

# Hibrid Abutment Kron Restorasyonlarda İmplant-Abutment Bağlantısının İmplant, Abutment ve Bazal Vidadaki Stres Dağılımı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

## Evaluation of the Effect of Implant-Abutment Connection in Hybrid Abutment Crown Restorations on Stress Distribution in the Implant, Abutment, and Basal Screw

<sup>ID</sup> Necati KALELİ<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Çağrı URAL<sup>b</sup>

<sup>a</sup>İstanbul Medeniyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD, İstanbul, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD, Samsun, TÜRKİYE

**ÖZET Amaç:** İmplant üstü hibrid abutment kron (HAK) restorasyonlarda, Ti-base abutment-implant bağlantısının implant, abutment ve bazal vida üzerindeki stres dağılımına olan etkisinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu sonlu elemanlar analiz (SEA) çalışmasında, normal ve geniş platformlu iki farklı doku seviyesi implant ve bir kemik seviyesi implant sistemi modellenmiştir. Doku seviyesi ve kemik seviyesi implantlar, Ti-base abutmentler ve vidaların orijinal parçaların üç boyutlu (3B) modelleri yapıldıktan sonra, implant modelleri sağ üst molar bölgeyi temsil eden kemik modellerine yerleştirilmiştir. Her implant için iki farklı boyda Ti-base abutment ve Ti-base abutment boylarına göre 6 mm ve 8 mm kron yüksekliklerinde sağ üst 1. molar kron restorasyonu modellenmesi yapılmıştır. Toplamda üç farklı implant ve iki farklı boyda Ti-base abutment için 6 farklı HAK modeli oluşturulmuştur. Her modele 200 N dikey yüklemeye ve 100 N oblik yüklemeye yapılmıştır. İmplant, abutment ve bazal vidadaki stres dağılımı von Mises stres analizi ile değerlendirilmiştir. **Bulgular:** Oblik yüklemeye sonucu dikey yüklemeye göre daha yüksek stres değerleri elde edilmiştir. Kron boyunun artmasıyla birlikte stres değerlerinde oblik yüklemeye altında belirgin bir artış gözlenmiştir. İmplantlardaki en yüksek stres değerleri normal platformlu doku seviyesi implantlarda gözlenirken, abutment ve bazal vidalardaki en yüksek stres değerleri kemik seviyesi implantlar üzerindeki modellerden elde edilmiştir. **Sonuç:** İmplant-abutment bağlantı tasarımı HAK restorasyonlarda implant, abutment ve bazal vidadaki stres dağılımını etkilemiştir.

**ABSTRACT Objective:** The purpose of this study is comparative evaluation of the effect of Ti-base abutment-implant connection on stress distribution in implant, abutment, and basal screw in implant-supported hybrid abutment crown (HAC) restorations. **Material and Methods:** Two different tissue-level implants with normal platform and wide platform, and a bone-level implant system were modeled. After three-dimensional (3D) modeling of the original parts of tissue-level and bone-level implants, Ti-base abutments, and screws, the implant models were placed into bone models representing the maxillary right molar region. Two different height of Ti-base abutment and two different height of maxillary right first molar crown restoration (6 mm and 8 mm) were modeled for each implant. A total of 6 HAC models were designed according to three different implants and two different height of Ti-base abutments. Each model was loaded vertically (200 N) and obliquely (100 N). The stress distribution in the implant, abutment, and basal screw was evaluated through the von Mises stress analysis. **Results:** The oblique load resulted in higher stress values than in vertical load. The increase in the crown height considerably increased the stress values under oblique loading. The tissue-level implant with normal platform exhibited the highest stress values among the implant models, and the bone-level abutment and basal screw exhibited the highest stress values among the abutment and basal screw models. **Conclusion:** The design of implant-abutment connection affected the stress distribution in the implant, abutment, and basal screw in HAC restorations.

**Anahtar Kelimeler:** Hibrid abutment kron; Ti-base abutment; vida tutuculu restorasyon

**Keywords:** Hybrid abutment crown; Ti-base abutment; screw-retained restoration

Diş eksiklerinin dental implantlar ile rehabilitasyonu son yıllarda klinik diş hekimliğinde rutin bir uygulama hâline gelmiştir.<sup>1</sup> İmplant üstü sabit protetik restorasyonlar simante veya vida tutuculu olabilmektedir.<sup>2</sup> Simante restorasyonlar, istenmeyen implant açılanmalarının olduğu durumlarda daha es-

tetik sonuçlar elde edilebilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, teknik açıdan yapım aşamaları vida tutuculu sistemlere göre daha basittir.<sup>3</sup> Diğer yandan, temizlenemeyen siman artıkları peri-implantitis gibi istenmeyen komplikasyonlara neden olabilmektedir.<sup>4,5</sup> Vida tutuculu restorasyonlarda vida giriş yolu-

**Correspondence:** Necati KALELİ

İstanbul Medeniyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi ABD, İstanbul, TÜRKİYE/TURKEY

