

# Kanat Uzantılı İmplant Destekli Sabit Restorasyonlarda İki Farklı Üst Yapı Materyalinin Karşılaştırılması

## Comparison of Two Different Restoration Materials Over Implant Supported Cantilever Bridges

Serhat Emre ÖZKIR,<sup>a</sup>  
Ahmet Kürşat ÇULHAOĞLU,<sup>b</sup>  
Işın KÜRKÇÜOĞLU<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Bozüyük Devlet Hastanesi,  
Diş Tedavi ve Protez Merkezi, Bilecik  
<sup>b</sup>Serbest, Ankara

<sup>c</sup>Protetik Diş Tedavisi AD,  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi, Isparta

Geliş Tarihi/Received: 03.01.2010  
Kabul Tarihi/Accepted: 03.02.2010

*Bu çalışmanın bazı bölümleri 12. Balkan Stomatological Society (BaSS), İstanbul, Türkiye Kongresi'nde sunulmuştur.*

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Serhat Emre ÖZKIR  
Bozüyük Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi,  
Bilecik,  
TÜRKİYE/TURKEY  
emreozkır@yahoo.com

**ÖZET Amaç:** İmplant üstü restorasyonlarda kanat uzantılarının kullanımından mümkün olduğu kadar kaçınmak gerekse de, bazı durumlarda bu tip restorasyon uygulaması gerekebilir. Bu tip restorasyonlar, implantlar üzerinde büyük stres yoğunlaşmalarına neden olur. Kanat uzantılarının kullanılması gereken durumlarda implantlar üzerindeki stres yoğunlaşmasını azaltmak için çeşitli kurallara bağlı kalmak gerekir. Bunların yanı sıra düşük elastik modülüse sahip yapılar, daha iyi stres iletimi, implant-kemik birleşim bölgesindeki gerinimlerde azalmaya neden olur. Bu çalışma da, implant üstü kanat uzantılı restorasyonlarda kullanılan üst yapı materyallerinin stres dağılımı üzerindeki etkilerini analiz etmek amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada stres dağılımlarını değerlendirmek amacıyla 3 boyutlu sonlu elemanlar stres analizi (FEA) kullanıldı. İmplantlar boyun bölgesinde mikroyivler bulunan standart silindirik implant olarak şekillendirildi. Üst yapılar, destek üyeleri mandibüler premolar, kanat uzantısı mandibüler 1. molar olarak şekillendirildi. Üst yapı materyalleri olarak metal destekli porselen ve fiber destekli kompozit kullanıldı ve bu doğrultuda iki model oluşturuldu. Yükleme, fonksiyonel tüberküller üzerinden, statik 150 N kuvvet uygulanarak yapıldı. **Bulgular:** En yüksek stres değerleri distal implantların çevresindeki kortikal kemikte gözlenmiştir. Mezialdeki implantta baskı stresleri çok daha düşük düzeydedir. Her iki üst yapı materyali kullanımında da stres yoğunlaşmaları ve dağılımları benzer olarak izlenmiştir. Konvansiyonel metal-porselen üst yapıya sahip restorasyonlarda (10.07 N/mm<sup>2</sup>) stres yoğunlaşmaları fiber destekli kompozit rezin restorasyona (9.81 N/mm<sup>2</sup>) göre daha yüksektir. En büyük fark, üst yapıların bünyelerindeki stres yoğunlaşmaları ve aralarındaki deformasyon miktarıdır. **Sonuç:** Üst yapı materyalini değiştirmenin statik yüklemeye altında stres yoğunlaşması ve dağılımı üzerinde belirgin etkisi olmamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Diş implantları; sınırlı eleman analizi; bileşik diş rezini

**ABSTRACT Objective:** Although cantilever fixed partial dentures (FPDs) should be avoided as much as possible, in some cases they have to be used. The loads coming over the cantilever causes great stresses around the implants which should be avoided. If cantilevers should be used, there are some rules that ought to be obeyed in order to minimize the stress concentrations around the implants. Beside these lower-elastic modulus frameworks would ensure a better stress transfer, decrease the strain placed on the dental implant/bone interface. This study aimed to analyze the influence of superstructure materials over stress distribution around the implants. **Material and Methods:** 3D finite element analysis (FEA) was used to evaluate the stress distributions in the in the study. Implants were shaped as standard cylindrical screw type implants with microthreads around implant neck. One of the restorations was designed as conventional metal porcelain (CMP) while the other one was fiber reinforced composite. A static load of 150 N was applied over the restoration vertically on the functional tubercles. Superstructures were structured as mandibular premolars and molar as cantilever. Metal-porcelain and fiber reinforced superstructures were build up as two separate models. Loads were applied over the functional tubercles with a static load of 150 N. **Results:** Highest stress concentrations were observed at the cortical bone around the distal implants. Stresses around the mesial implant were much lower than they were around the distal implant. Stress patterns were similar and stress concentrations were alike. conventional metal porcelain restoration was slightly higher (10.07 N/mm<sup>2</sup>) than it was around the FRC restoration (9.81 N/mm<sup>2</sup>). The most significant difference was the stress concentrations inside the superstructures and dislocation of the restorations. **Conclusion:** There was no significant difference between FRC and conventional metal porcelain at stress distribution.

