

# Maksillaya Farklı Açılarda Yerleştirilen İmplantlara Uygulanan Zirkonya-Seramik Kuronların Sonlu Elemanlar Stres Analizi ile Değerlendirilmesi

## Evaluation of Zirconia-Ceramic Crowns Applied to Implants Placed in the Maxilla at Different Angles by Finite Element Stress Analysis

Fatih DEMİRCİ<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-8744-5592>

Sedat GÜVEN<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2739-2281>

Samet TEKİN<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-8883-8307>

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Malatya

<sup>2</sup> Özel Klinik, Diyarbakır

<sup>3</sup> Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Elazığ

**Atıf/Citation:** Demirci, F., Güven, S., Tekin, S., (2021). Maksillaya Farklı Açılarda Yerleştirilen İmplantlara Uygulanan Zirkonya-Seramik Kuronların Sonlu Elemanlar Stres Analizi ile Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 42(3), 191-198.

### ÖZ

**Giriş ve Amaç:** Bu çalışmanın amacı, maksillaya uygulanan implant destekli zirkonya-seramik kuronlarda implantların yerleştirme açısının stres dağılımları üzerindeki etkilerinin karşılaştırılmasıdır.

**Yöntem ve Gereçler:** Karşılaştırma için dikey ve oblik yükleme kuvvetleri kullanılmıştır. Birinci büyük azı dişleri eksik olan maksiller kemiğin, implantların ve zirkonya-seramik kuronların üç boyutlu sonlu elemanlı modelleri kullanıldı. 10 mm uzunluğunda, 3,7 mm çapında dental implantlar modellendi. 300 N yük dikey ve oblik (dikey yönde 30°) yönlerine uygulandı. İmplantların maksimum ve minimum von Mises stres değerleri hesaplandı.

**Bulgular:** En yüksek stres değeri oblik yükleme kuvveti (663,83 MPa) olan 45° açılı, implant destekli modelin zirkonya alt yapısında yoğunlaştığı görüldü. 45° açılı implant destekli zirkonya-seramik kuron modellerin stres değerleri, diğer açılı implant modellerinden (dikey ve 15° açılı) daha yüksek bulundu. Oblik yükleme kuvvetlerine sahip stres değerleri, dikey yükleme kuvvetlerine göre daha yüksek bulundu.

**Tartışma ve Sonuç:** İmplantların maksillaya yerleştirilme açısı arttıkça, hem implantların boyun kısmındaki hem de implant destekli zirkonya-seramik kuronların servikalindeki stresler de artmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu elemanlar analizi, Stres Analizi, Zirkonya-seramik kuronlar, Açılı İmplant

### ABSTRACT

**Introduction:** The purpose of this study was to compare the effects of the insertion angle of implants on stress distributions in implants of maxillar implant-supported zirconia-ceramic crowns.

**Methods:** For comparison, vertical and oblique loading forces were used. Three-dimensional finite-element implant models of a maxillar section of bone with missing first molars and their zirconia-ceramic crowns were used. Dental implants of 10 mm in length, 3.7 mm in diameter were modelled. A load of 300 N was applied toward vertical and oblique (30° to the vertical) directions. Maximum and minimum von Mises stress values of the implants were calculated.

**Results:** The highest stress value was concentrated in the zirconia framework of the maxilla 45o angled implant-supported zirconia-ceramic crown model with the oblique loading force (663,83 MPa). The stress values 45o angled implant-supported models were higher than other angled implant models (vertical and 15° angled). Stress values with oblique loading forces were higher than with vertical loading forces.

**Discussion and Conclusion:** As the angle of placement of the implants in the maxilla increases, stresses increase both in the neck of the implants and in the cervical of the implant-supported zirconia-ceramic crowns.

**Keywords:** Finite element analysis, Stress analysis, Zirconia-ceramic crowns, Angled Implant

Sorumlu yazar/Corresponding author\*: fatihdemirci.dr@gmail.com

Başvuru Tarihi/Received Date: 28.01.2020

Kabul Tarihi/Accepted Date: 03.03.2021

## GİRİŞ

Oral implantolojide başarılı bir tedavi, hem hekim hem de hasta için ortak bir beklentidir. Günümüz diş hekimliğinde teknolojik gelişmelerle birlikte dental implantlar diş kayıplarının tedavisinde, doğala yakın, kullanımı rahat ve komşu dişlerde preparasyona ihtiyaç olmadan uygulanabilmesi gibi büyük avantajlar sağlaması nedeniyle sabit protetik tedavilerde rutin olarak tercih edilmektedir.<sup>1</sup> İmplant destekli sabit protetik restorasyonlarda, fonksiyonel kuvvetler sonucu oluşan stresler restorasyon materyali, abutment ve implant aracılığıyla doğrudan kemiğe iletilir. Bu sebeple kullanılan farklı protetik sistemlerde stres iletim mekanizmaları ve materyaller değişse de oluşacak stresler fizyolojik limitler dahilinde olmalı, aşırı stres birikimi engellenmelidir. Materyallerde veya destek yapıda meydana gelecek streslerin analizi büyük önem taşımaktadır.<sup>1,2</sup>

