Aksiyal yüklemeye stres değerlerinin implant üzerinde ve implantın boyun bölgesi etrafında yoğunlaştığı görülmüştür. Oblik yüklemeye oluşan değerlere bakıldığında, en yüksek Von Mises stress değeri 485,682 MPa olarak ölçülmüş ve implant içerisinde en yüksek streslerin dayanak üzerinde ve implantın kortikal kemik ile komşuluk yaptığı bölgede yoğunlaştığı görülmektedir.

## Çevre Kemik Üzerinde Oluşan Stres Değerleri

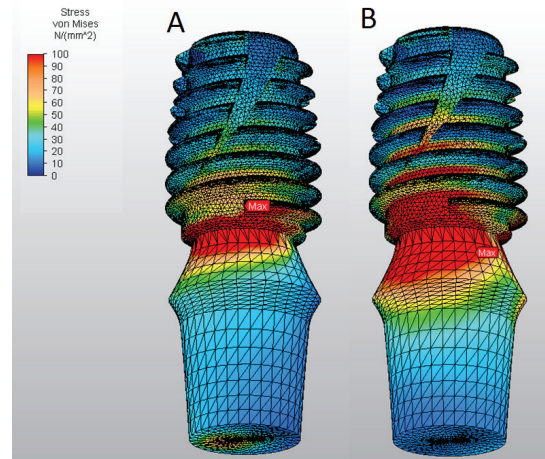
Elde edilen stres verileri incelendiğinde, oblik kuvvetlerin oluşturduğu streslerin vertikal yüklemeye sırasında oluşan streslerden daha büyük olduğu görülmüştür. Kortikal tabaka üzerinde oluşan stres değerlerinin, kansellöz kemik üzerinde oluşan değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 1, Şekil 3, Şekil 4). Kansellöz kemik üzerinde oluşan streslerin en düşük değerler olduğu görülmüştür. Kortikal kemik üzerinde elde edilen en yüksek çekme stresi değeri 26,2721 MPa değerinde oblik yüklemeye ve bukkal referans noktasında izlenmiştir. En yüksek baskı stresi değeri (-44,3605 MPa) ve Von Mises stres değeri (40,2899 MPa) oblik yüklemeye palatinal referans noktasında izlenmiştir. Kansellöz kemik içerisinde oluşan en yüksek çekme stresi değeri (9,9555 MPa) oblik kuvvette ve palatinal referans noktasında ve en yüksek baskı stresi değeri (-2,7218 MPa) oblik yüklemeye ve mezial referans noktasında izlenmiştir. En yüksek von Mises stres değeri 7,8063 MPa değerinde oblik yüklemeye ve palatinal referans noktasında izlenmiştir.

Tablo 1 Kemik İçerisinde Belirlenen Referans Noktalarının Stres Değerleri (MPa)

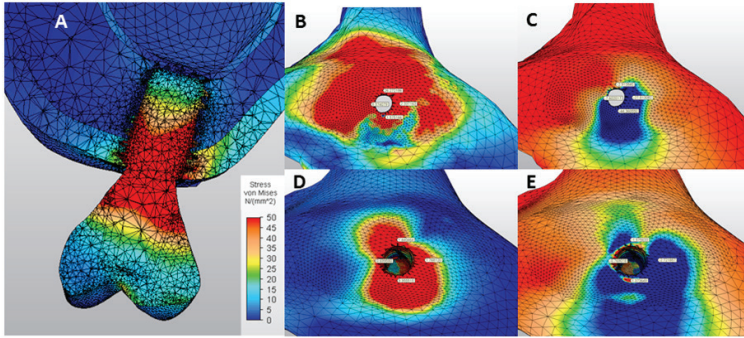
Oblik	Kortikal		Mezial	Distal	Bukkal	Palatal
			Von Mises	26.7485	14.1065	26.7697
		Çekme	2.3371	8.5740	26.2721	1.5751
		Baskı	-27.8130	-7.6020	-2.9138	-44.3605
	Kansellöz	Von Mises	3.9543	1.3111	2.6590	7.8063
		Çekme	1.7681	0.6995	1.4404	9.9555
		Baskı	-2.7218	-0.7690	-1.5756	1.3736
Vertikal	Kortikal	Von Mises	11.1364	21.0053	35.6889	5.0540
		Çekme	0.9051	0.2480	3.1952	0.3081
		Baskı	-11,8037	-23.8331	-37.0116	-5.2386
	Kansellöz	Von Mises	0.8506	1.8974	3.6535	2.0713
		Çekme	2.0676	3.1994	5.3699	1.6824
		Baskı	-1.4987	-1.7770	-2.5108	0.2478