**Key Words:** Dental implants; finite element analysis; composite dental resin

İmplant destekli restorasyonların uzun dönem başarısını etkileyen önemli faktörlerden biri biyomekaniktir.<sup>1-3</sup> Restorasyonun tamamlanmasının ardından, uzun dönem başarısızlıkları daha çok biyomekanik faktörlere dayanır.<sup>4</sup> Bununla birlikte biyomekanik kavramları sınırlı bilgi ve örneklerle ve klinik gözlemler ve deneylerle anlamak güçtür.<sup>2</sup>

İmplant mekanik bir yapı iken, yerleştirildiği kemik biyolojik bir yapıdır. Bu iki sistemin birlikte iş görebilmesi bazı kriterlerin yerine getirilmesiyle olabilir. İmplant destekli restorasyonlarda biyomekanik etkiler çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar; kuvvetin yönü, kuvvetin şiddeti, protez tipi, protez materyali, implant tasarımı, destek implantların sayısı ve dağılımı, kemik yoğunluğu, karşıt arktaki dentisyon, kemik-implant birleşiminin mekanik özellikleridir.

Genel görüş, oklüzal kuvvetlerin lokalizasyonu ve büyüklüğünün kemik-implant kompleksindeki stres ve gerinimleri etkilediği doğrultusundadır. Kuvvetlerin biyolojik etkilerini değerlendirirken bunun kaynağının bilinmesi önemlidir. Bir implant destekli restorasyon harici (fonksiyonel ve parafonksiyonel) ve/veya dâhili kuvvetlerin etkisi altında olabilir.<sup>4</sup> Başarı ya da başarısızlıktaki kilit faktör kemiğe iletilen streştir.

Kemik-implant bağlantı bölgesine iletilen kuvvet, yüklemenin tipine, implant ve protezin materyal özelliklerine, çevre kemiğin yapısına ve miktarına, implant geometrisine, uzunluğuna, çapına ve yüzey özelliklerine bağlıdır.

İmplantlar üzerinde yükler, lokalizasyonlarına göre değişiklik gösterir. Posterior bölgedeki implantların aşırı yüklenme riski anteriora yerleştirilenlere göre daha fazladır.<sup>4</sup> En ciddi stresler ise kanat uzantıları kullanıldığında ortaya çıkar. Bununla birlikte birçok olguda, başka bir implant kullanılmadığında, kanat uzantısı kullanmak gerekebilir. Kanat uzantılarında implantı yerinden çıkmaya zorlayan kuvvetler gelen vertikal yükün %40'ına kadar çıkabilmektedir.<sup>5</sup> İmplant kaybına neden olabilecek en düşük stres değeri normal oklüzal kuvvetin iki katıdır.

Kanat uzantılı restorasyon uygulandığında, zararlı etkilerin en aza indirilmesi için oklüzal tabla

daraltılmalı, oklüzal kontaklar azaltılmalı ve lateral hareketlerde temas kaldırılmalıdır.<sup>6</sup> Aynı zamanda implant boyundaki 1/3 kadar azalma, kanat uzantısının 1/2 azalmasına neden olacaktır.

Dizayndan bağımsız olarak, implant-protez kompleksi oklüzal kuvvetleri peri-implant kemiğe iletir. Burada protezde kullanılan materyallerin kuvvet absorpsiyon yetenekleri ön plana çıkar. Porselenler pratikte rutin olarak kullanılırken, gelen kuvvetleri absorbe etmez ve direkt alt yapılara iletir. Zaman içinde restorasyonların akrilik dişlerden yapılması ya da oklüzal yüzeylerin akrilikten şekillendirilmesi gündeme gelmiştir.<sup>7</sup> Akriliklerin kuvvet absorpsiyon özellikleri, çarpma kuvvetlerinde kemikte mikro çatlaklar oluşmasını engeller. Ancak aşınmaya karşı düşük dirençleri uzun dönemde prematür kontaklar oluşmasına neden olacaktır. Geçtiğimiz yıllar içerisinde, ortaya çıkan gelişmelerle kompozit rezinler ve cam modifiye kompozit rezinler implant üstü protezlerde yeni üst yapı materyalleri olarak ortaya çıkmıştır.<sup>8</sup> Porselenin artışı statik yüklemde daha üstün olmasıdır. Metal alt yapının kalınlığı da oluşan stresler açısından önemlidir. Daha ince metal alt yapılarda daha fazla stres değerleri oluşmaktadır. Parsiyel dişsiz olguların tedavisinde porselen kronlar kullanılması düşünüldüğünde oklüzal kontakların otopolimerizan akrille şekillendirilebileceği tarzında görüşler vardır.<sup>8</sup>