Protetik restorasyonlar uygulandıktan sonra uzun dönemdeki implant başarısızlıklarının çoğunluğunu biyomekanik komplikasyonlar oluşturmaktadır. Özellikle implant ve çevresindeki kemikteki stres dağılımını etkileyen faktörler; implant materyali, üst yapı, implant tasarımı, implant- kuron oranı, implant-kemik birleşimi ve protetik yaklaşım olarak sayılabilir.<sup>3</sup> Stres dağılımının belirlenmesinde, yukarıda da bahsedildiği gibi birbirinden farklı özellikteki etkenlerin olması ve *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar yapılmasının zorluğundan dolayı bilgisayarlar da modellemeler yapılarak stres dağılımının belirlenmesi kolaylık sağlamaktadır. Bu sebeple implant destekli restorasyonlarda mekaniksel stres dağılımlarının incelenmesinde kullanılan yöntem, üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizidir (SESA). Bu yöntemde, insan materyaline ihtiyaç duyulmamasından maksimum standardizasyon sağlanmaktadır. Ayrıca SESA, bir cismin geometrik yapısının tam olarak temsil edilebilmesi, aynı anda birden çok bölgenin incelenebilmesi ve farklı geometrik özelliklere sahip cisimlerin kolaylıkla incelenebilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır.<sup>4,5</sup>

İmplant destekli restorasyonlarda, sıklıkla metal-seramik restorasyonlar kullanılmaktadır. İmplant destekli protezlerde, tam seramik restorasyonların kullanımında, özellikle posterior dişlerde kırılma problemleri henüz tamamen çözülemediğinden dolayı çok tercih edilmemektedir. Son yıllarda, dayanıklılık ve estetik özellikleriyle, Y-TZP (Yttrium-Tetragonal Zirkonya Polikristalleri) alt yapı restorasyonlar implant destekli protezlerde metal-seramik restorasyonlara alternatif olarak kullanılmaktadır.<sup>6,7</sup>

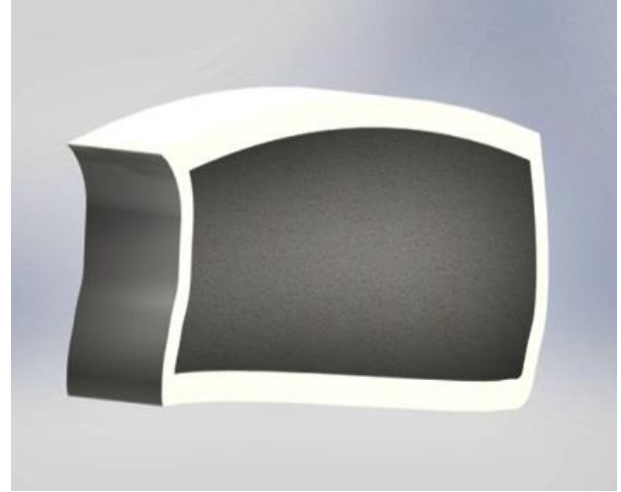
Biyomekanik açıdan daha iyi sonuçlar elde etmek için implantların paralel bir şekilde yerleştirilerek yüklerin implant eksenini boyunca kemiğe aktarılması önemli bir kriter olsa da, anatomik sınırlamalar ve estetik

nedeniyle bu her zaman mümkün olmadığından implantlar açılı yerleştirilebilmektedir. İmplantlar, açılı bir şekilde yerleştirildiğinde, oblik kuvvetlerin yoğunluğu, implantın servikalinde olacağından, kemik rezorpsiyonuna ve kırıklara daha kolay neden olabilmektedir.<sup>8</sup>

Bu çalışmada bukko-palatinal yönde dik, 15° ve 45° olmak üzere üç farklı açıda maksillaya yerleştirilen dental implantlara ve bunlara uygulanan zirkonya-seramik kuronlarda oluşan streslerin 3 boyutlu sonlu elemanlar stres analizi (SESA) kullanılarak incelenmesi amaçlandı.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