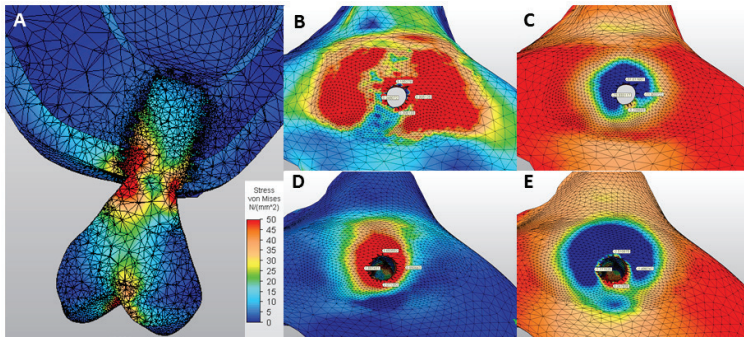
Şekil 1. İmplant Gövdesi Üzerinde Oluşan Stres Değerleri



Şekil 2. İmplant Gövdesi Üzerinde Oluşan Von Mises Streslerinin Dağılımı A-Vertikal Yükleme, B-Oblik Yükleme



**Şekil 3.** Vertikal Yükleme Sonucu oluşan Streslerin Dağılımı  
A-Tüm Model Üzerinde,  
B- Kortikal Kemikte Oluşan Çekme Stresi,  
C- Kortikal Kemikte Oluşan Baskı Stresi,  
D- Kansellöz Kemikte Oluşan Çekme Stresi,  
E- Kansellöz Kemikte Oluşan Baskı Stresi



**Şekil 4.** Oblik Yükleme Sonucu oluşan Streslerin Dağılımı  
A-Tüm Model Üzerinde,  
B- Kortikal Kemikte Oluşan Çekme Stresi,  
C- Kortikal Kemikte Oluşan Baskı Stresi,  
D- Kansellöz Kemikte Oluşan Çekme Stresi,  
E- Kansellöz Kemikte Oluşan Baskı Stresi

## Tartışma

Başta implant dizaynı olmak üzere biyomekanik faktörler implant stabilitesini önemli şekilde etkilemektedir.(6) Biyomekanik faktörleri incelemek için çeşitli metodlar bulunmakla birlikte, çeneler, dişler ve dental implant ve restorasyonlar gibi karmaşık geometriye sahip yapıların üzerlerine gelen kuvvetlerin yarattığı streslerin değerlendirilmesi için sonlu elemanlar analizi uygun bir yöntemdir.(14) Bu değerlendirme metodunda karmaşık olan yapı daha basit ve küçük şekilde elemanlara ve çok sayıda düğümlere bölünmekte ve böylece tüm yapı değerlendirilebilmektedir.(15) Diş hekimliği çalışmalarında sık kullanılan bu yöntem,(14) klinik uygulama öncesinde yapılması planlanan işlemin biyomekanik özelliklerinin detaylı şekilde değerlendirilebilmesi için çalışmamızda da tercih edilmiştir.