**E-mail:** necati\_kaleli@hotmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

**Received:** 30 Jan 2019

**Received in revised form:** 02 May 2019

**Accepted:** 02 May 2019

**Available online:** 06 May 2019

2146-8966 / Copyright © 2020 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

nun ideal bir şekilde konumlanması için protez yönlendirmeli bir cerrahi ve ideal implant açılması gerekmektedir. Bununla beraber, interoklüzal mesafenin yetersiz olduğu durumlarda tutuculuk açısından daha güvenilir sonuçlar ortaya koymakla birlikte, kontrol veya tamir amacıyla kolaylıkla çıkartılabilmektedirler.<sup>2</sup>

Günümüzde implant üstü restorasyonlarda kullanılan abutmentler altın, titanyum ve yüksek mekanik dayanıklılığa sahip zirkonya ve lityum disilikat gibi seramik materyallerden üretilmektedir.<sup>6,7</sup> Titanyum abutmentler, özellikle ince mukoza fenotipine sahip bireylerde peri-implant mukoza üzerinde gri tonda renklemelere neden olabilmektedir. Bunun bir sonucu olarak, estetiğin önemli olduğu bölgelerde seramik abutmentlerin kullanımı ön plana çıkmıştır.<sup>6,8</sup> İlk tek parça zirkonya abutment, Wohlwend ve Schaerer tarafından 1997 yılında tanıtılmıştır.<sup>9</sup> Zirkonya, titanyumdan 10 kat daha sert bir materyaldir ve literatürde titanyum implant-zirkonyum abutment bağlantısının bağlantı bölgesinde implant yüzeyinde aşınmalara neden olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır.<sup>8,10-13</sup> Zirkonyanın titanyum üzerindeki aşındırıcı etkisini engellemek için, zirkonya altyapının veya restorasyonun metal bir ara parçaya simante edilmesi önerilmiştir.<sup>11,14</sup>

Son yıllarda bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim sistemlerinde ve materyal biliminde yaşanan gelişmelerle birlikte Ti-base abutmentlerin popülaritesi giderek artmış ve bunun sonucunda da “hibrid abutment” ve “hibrid abutment kron (HAK)” konseptleri ortaya çıkmıştır.<sup>15-21</sup> Hibrid abutment, Ti-base abutment simante edilen kişiselleştirilmiş bir seramik abutment olarak tanımlanmaktadır. HAK ise Ti-base abutment ve seramik kron restorasyonun birbirine simante edildiği ve tek parça olarak implanta vidalandığı bir vida tutuculu restorasyon sistemidir.<sup>7</sup> Hibrit yapı implant-abutment bağlantı bölgesinde metal-metal bağlantının mekanik avantajını ve seramik restorasyonun estetik avantajını bir araya getirmektedir.<sup>7</sup>

İmplant-abutment bağlantısının tasarımı oklüzal streslerin iletiminde önemli bir rol oynamaktadır.<sup>22</sup> Doku ve kemik seviyesi implant sistemlerinde implant-abutment bağlantı şekli farklılık göstermektedir.<sup>23</sup> Güncel literatürde, implant ve Ti-base abutment

bağlantı tasarımının biyomekanik açıdan implant üzerindeki stres dağılımına olan etkisini değerlendiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.<sup>24</sup>

Bu çalışmada, implant üstü HAK restorasyonlarda, Ti-base abutment-implant bağlantısının implant, abutment ve bazal vida üzerindeki stres dağılımına olan etkisinin üç boyutlu (3B) sonlu elemanlar analizi (SEA) yöntemiyle karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Bu çalışmanın hipotezi; normal platformlu doku seviyesi implantlardaki Ti-base abutment-implant bağlantısının implant ve protetik bileşenleri üzerinde daha fazla stres birikimine neden olacağı şeklindedir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu SEA çalışmasında, sağ üst 1. molar implant üstü HAK restorasyonu simülasyonları gerçekleştirilmiştir. SEA çalışmaları simülasyon temelli in vitro çalışmalar olduğundan etik kurul onayı alınmamıştır. Çalışmada kullanılan implantların boyutları **Tablo 1**'de gösterilmektedir. Çalışmada kullanılan implant ve abutment 3B modelleri orijinal parçaların tarama verilerinden elde edilmiştir. Bu amaçla; bir adet normal platformlu titanyum-zirkonyum (Ti-Zr) doku seviyesi implant (Roxolid SLActive, Standard Plus, Regular Neck, Straumann AG, Basel, İsviçre), bir adet geniş platformlu Ti-Zr doku seviyesi implant (Roxolid SLActive, Standard Plus, Wide Neck, Straumann AG, Basel, İsviçre), bir adet Ti-Zr kemik seviyesi implant (Roxolid SLActive, Regular Cross-Fit, Straumann AG, Basel, İsviçre), 4 mm ve 6 mm yüksekliğinde normal platformlu doku seviyesi implant için iki adet Ti-base abutment (RN Variobase for Crown, Straumann AG, Basel, İsviçre), 4,5 mm