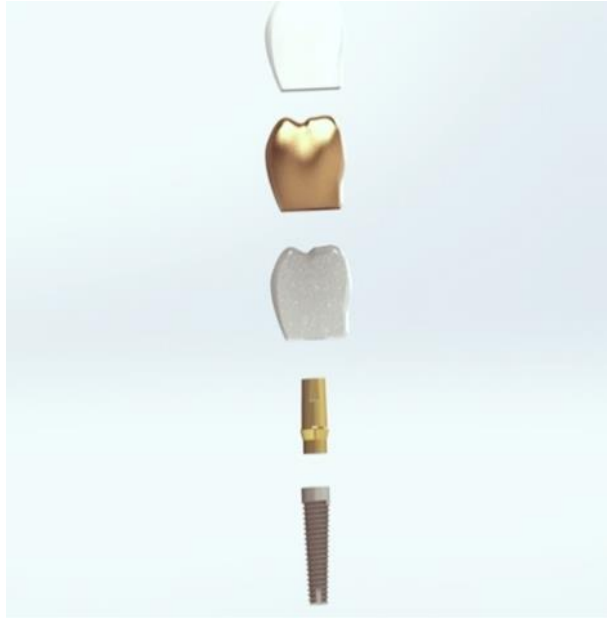
Kemik, implant, altyapı ve oklüzal yüzey materyallerini oluşturmak için üç boyutlu tetrahedral yapısal katı modeller kullanıldı. Çalışmamızda maksillanın etrafında 1 mm kortikal kemik ve altında D3 özelliğe sahip spongiöz kemik modellendi (Resim 1).



Resim 1. Üç boyutlu maksilla modeli

Titanyumdan üretilen dental implant ve abutment (Zimmer Dental, Carlsbad, CA, ABD), Next Engine (Next Engine Inc, Santa Monica, CA, ABD) lazer tarayıcısında taranıp modellendi ve Rhinoceros 4.0 (Rhinoceros 4.0, McNeel North America, Seattle, WA, ABD) yazılım programıyla model bilgisayar ortamına aktarıldı. 3,7 mm çapında 10 mm uzunluğundaki dental implantlar (Zimmer Dental, Carlsbad, CA, ABD), Next Engine lazer tarayıcısıyla taranıp Rhinoceros 4.0 yazılımıyla bilgisayar ortamına aktarıldı. Bu implantlar maksillaya sanal ortamda bukko-palatinal yönde dik, 15° ve 45° olarak 3 farklı açıyla birinci molar diş bölgesi referans alınarak yerleştirildi. Maksilla yerleştirilen bu implantlara yine sanal ortamda abutment yerleştirildi. Wheeler Diş Anatomisi Atlası'ndan<sup>9</sup> alınan diş

geometrisi ve görüntüleri Rhinoceros 4.0 ( Rhinoceros 4.0, McNeel North America, Seattle, WA, ABD) yazılımına aktarılarak kuron modeli elde edildi ve altındaki abutment ile uyumlaması yapılarak üst yapı elde edilmiş oldu. İmplant üstü protez tipi olarak zirkonya-seramik kuronlar seçildi. Kuron çapı ve uzunluğu, sırasıyla 8 ve 6 mm olarak belirlendi. Zirkonya Y-TZP alt yapı (Nobel-Procera, NobelBiocare AB, Goteborg, İsveç) abutmentin üzerine yerleştirildi. Sırasıyla, oklüzal kalınlığı minimum 1 ve maksimum 2 mm olacak şekilde anatomik forma uygun olarak hazırlandı. Zirkonya alt yapının, minimum 0,8 mm kalınlıkta olması sağlandı. Zirkonya alt yapının üzerine Feldspatik porselen (Ceramco II, Dentsply, Burlington, NJ, ABD) yerleştirildi, Elde edilen zirkonya-seramik kuronların abutment ile olan uyumu Rhinoceros 4.0 Rhinoceros 4.0, McNeel North America, Seattle, WA, ABD) yazılımı kullanılarak, bir polikarboksilat (Adhesor Carbofine Spofa Dental, Frankfurt, Almanya) siman ile bağlantı kuruldu (Resim 2).