Literatürde maksiller posterior bölgeye yerleştirilen implantlar üzerinde yapılan sonlu eleman analizi çalışmaları, en yüksek stres değerlerinin implant içerisinde olduğunu belirtmişlerdir. (16–18) Çalışmamızda da benzer şekilde en yüksek stres değerlerinin implant gövdesi üzerinde olduğu görülmüştür. Verti-

kal kuvvetler karşısında, en yüksek Von Mises stres değeri implant gövdesi üzerinde 249,154 MPa olarak görülmüş ve kuvvet analizi incelendiğinde implantın boyun bölgesi ve implant-dayanak birleşimi bölgesinde kuvvetlerin yoğunlaştığı görülmektedir. Oblik kuvvetler karşısında ise, en yüksek Von Mises stres değeri dayanak üzerinde 485,622 MPa gibi yüksek bir değerde görülmüş ve kuvvet analizi incelendiğinde implantın boyun bölgesi ve implant-dayanak birleşimi bölgesinde kuvvetlerin yoğunlaştığı görülmektedir. (Şekil2) Bu sonuçlar, kısa implantlarda implant-dayanak birleşiminin en önemli kuvvet aktarımı bölgesi olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Kemik yapısal olarak kırılabilir madde olarak değerlendirilmekte ve üzerindeki stresleri değerlendirmek için asal gerilmeler [çekme (gerilme) ve basma (sıkışma) stresleri] kullanılmaktadır. İmplantlar ise yapısal olarak çekilebilir madde olarak değerlendirilmekte ve üzerindeki stresleri değerlendirmek için Von Mises stres değerleri kullanılmaktadır. Çalışmamızda kemik ile implant arasında vertikal ve oblik kuvvetler altında ortaya çıkan maksimum asal gerilme [çekme (gerilme) stresi] ve minimum asal gerilmeler [baskı

(sıkışma) stresi] değerlendirildi. Pozitif değerler çekme (gerilme) streslerini, negatif değerler ise baskı (sıkışma) değerlerini göstermektedir.(19) İmplant ve implantı destekleyen kemik dokuda oluşan streslerin değerlendirilmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada krestal kortikal kemikte oluşan streslerin diğer yapılardan oldukça yüksek olduğu belirtilmiş ve bu duruma implant çevresindeki spongios ve kortikal kemik tabakalarının farklı elastisite modüllerine sahip olması ve rijit karakterdeki elastisite modülü yüksek kortikal kemiğin en dış tabakada bulunması, streslerin kortikal tabakada birikmesine neden olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.(20) Ayrıca, implant ile kemik arasındaki ankilozun, implantların dönme merkezini daha koronale yaklaştırdığı ve bu durumun streslerin kortikal kemikte birikmesine yol açtığı da düşünülmektedir.(21) Çalışma sonuçlarımız da benzer şekilde iletilen streslerin kortikal kemikte yoğunlaştığını göstermektedir.

Dental implantların üzerine gelen kuvvetler, osseointegre implant yüzeyi boyunca kemiğe iletilir ve oluşan stresler kemiğin fizyolojik eşiğini aşar ise implant-kemik teması boyunca aşırı yük oluşur ve potansiyel başarısızlık meydana gelir. Çok düşük kuvvetler sonucu kemik üzerinde atrofi tablosu görülürken, yüksek kuvvetler implant çevresindeki kemikte mikrofraktür, nekroz ve marjinal kemik kaybına, bu durum da potansiyel implant başarısızlığına neden olur. Kortikal kemiğin en yüksek gerilim stres değeri 43 MPa ve sıkışma stres değeri 121 MPa değerlerinde varsayımsal olarak belirlenmiştir.(22,23) Çalışmamızda elde edilen en yüksek gerilme stres değeri 40,2899 MPa olarak izlenmiştir ve bu değer kemiğin en yüksek gerilme dayanıklılığından düşük ancak oldukça yakındır. Elde edilen en yüksek sıkışma stres değerleri oblik yüklem koşullarında kortikal kemikte palatinal referans noktasında -44,3605 MPa olarak izlenmiştir. Bu değer de kemiğin en yüksek basma dayanıklılığından düşüktür. Bu sonuçlar, maksilla posterior dişsiz bölgeye yerleştirilen kısa implantların, kortikal kemiğin yük taşıma kapasitesine uygun olduğunu ancak yerleştirme ve yüklem konusunda dikkatli olunması gerektiği şeklinde yorumlanabilir.