**TABLO 1:** İmplant boyutları.

TABLO 1: İmplant boyutları.		
Doku seviyesi normal platform	Boy	10
	Apikal çap	4,8
	Koronal çap	4,1
Doku seviyesi geniş platform	Boy	10
	Apikal çap	4,8
	Koronal çap	6,5
Kemik seviyesi	Boy	10
	Apikal çap	4,1
	Koronal çap	4,1

ve 6,5 mm yüksekliğinde geniş platformlu doku seviyesi implant için iki adet Ti-base abutment (WN Variobase for Crown, Straumann AG, Basel, İsviçre), 3,5 mm ve 5,5 mm yüksekliğinde kemik seviyesi implant için iki adet Ti-base abutment (RC Variobase for Crown, Straumann AG, Basel, İsviçre) ve bu abutmentlerin iç vidaları laboratuvar tarayıcısı (Activity 880, Smart Optics Sensortechnik GmbH, Bochum, Almanya) ile taranarak elde edilen tarama datası standard tessellation language (STL) formatında modelleme yazılımına (Rhinceros 4.0, McNee, Seattle, WA, ABD) aktarılmıştır. Modelleme yazılımında her ekseninde en az 20 mm kalınlık olacak şekilde bir sağ üst çene molar diş bölgesine ait kemik modelleri oluşturulmuştur ve kortikal kemik kalınlığı 1,5 mm olarak tanımlanmıştır. 3B implant modelleri kemik modeli içerisinde sağ üst 1. molar diş bölgesine yerleştirilmiş ve toplamda 6 farklı simülasyon modeli oluşturulmuştur.

Birinci modelde (RN6), normal platformlu doku seviyesi implant ve Ti-base abutment modellemeleri kullanılmıştır. 4 mm'lik Ti-base abutment üzerinde 6 mm'lik bir vida tutuculu maksiller 1. molar kron restorasyonu modellenmiştir ve restorasyon ile abutment arasında 30 µm kalınlığında bir rezin siman (Panavia F 2.0; Kuraray Medical Inc, Osaka, Japonya) tabakası oluşturulmuştur. HAK restorasyon modeli ile implant arasında 35 Ncm tork tanımlanmıştır. İkinci modelde (RN8), aynı işlemler 6 mm'lik Ti-base abutment üzerinde 8 mm'lik kron restorasyonu modellenmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü modelde (WN6), geniş platformlu doku seviyesi implant ve Ti-base abutment modellemeleri kullanılmıştır. 4,5 mm'lik Ti-base abutment üzerinde 6 mm'lik bir vida tutuculu maksiller 1. molar kron restorasyonu modellenmiştir ve restorasyon ile abutment arasında 30 µm kalınlığında bir rezin siman tabakası oluşturulmuştur. HAK restorasyon modeli ile implant arasında 35 Ncm tork tanımlanmıştır. Dördüncü modelde (WN8), aynı işlemler 6,5 mm'lik Ti-base abutment üzerinde 8 mm'lik kron restorasyonu modellenmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Beşinci modelde (RC6), kemik seviyesi implant ve Ti-base abutment modellemeleri kullanılmıştır. 3,5 mm'lik Ti-base abutment üzerinde 6 mm'lik bir vida tutuculu maksiller 1. molar kron restorasyonu mo-

dellenmiştir ve restorasyon ile abutment arasında 30 µm kalınlığında bir rezin siman tabakası oluşturulmuştur. HAK restorasyon modeli ile implant arasında 35 Ncm tork tanımlanmıştır. Altıncı modelde (RC8), aynı işlemler 5,5 mm'lik Ti-base abutment üzerinde 8 mm'lik kron restorasyonu modellenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Tüm modellerde abutmentlerin en üst kısmından oklüzal yüzeye kadar vida giriş yolları kompozit rezin ile doldurulmuştur.

Tüm 3B modeller bir meshing yazılımına (VRMesh Studio, VirtualGrid Inc, Bellevue City, WA, ABD) aktararak 10 düğüm noktalı elemanlar ile meshleme işlemi yapılmıştır. Meshleme işlemi tamamlandıktan sonra, tüm modeller stres analizi için SEA yazılımına (Algor Fempro, ALGOR, Pittsburgh, PA, ABD) aktarılmıştır. Toplamda; RN6 için 48.835 düğüm ve 230.619 element, RN8 için 45.422 düğüm ve 210.819 element, WN6 için 69.515 düğüm ve 333.362 element, WN8 için 66.192. düğüm ve 329.886 element, RC6 için 60.203 düğüm ve 282.875 element ve RC8 için 59.343 düğüm ve 294.172 element kullanılmıştır. Tüm materyaller linear, elastik, homojen ve izotropik olarak belirlenmiştir. İmplantlarla kemik arasında %100 osseointegrasyon tanımlanmıştır ve diş eti göz ardı edilmiştir. Sınır koşulları x, y ve z eksenlerinde kemiğin mezial ve distal sınırlarında sıfır hareket olarak tanımlanmıştır. Restorasyon materyali lityum disilikat seramik (IPS e.max CAD; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tüm materyallere ait Young Modulus ve Poisson Ratio değerleri [Tablo 2](#)'de gösterilmektedir.<sup>25-29</sup>

Her bir modelde restorasyon üzerinde 4 farklı sentrik noktaya 50'şer N dikey yükleme ve bukkal kasların palatinal eğimlerine palatinalden bukkale doğru 45 derece açıyla 50'şer N oblik yükleme yapılmıştır. İmplant, abutment ve bazal vida üzerindeki stres dağılımları von Mises stres analizi ile değerlendirilmiştir.