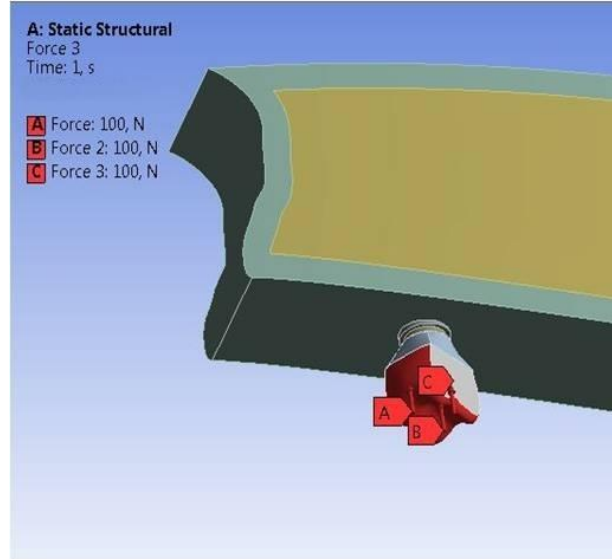


Resim 2. Üç boyutlu modellemeler

Bu çalışma modelleri Next Engine lazer tarayıcısıyla taranıp Rhinoceros 4.0 yazılımıyla bilgisayar ortamına aktarıldı. Üst çene birinci molar bölgesine sentrik oklüzyonda; palatinal tüberkül, mesial fossa ve distal fossa bölgelerine dikey ve oblik şekilde üç ayrı noktadan bütün modellere aynı anda, 100'er N'luk toplamda 300 N kuvvet uygulandı (Resim 3). İmplantların üst yapıları sanal ortamda yerleştirildikten sonra ANSYS programı (ANSYS Rel.6.0, ANSYS Inc, Houston, TX, ABD) ile stres analizleri değerlendirildi.

Stres düzeyleri implantlar, abutmentler, altyapı ve porselen gibi sert malzemelerle de kullanımında uygun olan von Mises stres değerleri kullanılarak hesaplandı.

Çalışmamızda kullanılacak tüm materyallerin (kortikal kemik, spongios kemik, titanyum implant, zirkonya alt yapı, feldspatik porselen, polikarboksilat siman) Young'ın modülleri ve Poisson'un oranları literatürden<sup>10,11</sup> belirlendi ve Tablo 1'de gösterildi. Toplamda 12 model oluşturuldu. Her biri için maksimum ve minimum von Mises stres değerleri hesaplandı.



Resim 3. Maksilla modeline uygulanan açılı kuvvet ve miktarı

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyallerin Young's modülü (elastisite modülü) ve Poisson oranları<sup>10,11</sup>

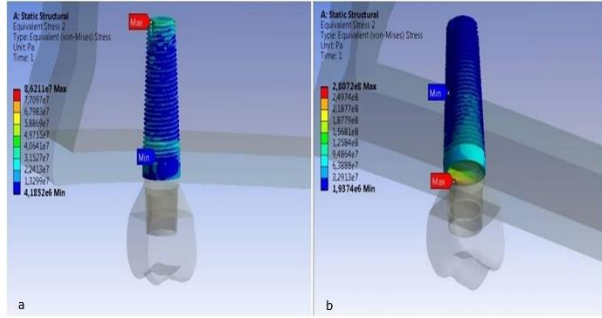
Materyal	Elastisite Modülü	Poisson Oranı
<b>Kortikal Kemik</b>	13,7 GPa	<b>0,30</b>
<b>Spongios Kemik</b>	1,10 GPa	<b>0,30</b>
<b>Titanyum İmplant ve Abutment</b>	114 GPa	<b>0,34</b>
<b>Zirkonya</b>	210 GPa	<b>0,33</b>
<b>Feldspatik Porselen</b>	82,8 GPa	<b>0,35</b>
<b>Siman</b>	5 GPa	<b>0,35</b>

### 3. BULGULAR

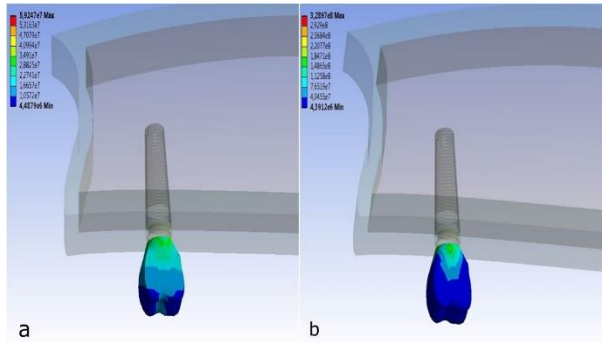
3.1. Maksillaya dik açıda yerleştirilen implantların üzerine uygulanan dik ve oblik kuvvetler sonucu açığa çıkan von Mises stres değerleri

İmplantlarda elde edilen stres analizlerine göre; dik açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum Von Mises stres apikalde 86,21 MPa iken (Resim 4a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres boyun bölgesinde 280,72 MPa olarak elde edildi (Resim 4b).

Zirkonya alt yapı üzerinde elde edilen stres analizlerine göre; dik açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 59,24 MPa iken (Resim 5a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 328,97 MPa olarak elde edildi (Resim 5b).

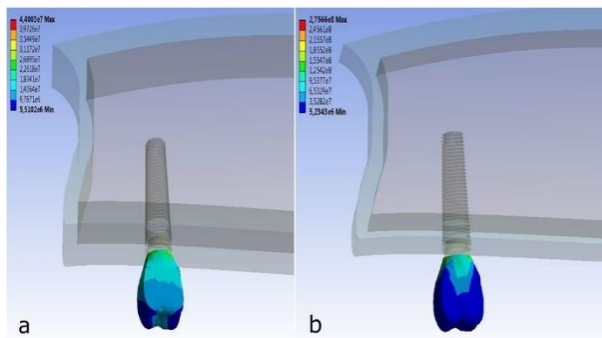


**Resim 4.** Maksillaya dik yerleştirilen implant üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu oluşan maksimum-minimum von Mises stres değerleri.