Metallerin elastik modülüsü kortikal ve kansellöz kemikten 7-50 kat daha fazladır. Fiber takviyeli kompozit kortikal kemiğin 1/6'sı kadardır. Düşük elastik modülüse sahip yapılar, daha iyi stres iletimi, implant-kemik birleşim bölgesindeki gerinimlerde azalmaya neden olur.

Bu çalışmada, implant destekli restorasyonlarda kullanılan kanat uzantılarında, üst yapı materyalinin değiştirilmesinin, implantlara iletilen kuvvetlerde ve çevredeki kemik dokudaki stres dağılımına ve konsantrasyonlarında etkisi olup olmadığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

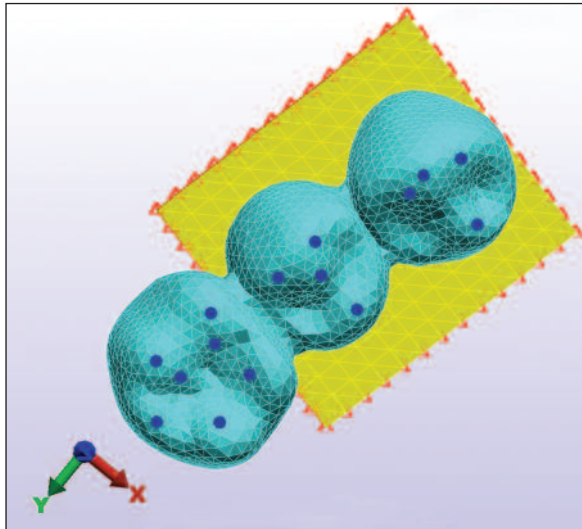
### SONLU ELEMAN MODELLERİ

İki implant, çevre kemik ve üst yapılarının matematik modellerinin oluşturulmasında grafik işlem

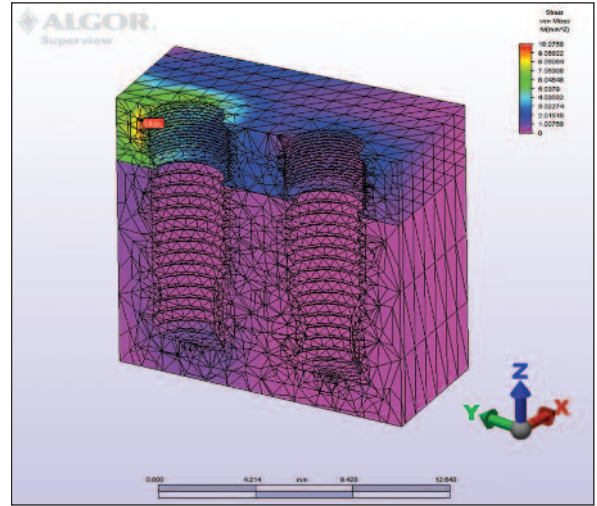
yazılımı yazılımı (Algor FEMPro V20, Autodesk, Inc. 150 Beta Drive, Pittsburgh, PA, USA) kullanıldı. Kemik modelleri, kansellöz kemik ve iki mm kalınlığında kortikal kemikten oluşturuldu. 4 mm çapında ve 11 mm boyunda silindirik implantlar (Astratech, Mölndal, İsveç) matematiksel olarak oluşturuldu. Birbirlerinden 7 mm uzaklıkta yerleştirilen iki implantın üst yapıları mandibüler birinci ve ikinci premolar olarak şekillendirilirken, birinci molar diş kanat uzantısı olarak şekillendirildi. Üst yapı materyalleri olarak porselen ve fiber destekli kompozit kullanıldı. Tüm materyaller izotropik, homojen ve linear elastik olarak düşünüldü.<sup>11,12</sup> İmplant-abutment kompleksi ve siman kalınlığı modeli sadeleştirmek için ihmal edildi.<sup>9,10</sup> İmplantlar %100 osseointegre kabul edildi. Bu özellikler kemik için kompleks modeller oluşturabilmeye olanak sağladı (Tablo 1).