## BULGULAR

Modellerden elde edilen von Mises stres analizine ait sonuçlar [Tablo 3](#)'te gösterilmektedir. Oblik yükleme altında dikey yüklemeye göre daha yüksek stres değerleri elde edilmiştir. Genel olarak kron boyunun artması ile birlikte oblik yükleme altında dikey yük-

**TABLO 2:** Materyallere ait young modulus ve poisson ratio değerleri.

Materyal	Young modulus (GPa)	Poisson ratio
Kortikal kemik	13,7	0,30
Trabeküler kemik	1,37	0,30
Titanyum-zirkonyum implant	100	0,30
Titanyum abutment	110	0,35
Titanyum vida	110	0,35
Lityum disilikat seramik	95	0,20
Dual-cured rezin siman	18,6	0,28
Kompozit rezin	16,6	0,24

**TABLO 3:** von Mises stres analizi sonuçları.

MPa	Model	Dikey yüklemeye	Oblik yüklemeye
İmplant	RN6	87	90
	RN8	104	346
	WN6	38	86
	WN8	44	102
	RC6	44	52
	RC8	48	59
Abutment	RN6	17	106
	RN8	47	147
	WN6	61	187
	WN8	88	224
	RC6	53	244
	RC8	116	406
Bazal vida	RN6	22	50
	RN8	23	58
	WN6	16	48
	WN8	20	58
	RC6	47	151
	RC8	55	181

RN6, Model 1; RN8, Model 2; WN6, Model 3; WN8, Model 4; RC6, Model 5; RC8, Model 6.

lemeye göre daha fazla stres artışı olduğu gözlenmiştir. İmplant modellerinde streslerin implant-abutment bağlantı bölgesinde yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 1). İmplant modellerindeki en yüksek von Mises stres değerleri RN6 ve RN8'den elde edilmiştir. Abutment modellerinde streslerin implant modellerinde olduğu gibi implant-abutment bağlantı bölgesinde yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 2). En yüksek von Mises stres değerleri RC6 ve RC8'den elde edilmiştir. Bazal vida modellerinde streslerin vidanın boyun kısmında abutmentle temas ettiği böl-

gede yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 3). En yüksek von Mises stres değerleri abutment modellerinde olduğu gibi RC6 ve RC8'den elde edilmiştir.