**Resim 5.** Maksillaya dik yerleştirilen zirkonya alt yapı üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu oluşan maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

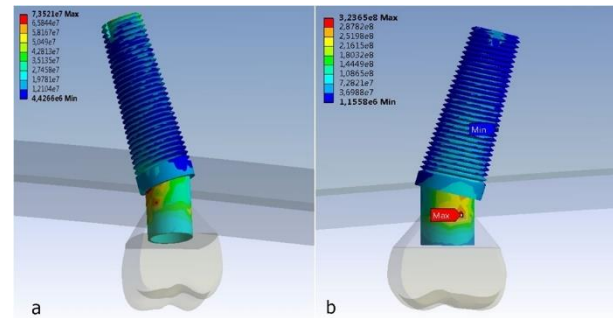
Porselen üzerinde elde edilen stres analizlerine göre; dik açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 44 MPa iken (Resim 6a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 275,66 MPa olarak elde edildi (Resim 6b).



**Resim 6.** Maksillaya dik yerleştirilen porselen üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

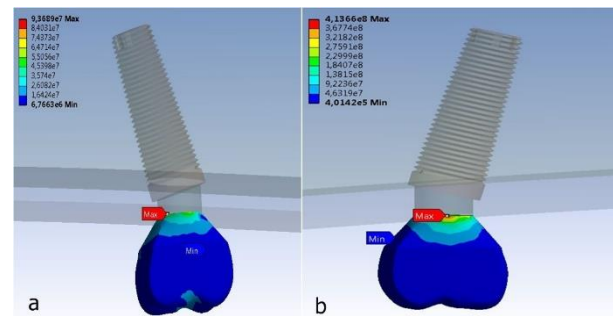
3.2. Maksillaya yerleştirilen 15° açıyla implantlar üzerine uygulanan dik ve oblik kuvvetler sonucu açığa çıkan von Mises stres değerleri:

İmplantlarda elde edilen stres analizlerine göre; 15° açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres boyun bölgesinde (implant ve abutment birleşim noktasında) 73,52 MPa iken (Resim 7a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres abutment üzerinde 323,65 MPa olarak elde edildi (Resim 7b).



**Resim 7.** Maksillaya 15° açıyla yerleştirilen implant üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu oluşan maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

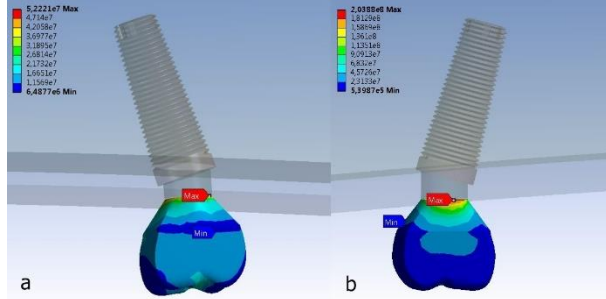
Zirkonya alt yapı üzerinde elde edilen stres analizlerine göre; 15° açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 93,68 MPa iken (Resim 8a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 413,66 MPa olarak elde edildi (Resim 8b).



**Resim 8.** Maksillaya 15° açıyla yerleştirilen zirkonya alt yapı üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu oluşan maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

Porselen üzerinde elde edilen stres analizlerine göre; 15° açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet

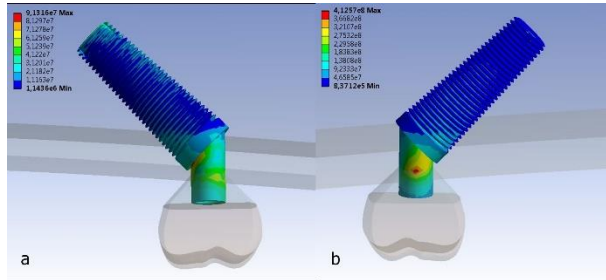
uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 52,22 MPa iken (Resim 9a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 203,88 MPa olarak elde edildi (Resim 9b).



**Resim 9.** Maksillaya 15° açılı yerleştirilen porselen üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

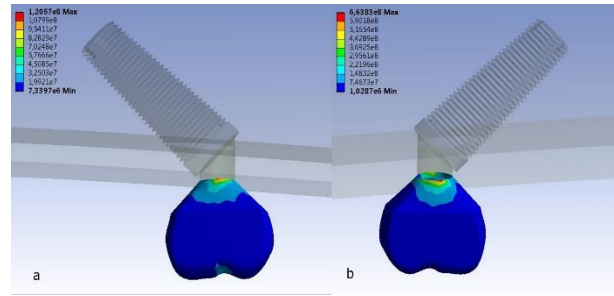
*3.3. Maksillaya yerleştirilen 45° açılı implantlar üzerine uygulanan dik ve oblik kuvvetler sonucu açığa çıkan von Mises stres değerleri:*

İmplantlarda elde edilen stres analizlerine göre; 45° açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres implant-abutment birleşim noktasında 91,31 MPa iken (Resim 10a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres abutment üzerinde 412,57 MPa olarak elde edildi (Resim 10b).