**TABLO 1:** Elastisite modülüsleri ve poissons oranları.

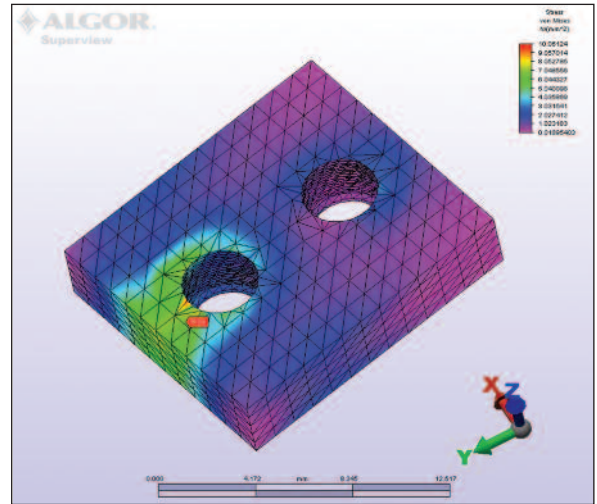
	Elastisite modülüsü	Poisson oranı
Ni-Cr	20.5 GPa	0.33
Porselen	70 GPa	0.28
Kortikal kemik	1.37 GPa	0.3
Kansellöz kemik	0.13 Gpa	0.3
Kompozit	12.3 GPa	0.24
Fiber	40 GPa	0.25



**ŞEKİL 1:** Yükleme noktaları.



**ŞEKİL 2:** Kortikal kemikteki stres yoğunlaşmaları (metal-seramik). Stresler kanat uzantısına yakın implant çevresinde yoğunlaşmıştır.



**ŞEKİL 3:** Kortikal kemikteki stres yoğunlaşmaları. Oklüzal görünüm (metal-seramik).

## YÜKLEME KOŞULLARI

Daha önceki çalışmalara dayanarak tek noktadan yükleme yapmak yerine genel oklüzal kuvvet uygulaması seçildi. Modele vertikal olarak 150 N yüklendi. Yükleme, fonksiyonel tüberküllerden aynı anda yapıldı ve statik yükleme uygulandı. Stres seviyeleri von Mises stres değerleri kullanılarak hesaplandı (Şekil 1).

## BULGULAR

### PORSELEN RESTORASYONLARDA YÜKLEME

Streslerin daha çok distal implant çevresinde yoğunlaştığı izlendi. En yüksek stres yoğunlaşması

(10.07 N/mm<sup>2</sup>) distal implantın distalinde, kortikal kemikte gözlemlendi (Şekil 2, 3). Mezialdeki implant çevresindeki stres yoğunlaşmalarının (3.02 N/mm<sup>2</sup>), distaldeki implanta göre (8.06 N/mm<sup>2</sup>) çok daha düşük olduğu gözlemlendi. Kansellöz kemikte maksimum stres distal implantın apikalinde gözlemlendi. Mesial implant çevresinde kompresif stres yoğunlaşmalarının çok düşük (2.01 N/mm<sup>2</sup>) olduğu gözlemlendi (Şekil 2, 3).

### FİBER DESTEKLİ KOMPOZİT RESİN RESTORASYONLARDA YÜKLEME

Stresler porselen restorasyonlardakine benzer şekilde, daha çok distal implant çevresinde yoğunlaşmıştır. Maksimum stres (9.81 N/mm<sup>2</sup>) distaldeki implant çevresinde, kortikal kemikte gözlenmiştir. Mesialdeki implant çevresinde stres yoğunlaşması daha düşüktür (3.92 N/mm<sup>2</sup>). Bununla birlikte mesial implant çevresindeki stres yoğunlaşması, porselen destekli restorasyondan (3.02 N/mm<sup>2</sup>) yüksek seviyededir. Kansellöz kemikteki maksimum stres yoğunlaşması kortikaldekine göre çok daha düşüktür (1.06 N/mm<sup>2</sup>) (Şekil 4, 5).

İki modeli karşılaştırdığımızda, stres paternleri ve seviyeleri benzerdir. Kortikal kemikte, en yüksek stres konsantrasyonları distal implant çevresinde gözlenirken, konvansiyonel metal-porselen üst yapıya sahip restorasyonlarda (10.07 N/mm<sup>2</sup>) stres yoğunlaşmaları fiber destekli kompozit rezin restorasyona (9.81 N/mm<sup>2</sup>) göre daha yüksektir.

Üst yapıların bünyesindeki stresler daha çok kronların bağlantı noktalarında yoğunlaşmıştır. En yüksek stres yoğunlaşması porselen restorasyonunun kanat uzantısının bağlantı noktasında (24 N/mm<sup>2</sup>) gözlenirken, fiber destekli kompozit rezin restorasyonda aynı bölgedeki stres değerleri daha düşük gözlenmiştir (15 N/mm<sup>2</sup>). Stres yoğunlaşmalarının lokalizasyonları ve paternleri her iki tip restorasyonda da benzerdir (Şekil 6, 7). Kompozit restorasyonun deformasyon miktarı porselen restorasyona göre daha fazla olduğu gözlemlendi (Şekil 8, 9).