Holmgren ve ark.(24) yaptıkları çalışmada implantın etrafındaki kemikte oluşan stresin miktarının üzerine gelen kuvvetin yönü ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Cinel ve ark.(25) ve Batista ve ark.(26), implantların üzerine uygulanan vertikal ve oblik doğrultudaki kuvvetlerin yarattığı stres değerlerini inceledikleri çalışmalarında oblik yüklemenin kortikal

ve kansellöz kemikte görülen stres değerlerini artırdığını göstermişlerdir. Literatür ile uyumlu olarak çalışma sonuçlarımız göstermektedir ki; implant üzerine gelen vertikal kuvvetlere karşı hem implant gövdesinde hem de çevre kemik dokusunda, oblik kuvvetlere kıyasla, daha az stres oluşmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında implantların mümkün olduğunca dik kuvvetlere maruz kalacak şekilde yerleştirilmesinin avantaj oluşturacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak; çalışılan tüm modellerde elde edilen stres değerlerinin yıkıcı sınırlara yaklaşmaması sebebiyle, maksiller posterior dişsiz bölgede kısa implantların kullanımının başarılı olabileceği öngörülmüştür. İmplantlara gelen oblik kuvvetlerin oluşturduğu stresin daha yüksek değerlerde olduğu düşünülerek, özellikle kısa implant yerleştirileceği zaman, implantların mümkün olduğunca dik kuvvetlere maruz kalacak şekilde yerleştirilmesi biyomekanik açıdan önemlidir. Ancak, bu çalışmada elde edilen verilerin yorumsal olduğu düşünülmelidir ve daha gerçekçi sonuçlar için klinik takip çalışmalarına gereksinim vardır.

## Kaynaklar

1. Levi I, Halperin-sternfeld DMDM, Horwitz J, Zigdon-giladi H, Machtei EE. Dimensional changes of the maxillary sinus following tooth extraction in the posterior maxilla with and without socket preservation. 2017;(April).
2. Martuscelli R, Toti P, Sbordone L, Guidetti F, Ramaglia L, Sbordone C. Five-year outcome of bone remodelling around implants in the maxillary sinus: assessment of differences between implants placed in autogenous inlay bone blocks and in ungrafted maxilla. Int J Oral Maxillofac Surg. Denmark; 2014 Sep;43(9):1117–26.
3. Wallace SS, Froum SJ. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. Ann Periodontol. 2003;8(1):328–43.
4. Pjetursson BE, Tan WC, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation: Part I: Lateral approach. J Clin Periodontol. 2008;35 (SUPPL. 8):216–40.
5. Ömezli MM, Ertaş Ü. Zigoma İmplantları. j Dent Fac Atatürk Uni [Internet]. 2015;10(Supp.):190–5. Available from: <http://e-dergi.atauni.edu.tr/ataunidfd/article/download/5000119489/5000110296>
6. Raja S V. Management of the Posterior Maxilla