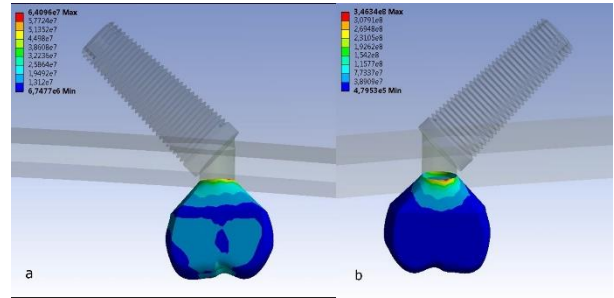
**Resim 10.** Maksillaya 45° açılı yerleştirilen implant üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

Zirkonya alt yapı üzerinde elde edilen stres analizlerine göre; 45° açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 120,57 MPa iken (Resim 11a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 663,83 MPa olarak elde edildi (Resim 11b).



**Resim 11.** Maksillaya 45° açılı yerleştirilen zirkonya alt yapı üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

Porselen üzerinde elde edilen stres analizlerine göre; 45° açıda yerleştirilen implant ve dik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 64,09 MPa iken (Resim 12a), oblik yönde kuvvet uygulanan modellerde maksimum von Mises stres servikalde 346,34 MPa olarak elde edildi (Resim 12b).



**Resim 12.** Maksillaya 45° açılı yerleştirilen porselen üzerine uygulanan dik (a) ve oblik kuvvetler (b) sonucu maksimum-minimum von Mises stres değerleri.

İmplant, zirkonya alt yapı ve porselenler üzerindeki maksimum-minimum von Mises stres değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Oblik yükleme yapılan modeller dik yükleme yapılan modellere göre, kortikal kemik, implantlar, zirkonya alt yapıların stres değerleri belirgin şekilde yüksek çıkmıştır. Açılı yerleştirilen implantlarda; kuvvetin dik uygulandığı üç boyutlu modellerde, kuvvetin oblik uygulandığı modellere göre implantta daha az stres birikimi olduğu tespit edilmiştir. Oblik yükleme yapılan modellerde, dik yükleme yapılan modellere oranla implantların stres seviyelerinde belirgin bir artış olmuştur. Kortikal kemiğin mevcut olduğu üç boyutlu modellerde, en yüksek stres değerleri, implantın kortikal kemiğe ilk temas ettiği kısımlarda (boyun bölgesinde) tespit edilmiştir. Zirkonya alt yapılar da porselenlerde stres servikal bölgede yoğunlaşmıştır.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan materyaller üzerindeki dik ve oblik kuvvetler sonucu maksimum-minimum von Mises stres değerleri

		DİK KUVVET(MPa)			OBLİK KUVVET(MPa)		
		Dik implant	15° açılı implant	45° açılı implant	Dik implant	15° açılı implant	45° açılı implant
Maksimum stres değerleri	İmplant	86,21	73,52	91,31	280,72	323,65	412,57
	Zirkonya	59,24	93,68	120,57	328,97	413,66	663,83
	Porselen	44	52,22	64,09	275,66	203,88	346,34
Minimum stres değerleri	İmplant	4,18	4,42	1,14	1,93	1,15	0,83
	Zirkonya	7,33	6,76	6,53	1,02	4,01	1,49
	Porselen	6,74	6,48	6,42	0,47	0,53	1,23

#### 4. TARTIŞMA

İmplantlarda uygun stres dağılımının sağlanabilmesi için implantlar üzerine gelen kuvvetler implantın uzun eksenine paralel gelmelidir. Ancak ağız içinde bunun ideal bir şekilde gerçekleşmesi çok zordur. Eğimlere sahip oklüzal yüzeylerin, gelen kuvvetleri dikey ve yatay bileşenlere ayırması her koşulda implantların üzerine uzun aksı dışında aşırı yüklemeye ile karşılaşılmasına neden olur. Bunun yanında başta anatomik sınırlamalar olmak üzere birçok etken nedeniyle implantlar her zaman istenen açıda yerleştirilemeyebilir.<sup>12</sup> Canay ve ark.<sup>13</sup> göre açılı yerleştirilen implantlarda oblik kuvvet, dik yerleştirilen implantlara göre, kemik tepesindeki basınç stresi çok daha fazla bulunmuştur. Liu ve ark.<sup>14</sup> implantların açılı yerleştirilmesinin servikal bölgedeki stresleri arttırdığını ve özellikle distale açılı implantlardaki stres değerlerinin meziale açılı implantlara göre çok daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamız da artan implant açısına bağlı olarak implantların servikal bölgelerinde stres değerleri yüksek bulunmuştur.