### TARTIŞMA

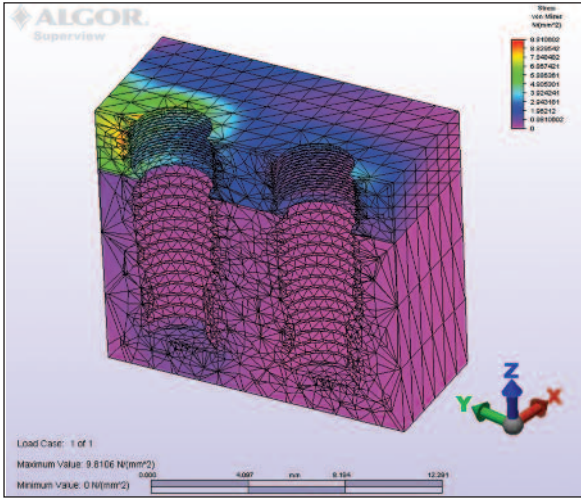
Kaybedilen dişlerin restorasyonu için çeşitli tedavi seçenekleri vardır. İmplant destekli restorasyonlar tercih edildiğinde bazı durumlarda, sabit restoras-

yonu desteklemek için iki implant klasik tarzda dişsiz boşluğun iki ucuna yerleştirilemeyebilir. Bu gibi durumlarda kanatlı köprüler kullanılması gerekebilir. İmplant destekli restorasyonlarda kanat uzantılarının kullanımı iki durumda düşünülebilir; birincisi mandibuler kanal ya da mental foramen gibi anatomik oluşumların daha fazla implant yerleştirmeye izin vermediği durumlar, ikincisi, yerleştirilen implantın herhangi bir nedenle kaybedilmesidir.<sup>5</sup>

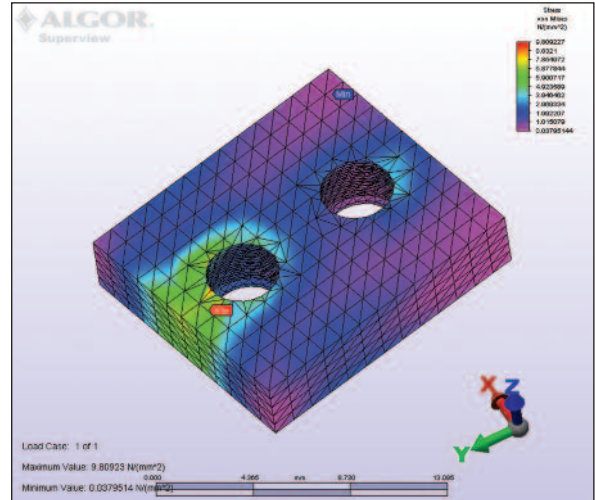
Bu çalışmada, değişik üst yapı materyallerinin distale yerleştirilmiş kanat uzantılı restorasyonlarda stres iletimi üzerinde nasıl ve ne kadar etkili olacaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Üç boyutlu stres analizi endüstri ve bilim alanında en sık kullanılan stres analizlerinden biridir.<sup>11</sup> Ancak, biyomekanik etkilerin araştırılmasında bazı sınırlamaların göz önüne alınması gerekir. Çalışılan yapıların homojen ve izotropik olduğu varsayılır. Bununla birlikte mandibüla homojen ve izotropik değildir<sup>12</sup> ve çiğneme kuvvetlerinden kaynaklanan fonksiyonel elastik deformasyon gösterirler.<sup>13</sup> Aynı zamanda histomorfometrik çalışmalar asla %100 kemik-implant teması olmayacağına göstermesine rağmen, implantlar %100 osseointegre olarak kabul edilir.<sup>1,9,14-19</sup>

İn vivo çalışmalarda oklüzal kuvvetler ortalama 150 N olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte bu çalışmada ve buna benzer çalışmalarda gerçek değerleri yakalamak çok önemli değildir. Bunun nedeni, kullanılan modellerde standardizasyonun sağlanması ve sonuçların modeller arasında niteliksel değerlendirilmesidir.