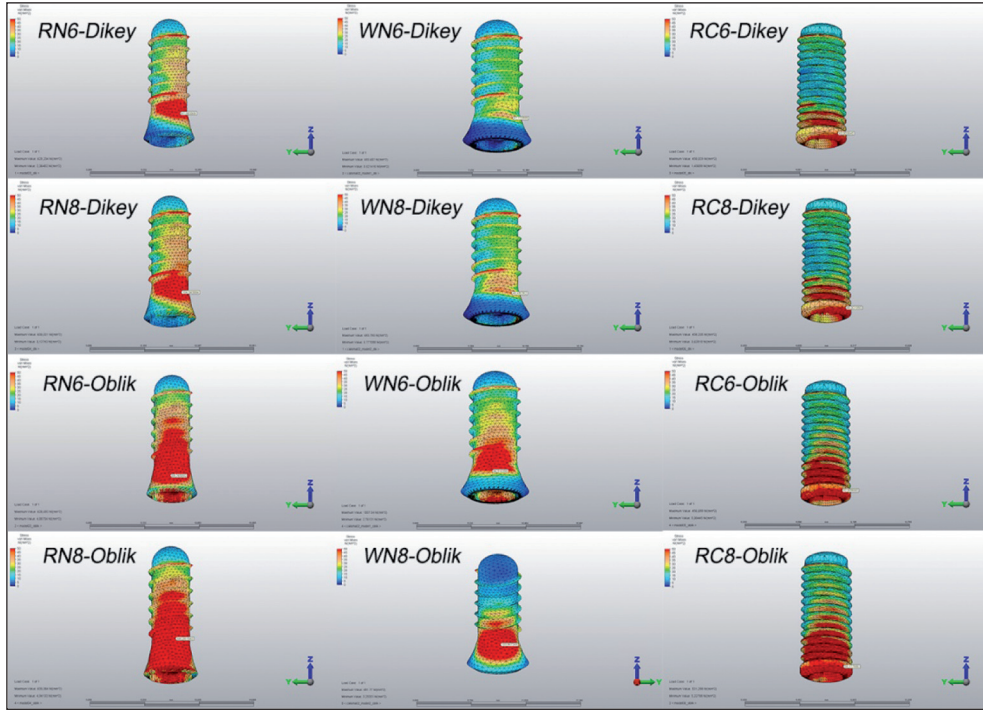
## TARTIŞMA

Bu SEA çalışmasında, doku ve kemik seviyesi implant üstü HAK restorasyonlarda, implant, Ti-base abutment ve bazal vida üzerindeki stres dağılımları incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları doğrultusunda; normal platformlu doku seviyesi implantlarda daha fazla stres değerleri gözlenirken aynı model simülasyonlarında Ti-base abutment ve bazal vidada düşük stres değerleri elde edilmiştir. İmplant hariçindeki abutment ve vida bileşenlerindeki düşük stres değerlerinden dolayı çalışmanın hipotezi reddedilmiştir.

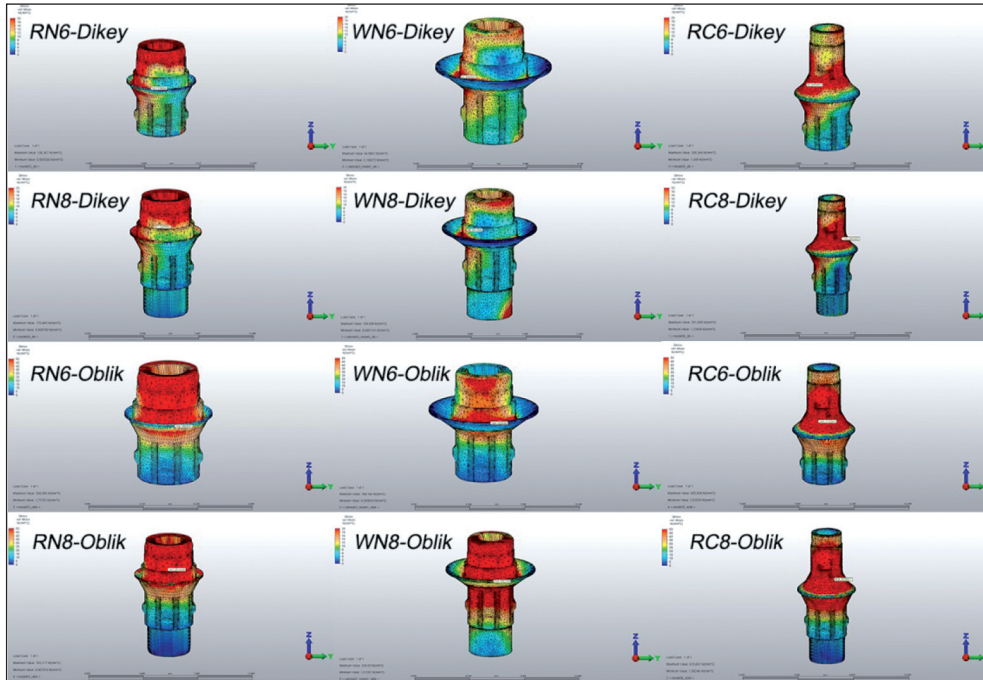
von Mises stres değerleri implant gibi çekilebilirlik özelliğine sahip materyaller için deformasyonun başladığı nokta olarak tanımlanmaktadır. İmplantların akma dayanımı (yield strength) 550 MPa olarak bilinmektedir ve von Mises stresler bu değeri aştığında implant yapısında deformasyon görülebilmektedir.<sup>30</sup> Bu çalışmada en yüksek von Mises stres değerleri oblik yüklemeye altında gözlenmiştir. Bununla birlikte, herhangi bir implant modelinde 550 MPa'nın üzerinde bir stres değeri gözlenmemiştir. Bu çalışmada ağız içerisinde uygulanan dikey ve oblik yüklemeye değerlerinden çok daha yüksek çiğneme kuvvetleri görülebilmektedir.<sup>31</sup> Çiğneme yüklerinin şiddeti ve sıklığındaki artışların uzun dönem kullanımda implant başarısızlığına neden olabileceği düşünülmektedir.

Sentrik pozisyonda ve lateral hareketlerde kaspalara gelen kuvvetler farklı dağılımlar gösterdiğinden, bu çalışmada farklı şiddetlerde dikey ve oblik yüklemeye koşulları oluşturulmuştur.<sup>32</sup> Total dikey yüklemeye şiddeti 4 sentrik nokta tarafından karşılanır iken, total oblik yüklemeye şiddeti sadece bukkal kaslar tarafından karşılanmıştır.<sup>32</sup> Oblik yüklemenin şiddeti daha düşük olmasına rağmen, implant bileşenlerinde dikey yüklemeye göre daha yüksek stres değerlerine neden olmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir.<sup>33,34</sup> Çiğneme kuvvetlerinin şiddeti, özellikle posterior diş bölgesinde değişkenlik göstermektedir.<sup>31</sup> Bundan dolayı, optimum oklüzal kontak ilişkileri sağlanması ve