Stres analiz yöntemiyle yapılan çalışmalarda en önemli dezavantaj doğal yapıların modellenmesinde aslında büyük farklılıklar gösterebilen bazı faktörlerin sabit olarak kabul edilmesi gerekliliğidir.<sup>10,11</sup> Çalışmamızda da çene kemiklerinin homojen ve izotropik varsayılması gibi implant kemik yüzeyinin de %100 osseointegre kabul edilmesi klinik olarak her zaman gerçekleşmeyen bir durumdur. Bu nedenle bu tarz çalışmaların klinik koşullara uyarlanmasında stres analiz yönteminden kaynaklanan eksiklikler göz önünde bulundurulmalıdır.

Kregzde, ideal implant yerleşimi ve açısını değerlendirmek için üç boyutlu sonlu eleman analizi yönteminin kullanılmasını önermiştir. İmplant açısının ve yerleşiminin implant üstü protezlerin uzun dönem başarısında etkili olduğu, bu nedenle dikkatli planlama yapılması gerektiğini bildirmiştir.<sup>15</sup>

İmplant destekli protez uygulamalarında mekanik komplikasyonlar genellikle, implant ve implant parçalarına uygulanan aşırı yükler nedeniyle oluşmaktadır. İmplantlara uygulanan şiddetli ve uzun eksen dışındaki yükler; implant, abutment ve protetik yapıların yapısal bütünlüğünü etkileyebilmektedir.<sup>16</sup> Bu aşırı yükler altında protetik sistemin en zayıf parçası seramik materyalidir. Seramikteki kırıklar, oldukça sık rastlanılan bir mekanik komplikasyondur.<sup>17</sup> Yaptığımız çalışmada da implantların uzun eksen dışındaki oblik yüklerde, porselen üzerinde yoğun stresler görüldü. Özellikle her koşulda servikal bölgede yoğunlaşan, servikalden oklüzale doğru azalan stres değerleri tespit edildi.

Seramikteki kırılma, özellikle posterior bölgede gerilim tipi streslere karşı direncini düşürmekte ve zirkonya-seramik restorasyonlarda da çatlak ve kırıklara sebebiyet vermektedir. Zirkonya-seramiklerde en sık karşılaşılan problemlerden biri alt yapı kırıklarıdır.<sup>7</sup> Schwarz ve ark.<sup>18</sup> zirkonya-seramik kuronların başarı oranını % 86,8 olarak metal-seramik restorasyonlara göre daha düşük bulmuşlardır. Sannino ve ark.<sup>10</sup> yaptıkları bir çalışmada, Y-TZP alt yapılarda stres değerleri, oklüzalden dişeti bölgesine doğru artış gösterdiğini ve alt yapı kırıklarının dişeti bölgesinde olabileceğini bildirmiştir. Datte ve ark.<sup>19</sup> ise üst birinci molar diş bölgesine yerleştirilen implantlara uygulanan zirkonya-seramik kuronlarda hem restorasyonlarda hem de implantlarda servikal bölgede stres miktarının yüksek olduğu bildirmiştir. Arinc<sup>20</sup> yaptığı çalışmada ise zirkonya alt yapılara oblik oklüzal kuvvetlerde stres miktarının daha fazla arttığını bildirmiştir. Fakat çalışmada Co-Cr alt yapılarla benzer stres değerleri olduğunu bildirmiştir. Bunun sebebinin de çalışmada 3 üyeli zirkonya ve Co-Cr alt yapı sabit köprü protezi modellenmesine bağlı olarak oklüzal kuvvetlerin dengeli ve geniş bir yüzeye dağılmasından kaynaklanıyor olabilir. Yaptığımız çalışmada, posterior bölgeye implant destekli restorasyonda, vertikal ve oblik kuvvet yüklemesinde Y-TZP alt yapının servikal bölgelerinde yüksek stres değerleri görüldü. Özellikle implant

yerleştirilme açısının artmasıyla zirkonya alt yapılarıdaki stres değerlerinde belirgin bir artış tespit edilmiştir.