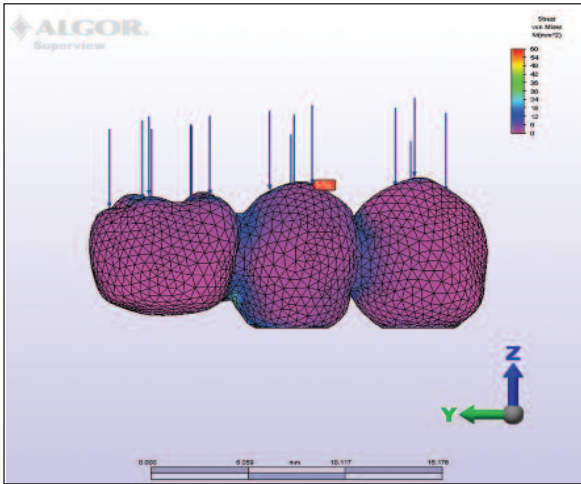
Seramikler, altın alaşımları, akrilikler ve fiber destekli kompozitler implant destekli sabit restorasyonlarda üst yapı materyali olarak kullanılabilir.<sup>20,21</sup> 2.4 GPa'lık Young modülüsü ile akrilik rezin en resilient üst yapı materyalidir.<sup>22</sup> Bununla birlikte, statik yüklemde üst yapı materyalini değiştirmenin implantlar çevresindeki stres konsantrasyonları ve dağılımları üzerindeki etkisi zayıftır.<sup>8,12,23,24</sup> Resilient materyallerin avantajları dinamik yüklemelerde ve çarpmalarda ortaya çıkmaktadır.<sup>23,25,26</sup> Bununla birlikte bu materyallerin kolay aşınabilirliği ve kötü estetikleri geniş kullanımını kısıtlamaktadır.<sup>27-29</sup>



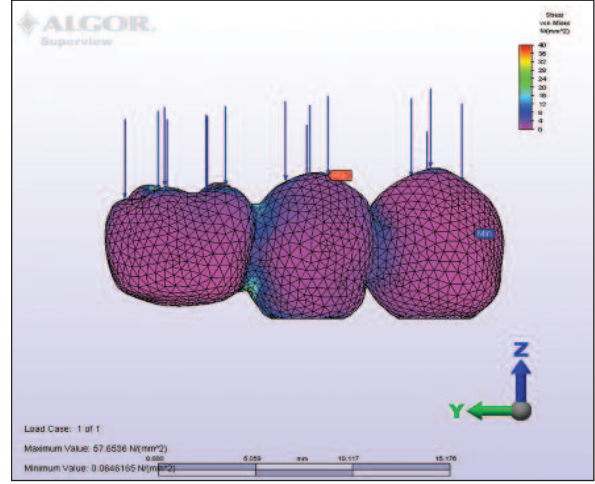
ŞEKİL 4: Cortical kemikteki stres yoğunlaşmaları (fiber destekli kompozit rezin). Stresler porselen destekli restorasyonlardakine benzer şekilde kanat uzantısına yakın implant çevresinde yoğunlaşmıştır.



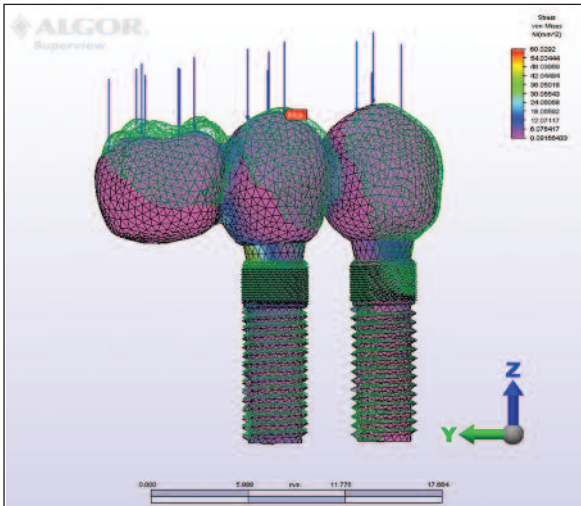
ŞEKİL 5: Cortical kemikteki stres yoğunlaşmaları. Oklüzal görünüm (fiber destekli kompozit rezin).



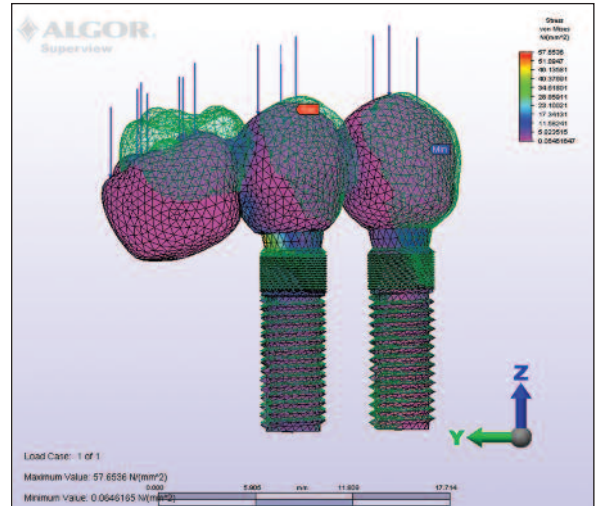
ŞEKİL 6: Restorasyondaki stres yoğunlaşmaları (metal-seramik).