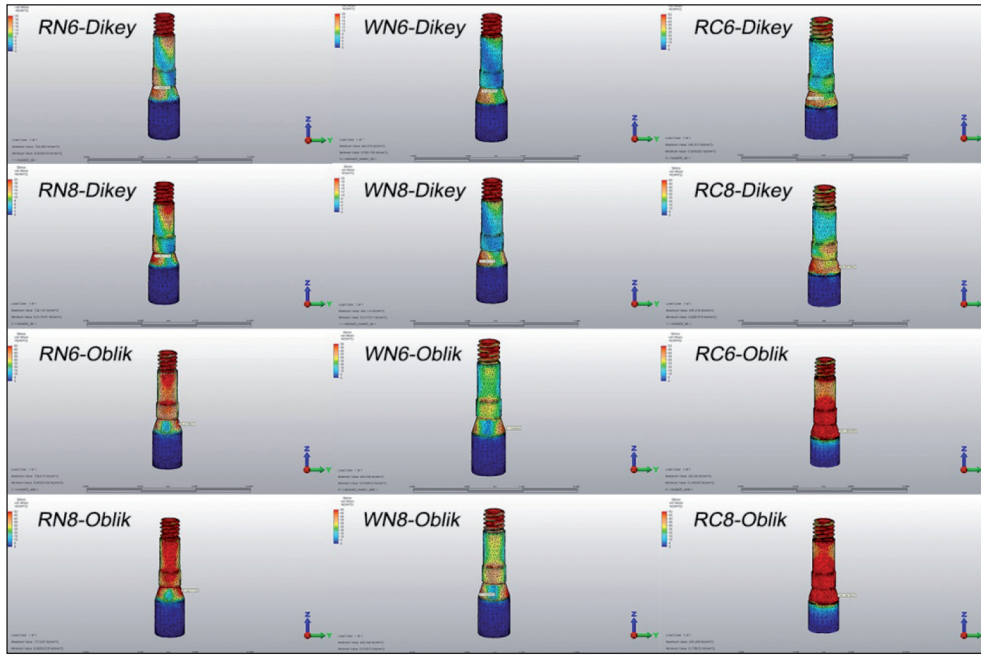
ŞEKİL 1: İmplant modellerindeki stres dağılımları. RN6, Model 1; RN8, Model 2; WN6, Model 3; WN8, Model 4; RC6, Model 5; RC8, Model 6.



ŞEKİL 2: Abutment modellerindeki stres dağılımları. RN6, Model 1; RN8, Model 2; WN6, Model 3; WN8, Model 4; RC6, Model 5; RC8, Model 6.

özellikle lateral hareketlerde herhangi bir oklüzal çatışmanın olmaması implant üstü protezlerin uzun dönem başarısı açısından büyük önem arz etmektedir.

Kron yüksekliğinin atması implant-kron oranını değiştirdiğinden, implantların üzerindeki mekanik yükü artırabilmektedir.<sup>35</sup> de Moraes ve ark.nın, im-



ŞEKİL 3: Bazal vida modellerindeki stres dağılımları. RN6, Model 1; RN8, Model 2; WN6, Model 3; WN8, Model 4; RC6, Model 5; RC8, Model 6.

plant-kron oranının stres dağılımı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, kron yüksekliğindeki artışın daha çok oblik yüklemeye altında implant-kemik ara yüzünde stres artışına neden olduğunu bildirmişlerdir.<sup>36</sup> Bu sonlu elemanlar ile çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Dikey yüklemeye sonucunda stres değerlerinde önemli oranda artış görülmezken, oblik yüklemeye sonucunda stres değerlerinde kayda değer artışlar gözlenmiştir.

SEA modelleri incelendiğinde, implantlardaki ve abutmentlardaki stres birikimleri implant-abutment bağlantı bölgesinde, bazal vidalardaki stres birikimleri vidanın abutmentla temas hâlinde olduğu bölgelerde gözlenmiştir. Bu durum, birbiriyle bağlantılı olan çok parçalı yapılarda ortaya çıkan doğal bir sonuçtur. Çok parçalı yapının elamanlarından birine gelen kuvvet sonucunda bağlantı alanlarında stres birikimi olmaktadır.<sup>37</sup> Bağlantı alanındaki mikron seviyesindeki hareketlerin buna neden olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları doğrultusunda, normal platformlu doku seviyesi implant modellerinde implant modelleri diğer implant modelleri arasında en yüksek stres değerlerini gösterirken, abutment modelleri diğer abutment modelleri arasında en düşük stres değerlerini göstermiştir. İmplant-abutment bağlantı tasarımı implant bileşenleri üzerindeki stres da-

ğılımını etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır.<sup>22,24,34</sup> Doku seviyesi implantlarda Ti-base abutment internal bağlantısıyla birlikte implant platformu üzerine yerleşmektedir. Normal platformlu implant modellerinde stresin abutment üzerinden tamamen implant platformu üzerine aktarıldığı düşünülmektedir. Geniş platformlu doku seviyesi implant modellerinde de Ti-base abutment implant platformu üzerine yerleşmektedir. Ancak, platform çapındaki artışın stresin daha düzenli yayılmasını ve yapı içerisinde dağılmasını sağladığı düşünülmektedir.