Cardelli ve ark.<sup>21</sup> yaptıkları çalışmada ise, zirkonya-seramik protezlerin yüksek estetik memnuniyete ve iyi bir klinik performansa sahip olduğunu fakat iyi bir şekilde dizayn edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Zirkonya-seramik protezler, çiğneme süresince değişken yüklere maruz kalmaktadır. Uygun bir şekilde dizayn edildiğinde daha uzun vadeli klinik performansa sahiptir.<sup>7</sup>

Bu çalışmanın limitasyonları: sıcaklık, kas aktivitesi, pH değişimi gibi ağız ortamındaki faktörlerin tam olarak yansıtılmaması, üst çene yapısının homojen ve implantların %100 osseointegre olarak kabul edilmesi sayılabilir. Bu sınırlamalar sonuçları geçersiz kılmasa da,

bunların dikkate alınması gerekmektedir.

## 5. SONUÇ

İmplantların maksillaya yerleştirilme açısı arttıkça, hem implantların boyun kısmındaki hem de implant destekli zirkonya-seramik kuronların servikalindeki stresler de artmaktadır. Yeterli kortikal kemik varlığında, implantların mümkün olduğunca alveol kemiğine dik yerleştirilmesi biyomekanik açıdan çok önemlidir. Klinik ve anatomik faktörler elverişli olduğu sürece implantların açılı yerleştirilmesinden kaçınılmalıdır. İmplant destekli protezlerde hangi materyal ve tasarımın implant ve restorasyonların servikal bölgelerinde daha az stres oluşturacağıyla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- Misch CE. Dental Implant Prosthetics. 2nd Ed., Elsevier Mosby, ABD, 2014, p. 46-65.
- Şahin S, Çehreli MC, Yalçın E. The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses-A review. *J Dent* 2002;30:271-82.
- Sykaras N, Iacopino AM, Marker VA, Triplett RG, Woody RD. Implant materials, designs and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:675-90.
- Sivrikaya EC, Güler MS, Bekçi ML. Stress Distribution of Dental Implants in Lateral or Canine Areas: A Three-Dimensional Finite Element Analysis. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2019;40:141-46.
- Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001;85:585-98.
- Rekow ED, Silva NR, Coelho PG, Zhang Y, Guess P, Thompson VP. Performance of dental ceramics: challenges for improvements. *J Dent Res* 2011;90:937-52.
- Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, Chung KH. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2012;107:170-7.
- O'Mahony A, Bowles Q, Woolsey G, Robinson SJ, Spencer P. Stress distribution in the single-unit osseointegrated dental implant: finite element analyses of axial and off-axial loading. *Implant Dent* 2000;9:207-18.
- Ash MM, Nelson N. Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion. 8th ed. Philadelphia (PA): Saunders; 2002.
- Sannino G, Pozzi A, Schiavetti R, Barlattani A. Stress distribution on a three-unit implant-supported zirconia framework. A 3D finite element analysis and fatigue test. *Oral Implantol* 2012;5:11-20
- Baggi L, Cappelloni I, Di Girolamo M, Maceri F, Vairo G. The influence of implant diameter and length on stress distribution of osseointegrated implants related to crestal bone geometry: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2008;100:422-31.
- Jeong CM, Caputo AA, Wylie RS, Son SC, Jeon YC. Bicortically stabilized implant load transfer. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:59-65.
- Canay S, Hersek N, Akpınar I, Aşık Z. Comparison of stress distribution around vertical and angled implants with finite-element analysis. *Quintessence Int* 1996;27:591-8
- Liu X, Pang F, Li Y, Jia H, Cui X, Yue Y, Yang X, Yang Q. Effects of Different Positions and Angles of Implants in Maxillary Edentulous Jaw on Surrounding Bone Stress under Dynamic Loading: A Three-Dimensional Finite Element Analysis. *Comput Math Methods Med* 2019; 2019: 8074096. Published online 2019 Dec 17. doi: 10.1155/2019/8074096
- Kregzde M. A method of selecting the best implant prosthesis design option using three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993; 8:662-73.
- Eraslan O, Inan O, Secilmis A. The Effect of Framework Design on Stress Distribution in Implant-Supported FPDs: A 3-D FEM Study. *Eur J Dent* 2010;4:374-82.
- All-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *J Prosthet Dent* 2004;91:349-55.

18. Schwarz S, Schröder C, Hassel A, Bömicke W, Rammelsberg P. Survival and chipping of zirconia-based and metal-ceramic implant-supported single crowns. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:1:119-25.
19. Datte CE, Tribst JP, Dal Piva AO, Nishioka RS, Bottino MA, Evangelhista AM, Monteiro FMM, Borges AL. Influence of different restorative materials on the stress distribution in dental implants. *J Clin Exp Dent*. 2018 May 1;10:e439-e444.
20. Arinc H. Implant-Supported Fixed Partial Protheses With Different Prosthetic Materials: A Three-Dimensional Finite Element Stress Analysis. *Implant Dent* 2018;27:303-310.
21. Cardelli PL, Vertucci V, Balestra F, Montani M, Arcuri C. Mechanical evaluation and fem analysis of stress in fixed partial dentures zirconium-ceramic. *Oral Implantol* 2014;6:55-62.