ŞEKİL 7: Restorasyondaki stres yoğunlaşmaları (fiber destekli kompozit rezin).



ŞEKİL 8: Metal-porselen restorasyonun elastik deformasyonu.



ŞEKİL 9: Fiber destekli kompozit rezin restorasyonun elastik deformasyonu.

Porselene göre daha düşük olsa da, doldurucu oranı yüksek kompozit rezinler daha iyi aşınma özellikleri sergilemektedir.<sup>23</sup> Kanat uzantılı implant üstü sabit restorasyonlarda daha resilient materyallerin kullanımı, materyalin elastik deformasyon göstererek stres yoğunlaşmalarının azaltılmasına yardımcı olabilecektir. Bununla birlikte stres dağılımının, farklı restoratif materyallere göre değil, yükün uygulandığı noktalara göre değişiklik gösterdiğini bildiren çalışmalar vardır.<sup>30</sup> Materyallerin resiliens özelliklerinin stres dağılımındaki olumlu etkisi, statik yüklemelerden daha çok, çarpma kuvvetleri karşısında ortaya çıkmaktadır.

Yapılan çalışmalarda, kanat uzantılı restorasyonlarda daha çok üst yapılarla ilgili problemler yaşandığı bildirilmiştir. Üst yapılarda minör porselen kırıkları ve vida gevşemesi gibi problemlerin materyalinin deformasyon özelliğiyle ilgili olduğu belirtilmiştir.<sup>31,32</sup> Çalışmada da kanat uzantısı ile implant üzerindeki kronun birleşim bölgesinde stres yoğunlaşmaları artmıştır.

Kanat uzantılı restorasyonlarda stres yoğunlaşmaları kanat uzantısına yakın implant çevre-

sinde yoğunlaşır.<sup>5,23</sup> Bununla birlikte, yapılan klinik çalışmalar da, kanat uzantılı restorasyonların uzun dönem değerlendirmeleri sonucunda implant üstü kron-köprü restorasyonlarına göre başarı oranlarında bir fark olmadığı bildirilmiştir.<sup>31,33,34</sup>

Yapılan çalışma sonunda elde edilen bulgular literatürdeki diğer çalışmalar ile paraleldir. Üst yapı materyalini değiştirmek implantlar çevresindeki stres konsantrasyonlarında ya da dağılımlarında çok etkili olmamıştır. Resilient üst yapı materyali daha fazla elastik deformasyon gösterse de, bunun stres yoğunluğu üzerinde etkisi düşüktür. Resilient materyalin çarpma kuvvetleri karşısındaki davranışları takip eden çalışmalarda araştırılacaktır. Bu çalışmada materyallerin statik yüklemeye altındaki davranışları incelenmiştir.