Genel olarak abutment ve bazal vida modellerindeki en yüksek stres değerleri, kemik seviyesi implant modellerinden elde edilmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi, doku seviyesi implantlardaki Ti-base abutmentlar implant platformu ile temasta olacak şekilde tasarlanmıştır ve platform desteğinden dolayı abutment içerisinde stres birikiminin daha az olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan kemik seviyesi implantlardaki Ti-base abutmentlar platform switching tasarımına sahiptir ve platform desteği olmadığından yapı içerisinde daha çok stres birikimi olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, sadece bir implant sisteminin doku seviyesi ve kemik seviyesi tasarımları değerlendirilmiştir. Ayrıca, modeller tek bir kemik

tipi yoğunluğunda sadece 1. molar diş bölgesi için yapılmıştır. Farklı implant sistemlerinde, kemik yoğunluklarında ve diş bölgelerinde farklı sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, SEA çalışmaları direkt olarak hasta dinamiklerini yansıtmamaktadır. Bu nedenle, SEA verilerinin uzun dönem klinik çalışmalardan elde edilen verilerle desteklenmesi, kliniğe yönelik daha kapsamlı sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

## SONUÇ

Bu çalışmanın limitasyonları doğrultusunda, implant-abutment bağlantı tasarımının HAK restorasyonlarda implant bileşenleri üzerindeki stres dağılımını etkilediği ve normal platformlu doku seviyesi implantlarda geniş platformlu doku seviyesi ve kemik seviyesi implantlara göre Ti-base abutmentlerin implant üzerinde daha fazla stres birikimine neden olduğu görülmüştür.

## Teşekkür

*Sonlu elemanlar analizinde kullanılan abutment modellerinin oluşturulması ve tasarımı aşamalarında bize destek veren Batı Group'a teşekkürlerimizi sunarız.*

## Finansal Kaynak

*Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.*

## Çıkar Çatışması

*Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.*

## Yazar Katkıları

*Bu çalışma hazırlanırken tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.*

## KAYNAKLAR

- Silva GC, Cornacchia TM, de Magalhães CS, Bueno AC, Moreira AN. Biomechanical evaluation of screw- and cement-retained implant-supported prostheses: a nonlinear finite element analysis. *J Prosth Dent.* 2014;112(6):1479-88. [Crossref] [PubMed]
- Witneben JG, Millen C, Brägger U. Clinical performance of screw-versus cement-retained fixed implant-supported reconstructions-a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29 Suppl:84-98. [Crossref] [PubMed]
- Lemos CA, de Souza Batista VE, Almeida DA, Santiago Júnior JF, Verri FR, Pellizzer EP. Evaluation of cement-retained versus screw-retained implant-supported restorations for marginal bone loss: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2016;115(4):419-27. [Crossref] [PubMed]
- Korsch M, Obst U, Walthner W. Cement-associated peri-implantitis: a retrospective clinical observational study of fixed implant-supported restorations using a methacrylate cement. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(7):797-802. [Crossref] [PubMed]
- Wilson TG Jr. The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: a prospective clinical endoscopic study. *J Periodontol.* 2009;80(9):1388-92. [Crossref] [PubMed]
- Zembic A, Philipp AO, Hämmerle CH, Wohlwend A, Sailer I. Eleven-year follow-up of a prospective study of zirconia implant abutments supporting single all-ceramic crowns in anterior and premolar regions. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17 Suppl 2:e417-26. [Crossref] [PubMed]
- Elsayed A, Wille S, Al-Akhali M, Kern M. Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(1):20-7. [Crossref] [PubMed]
- Stimmelmayer M, Edelhoff D, Güth JF, Erdelt K, Happe A, Beuer F. Wear at the titanium-titanium and the titanium-zirconia implant-abutment interface: a comparative in vitro study. *Dent Mater.* 2012;28(12):1215-20. [Crossref] [PubMed]
- Wohlwend A. The zirconium oxide abutment: an all-ceramic abutment for the esthetic improvement of implant superstructures. *Quintessence Dent Technol.* 1997;1:63-74.
- Brodbeck U. The ZiReal post: a new ceramic implant abutment. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15(1):10-24. [Crossref] [PubMed]
- Chang JS, Ji W, Choi CH, Kim S. Catastrophic failure of a monolithic zirconia prosthesis. *J Prosthet Dent.* 2015;113(2):86-90. [Crossref] [PubMed]
- Klotz MW, Taylor TD, Goldberg AJ. Wear at the titanium-zirconia implant-abutment interface: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(5):970-5.
- Taylor TD, Klotz MW, Lawton RA. Titanium tattooing associated with zirconia implant abutments: a clinical report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(4):958-60. [Crossref] [PubMed]
- Rojas Vizcaya F. Retrospective 2-to 7-year follow-up study of 20 double full-arch implant-supported monolithic zirconia fixed prostheses: measurements and recommendations for optimal design. *J Prosthodont.* 2018;27(6):501-8. [Crossref] [PubMed]
- Elshiyab SH, Nawafleh N, Walsh L, George R. Fracture resistance and survival of implant-supported, zirconia-based hybrid-abutment crowns: influence of aging and crown structure. *J Invest Clin Dent.* 2018;9(4):e12355. [Crossref] [PubMed]
- Elshiyab SH, Nawafleh N, Öchsner A, George R. Fracture resistance of implant-supported monolithic crowns cemented to zirconia hybrid-abutments: zirconia-based crowns vs. lithium disilicate crowns. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(1):65-72. [Crossref] [PubMed] [PMC]