- With Sinus Lift: Review of Techniques. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons; 2009;67 (8):1730–4. Available from: [http:// dx.doi.org/10.1016/j.joms.2009.03.042](http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2009.03.042)
7. Karthikeyan I, Desai SR, Singh R. Short implants: A systematic review. *J Indian Soc Periodontol. Medknow Publications*; 2012;16(3):302.
  8. Maló P, De Araújo Nobre M, Rangert B. Short Implants Placed One-Stage in Maxillae and Mandibles: A Retrospective Clinical Study with 1 to 9 Years of Follow-Up. *Clin Implant Dent Relat Res. Wiley Online Library*; 2007;9(1):15–21.
  9. Hagi D, Deporter DA, Pilliar RM, Arenovich T. A Targeted Review of Study Outcomes With Short ( $\leq 7$  mm) Endosseous Dental Implants Placed in Partially Edentulous Patients. 2001;75(6):798–804.
  10. Pohl V, Id O, Thoma DS, Id O, Date R, Date R, et al. Short dental implants (6 mm) versus long dental implants (11-15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures: 3-year results from a multi-center, randomized, controlled clinical trial. 2017;0–2.
  11. Felice P, Cannizzaro G, Checchi V, Marchetti C, Pellegrino G, Felice P, et al. Vertical bone augmentation versus 7-mm-long implants in posterior atrophic mandibles . Results of a randomised controlled clinical trial of up to 4 months after loading. 2009;2(1):7–20.
  12. Morand M, Irinakis T. The Challenge Of Implant Therapy in the Posterior Maxilla: Providing a Rationale for the Use of Short Implants. *J Oral Implantol*. 2007;33(5):257–66.
  13. Thoma DS, Zeltner M, Hüsler J, Hämmerle CHF, Jung RE. EAO Supplement Working Group 4 –EAO CC 2015 Short implants versus sinus lifting with longer implants to restore the posterior maxilla: a systematic review. *Clin Oral Implants Res. Wiley Online Library*; 2015;26(S11):154–69.
  14. Van Staden RC, Guan H, Loo Y-C. Application of the finite element method in dental implant research. *Comput Methods Biomech Biomed Engin. Taylor & Francis*; 2006;9(4):257–70.
  15. Jain V, Shyagali TR, Kambalyal P, Rajpara Y, Doshi J. Comparison and evaluation of stresses generated by rapid maxillary expansion and the implant-supported rapid maxillary expansion on the craniofacial structures using finite element method of stress analysis. *Prog Orthod. Springer Berlin Heidelberg*; 2017;18(1):3.
  16. Fanuscu MI, Vu H V, Poncelet B. Implant Biomechanics in Grafted Sinus: A Finite Element Analysis. *J Oral Implantol*. 2004;30(2):59–68.
  17. Koca ÖL, Eskitaşcıoğlu G, Üşümez A. Three-dimensional finite-element analysis of functional stresses in different bone locations produced by implants placed in the maxillary posterior region of the sinus floor. *J Prosthet Dent*. 2005;93(1):38–44.
  18. Tepper G, Haas R, Zechner W, Krach W, Watzek G. Three-dimensional finite element analysis of implant stability in the atrophic posterior maxilla. *Clin Oral Implants Res. Wiley Online Library*; 2002;13(6):657–65.
  19. Zhao L, Ph D, Herman JE, Patel PK. The Structural Implications of a Unilateral Facial Skeletal Cleft : A Three-Dimensional Finite Element Model Approach. 2004;
  20. Özcelik TB, Ersoy E, Yilmaz B. Biomechanical Evaluation of Tooth- and Implant-Supported Fixed Dental Prostheses with Various Nonrigid Connector Positions : A Finite Element Analysis. *J Prosthodont*. 2011;20:16–28.
  21. Weinberg LA, Kruger B. A comparison of implant/prosthesis loading with four clinical variables. *Int J Prosthodont*. 1995;8(5).
  22. Oh I, Nomura N, Masahashi N, Hanada S. Mechanical properties of porous titanium compacts prepared by powder sintering. *Scr Mater*. 2003;49 (1):1197–202.
  23. Nagaraja S, Couse TL, Guldberg RE. Trabecular bone microdamage and microstructural stresses under uniaxial compression. 2005;38:707– 16.
  24. Holmgren EP, Seckinger RJ, Kilgren LM, Mante F. Evaluating Parameters of Osseointegrated Dental Implants Using Finite element Analysis - A Two-Dimensional Comparative Study Examining the Effects of Implant Diameter, Implant Shape, and Load Direction. *J Oral Implantol*. 1998;24(2):80–8.
  25. Cinel S, Celik E, Sagirkaya E, Sahin O. Experimental evaluation of stress distribution with narrow diameter implants : A finite element analysis. *J Prosthet Dent* [Internet]. Editorial Council for the Journal of Prosthetic Dentistry; 2017;1–9. Available from: [http:// dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.04.024](http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.04.024)
  26. de Souza Batista VE, Verri FR, de Faria Almeida DA, Junior JFS, Lemos CAA, Pellizzer EP. Evaluation of the effect of an offset implant configuration in the posterior maxilla with external hexagon implant platform: A 3-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent*.