## SONUÇ

Resilient üst yapı materyallerinin statik yüklemeye altında stres dağılımında ve yoğunluğunda etkili olmadıkları görülmüştür. Kanat uzantıları, restorasyonun ve implantların geleceğini tehlikeye atabilecek bir risk olarak görülmeli ve planlama yapılırken ilk tercih olmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- Geng JP, Xu DW, Tan KB, Liu GR. Finite element analysis of an osseointegrated stepped screw dental implant. *J Oral Implantol* 2004;30(4):223-33.
- Lin CL, Wang JC. Nonlinear finite element analysis of a splinted implant with various connectors and occlusal forces. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(3):331-40.
- Tada S, Stegaroiu R, Kitamura E, Miyakawa O, Kusakari H. Influence of implant design and bone quality on stress/strain distribution in bone around implants: a 3-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(3):357-68.
- Sahin S, Cehreli MC, Yalçın E. The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses--a review. *J Dent* 2002;30(7-8):271-82.
- Akça K, İplikçioğlu H. Finite element stress analysis of the effect of short implant usage in place of cantilever extensions in mandibular posterior edentulism. *J Oral Rehabil* 2002;29(4):350-6.
- Jeong CM, Caputo AA, Wylie RS, Son SC, Jeon YC. Bicortically stabilized implant load transfer. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18(1):59-65.
- Skalak R. Osseointegration biomechanics. *J Oral Implantol* 1986;12(3):350-6.
- Ciftçi Y, Canay S. Stress distribution on the metal framework of the implant-supported fixed prosthesis using different veneering materials. *Int J Prosthodont* 2001;14(5):406-11.
- Yokoyama S, Wakabayashi N, Shiota M, Ohyama T. The influence of implant location and length on stress distribution for three-unit implant-supported posterior cantilever fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 2004;91(3):234-40.
- Eskitascioğlu G, Usumez A, Sevimay M, Soykan E, Unsal E. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: A three-dimensional finite element study. *J Prosthet Dent* 2004;91(2):144-50.
- Himmlová L, Dostálová T, Kácovský A, Konvicková S. Influence of implant length and diameter on stress distribution: a finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2004;91(1):20-5.
- Misch CE. *Clinical Biomechanics in Implant Dentistry in Contemporary Implant Dentistry*. 2<sup>nd</sup> ed. Missouri: Mosby; 1999. p.151-61.
- Spiekermann H. *The Partially Edentulous Patient - Distal Free-end Situation in Color Atlas of Dental Medicine, Implantology*. New York: Thieme Medical Pub Inc; 1995. p.238-66.
- Huang HL, Huang JS, Ko CC, Hsu JT, Chang CH, Chen MY. Effects of splinted prosthesis supported a wide implant or two implants: a three-dimensional finite element analysis. *Clin Oral Implants Res* 2005;16(4):466-72.
- Kitamura E, Stegaroiu R, Nomura S, Miyakawa O. Biomechanical aspects of marginal bone resorption around osseointegrated implants: considerations based on a three-dimensional finite element analysis. *Clin Oral Implants Res* 2004;15(4):401-12.
- Sato Y, Shindo N, Hosokawa R, Tsuga K, Akagawa Y. Biomechanical effects of double or wide implants for single molar replacement in the posterior mandibular region. *J Oral Rehabil* 2000;27(10):842-5.

17. Cehreli MC, Akça K, İplikçioğlu H. Force transmission of one- and two-piece Morse-taper oral implants: a nonlinear finite element analysis. *Clin Oral Implants Res* 2004;15(4):481-9.
18. Akça K, İplikçioğlu H. Finite element stress analysis of the influence of staggered versus straight placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16(5):722-30.
19. Barbier L, Vander Sloten J, Krzesinski G, Schepers E, Van der Perre G. Finite element analysis of non-axial versus axial loading of oral implants in the mandible of the dog. *J Oral Rehabil* 1998;25(11):847-58.
20. Kawano F, Ohguri T, Ichikawa T, Matsumoto N. Influence of thermal cycles in water on flexural strength of laboratory-processed composite resin. *J Oral Rehabil* 2001;28(8):703-7.
21. Kase HR, Tesk JA, Case EC. Elastic constants of two dental porcelains. *J Mater Sci* 1985;20(2):524-31.
22. Craig RG. *Dental Implants in Restorative Dental Materials*. St. Louis: Mosby; 1993. p.491-501.
23. Stegaroiu R, Khraisat A, Nomura S, Miyakawa O. Influence of superstructure materials on strain around an implant under 2 loading conditions: a technical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(5):735-42.
24. Wang TM, Leu LJ, Wang J, Lin LD. Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: a numeric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17(2):231-7.
25. Gracis SE, Nicholls JI, Chalupnik JD, Yuodelis RA. Shock-absorbing behavior of five restorative materials used on implants. *Int J Prosthodont* 1991;4(3):282-91.
26. Bassit R, Lindström H, Rangert B. In vivo registration of force development with ceramic and acrylic resin occlusal materials on implant-supported prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17(1):17-23.
27. Carlson B, Carlsson GE. Prosthodontic complications in osseointegrated dental implant treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9(1):90-4.
28. van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, Folmer T, Henry P, Herrmann I, et al. Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5(3):272-81.
29. Nakamura T, Saito O, Mizuno M, Tanaka H. Changes in translucency and color of particulate filler composite resins. *Int J Prosthodont* 2002;15(5):494-9.
30. Ersöz E, Görgün S. [Distribution of functional stresses in the CI II amalgam, porcelain inlay and composite restoration] *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 1999;5(2):134-8.
31. Zurdo J, Romão C, Wennström JL. Survival and complication rates of implant-supported fixed partial dentures with cantilevers: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20 Suppl 4:59-66.
32. Gallucci GO, Doughtie CB, Hwang JW, Fiorellini JP, Weber HP. Five-year results of fixed implant-supported rehabilitations with distal cantilevers for the edentulous. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(6):601-7.
33. Romeo E, Tomasi C, Finini I, Casentini P, Lops D. Implant-supported fixed cantilever prosthesis in partially edentulous jaws: a cohort prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(11):1278-85.
34. Hälq GA, Schmid J, Hämmerle CH. Bone level changes at implants supporting crowns or fixed partial dentures with or without cantilevers. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(10):983-90.