17. Kelly JR, Rungruanant P. Fatigue behavior of computer-aided design/computer-assisted manufacture ceramic abutments as a function of design and ceramics processing. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31(3):601-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. Kim JS, Raigrodski AJ, Flinn BD, Rubenstein JE, Chung KH, Mancl LA. In vitro assessment of three types of zirconia implant abutments under static load. *J Prosthet Dent.* 2013;109(4):255-63. [[Crossref](#)]
19. Kurbad A, Kurbad S. CAD/CAM-based implant abutments. *Int J Comput Dent.* 2013;16(2):125-41.
20. Selz CF, Vuck A, Guess PC. Full-mouth rehabilitation with monolithic CAD/CAM-fabricated hybrid and all-ceramic materials: a case report and 3-year follow up. *Quintessence Int.* 2016;47(2):115-21.
21. Zeller S, Guichet D, Kontogiorgos E, Nagy WW. Accuracy of three digital workflows for implant abutment and crown fabrication using a digital measuring technique. *J Prosthet Dent.* 2019;121(2):276-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Saidin S, Abdul Kadir MR, Sulaiman E, Abu Kasim NH. Effects of different implant-abutment connections on micromotion and stress distribution: prediction of microgap formation. *J Dent.* 2012;40(6):467-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Chang HS, Chen YC, Hsieh YD, Hsu ML. Stress distribution of two commercial dental implant systems: a three-dimensional finite element analysis. *J Dent Sci.* 2013;8(3):261-71. [[Crossref](#)]
24. Epprecht A, Zeltner M, Benic G, Özcan M. A strain gauge analysis comparing 4-unit veneered zirconium dioxide implant-borne fixed dental prosthesis on engaging and non-engaging abutments before and after torque application. *Clin Exp Dent Res.* 2018;4(1):13-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
25. Eskitascioglu 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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Cinel S, Celik E, Sagirkaya E, Sahin O. Experimental evaluation of stress distribution with narrow diameter implants: a finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2018;119(3):417-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater.* 2005;21(8):709-15. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Soares PV, Santos-Filho PCF, Queiroz EC, Araújo TC, Campos RE, Araújo CA, et al. Fracture resistance and stress distribution in endodontically treated maxillary premolars restored with composite resin. *J Prosthodont.* 2008;17(2):114-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. Schmitter M, Mueller D, Rues S. Chipping behaviour of all-ceramic crowns with zirconia framework and CAD/CAM manufactured veneer. *J Dent.* 2012;40(2):154-62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. İplikçioğlu H, Akça K. Comparative evaluation of the effect of diameter, length and number of implants supporting three-unit fixed partial prostheses on stress distribution in the bone. *J Dent.* 2002;30(1):41-6. [[Crossref](#)]
31. Morneburg TR, Pröschel PA. Measurement of masticatory forces and implant loads: a methodologic clinical study. *Int J Prosthodont.* 2002;15(1):20-7.
32. de Faria Almeida DA, Pellizzer EP, Verri FR, Santiago JF Jr, de Carvalho PS. Influence of tapered and external hexagon connections on bone stresses around tilted dental implants: three-dimensional finite element method with statistical analysis. *J Periodontol.* 2014;85(2):261-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Kaleli N, Sarac D, Külünk S, Öztürk Ö. Effect of different restorative crown and customized abutment materials on stress distribution in single implants and peripheral bone: a three-dimensional finite element analysis study. *J Prosthet Dent.* 2018;119(3):437-45. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Takahashi JM, Dayrell AC, Consani RL, de Arruda Nóbilo MA, Henriques GE, Mesquita MF. Stress evaluation of implant-abutment connections under different loading conditions: a 3D finite element study. *J Oral Implantol.* 2015;41(2):133-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Nissan J, Ghelfan O, Gross O, Priel I, Gross M, Chaushu G. The effect of crown/implant ratio and crown height space on stress distribution in unsplinted implant supporting restorations. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(7):1934-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
36. de Moraes SL, Verri FR, Santiago JF Jr, Almeida DA, de Mello CC, Pellizzer EP. A 3-D finite element study of the influence of crown-implant ratio on stress distribution. *Braz Dent J.* 2013;24(6):635-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
37. Nishioka RS, de Vasconcellos LG, Jóias RP, Rode Sde M. Load-application devices: a comparative strain gauge analysis. *Braz Dent J.* 2015;26(3):258-62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]