



## İMLANT – PROTEZ BAĞLANTISINDA SONLU ELEMAN ANALİZ YÖNTEMİ

### FINITE ELEMENT ANALYSIS OF IMPLANT PROSTHESIS CONNECTION

Dr. Muhammet Emin AKSAN

Prof.Dr.Saadet ATSÜ

Yrd.Doç.Dr.Ali Can BULUT\*\*

**Makale Kodu/Article code:** 2592

**Makale Gönderilme tarihi:** 04.02.2016

**Kabul Tarihi:** 03.01.2017

#### ÖZ

Stres analizi yöntemleri ağız içi biyomekaniğin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olup, daha başarılı restorasyonlar yapılabilmesine imkan verdikleri için diş hekimliği araştırmalarında uzun zamandır kullanılmaktadır. Sonlu eleman stres analiz yöntemi birçok implant dizaynının biyomekanik performansının yanı sıra klinik faktörlerin de implant başarısı üzerindeki etkisinin geniş bir biçimde incelenebildiği bir yöntemdir. Bu derleme çalışmasında sonlu elemanlar stres analizi ve implant destekli protez uygulama alanlarıyla ilgili genel bir bakış açısı sunulmaya çalışılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Sonlu elemanlar stres analizi, stres dağılımı, implant, implant protez bağlantısı

#### ABSTRACT

Stress analysis techniques are being used in dental research for a long time because of allowing more successful restorations by giving an aid to a better understanding of biomechanics in the oral environment. Finite element analysis (FEA) has been used extensively to predict the biomechanical performance of various dental implant designs as well as the effect of clinical factors on implant success. This article efforts to give a general overview about finite element stress analysis and its use in the implant-supported prosthesis.

**Keywords:** Finite element stress analysis, stress distribution, implant, implant prosthesis connection

#### GİRİŞ

Sonlu Eleman Stres Analiz Yöntemi genel anlamda bütün halindeki problemin, daha küçük, basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde çözümünün sağlanması ile bütünün çözümlendiği matematiksel analizdir. Taşkınsel ve Gümüş<sup>1</sup> göre daha başarılı restorasyonlar yapılabilmesi için ağız içi biyomekaniğinin de iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu konuda stres analizi yöntemlerinden yararlanılabilir.

Sonlu eleman analizi kompleks mekanik problemleri çözmek için etki alanını daha küçük ve basit parçalara (eleman) ayırır. Elemanlar ana yapının geometrisi ile özdeşdir ve ana yapının her bölgesinde belirlenen mekaniksel özellikleri gösterirler. Yapının, boyut ve geometrisine uygun seçilen elemanlara bölünmüş haline ise matematiksel model denilir.

Elemanların birbirlerine bağlandıkları noktalara düğüm (node), tüm yapıya ise ağ (mesh) denmektedir. Düğümler vasıtasıyla bir elemandaki fiziksel değişiklik diğer elemanlara da yansır. Orijinal sorunun genel yaklaşımlı çözümü çeşitli prensiplere dayanır. Sonlu eleman analizi tüm etki alanına çözüm fonksiyonu aramak yerine çözüm fonksiyonunu her bir eleman için formüleleştirir ve onları düzgün bir şekilde problemi çözmek için tek parçaya bütünleştirir.<sup>2</sup>

İmplant diş hekimliğinde sonlu eleman analizi kullanımı ile ilgili varsayımlarda bulunulmuş ve tanımlanmıştır. Sonlu eleman analizi çalışmalarından elde edilen bulgular kemik implant arayüzeyi, implant protez bağlantıları ve çoklu (multiple) implant protezler ile ilişkili olarak tartışılmıştır.<sup>1,2</sup>

\* Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Kırıkkale, Türkiye



### **İmplant – Protez Bağlantısının İncelenmesi**

Literatürde sonlu eleman analize vida kırılması ve vida gevşemesi gibi biyomekanik problemleri inceleyen birçok çalışma mevcuttur.<sup>2-5</sup>

Vida gevşemesi sık sık implantları ve implant destekli protezleri etkilemektedir. Bir vida, protezi sabitlemek için sıkıştırıldığında vida gövdesinde bir gerilme kuvveti (ön yükleme) meydana gelir. Bu gerilme kuvveti vida gövdesini vida başından yivlere kadar etkiler. Ön yükleme, abutment ve implant arasında bağlanma kuvveti oluşturduğu için, mümkün olduğunca çok olmalıdır. Vida, sıkıştırma esnasında gerilme kuvvetlerine maruz kaldığı için uzanım (gerinim) yapar ve daha fazla uzanım yaptıkça, vida yerinde daha stabil kalır. Dolayısıyla vida tasarımı önemlidir ve vida gövdesinde maksimum tork oluşumuna izin verilmelidir.<sup>2</sup>

Vida gevşemesi yiv sayısından etkilenmektedir ve implant gövdesinin anti-rotasyonel komponent yüksekliği de abutment vidasına uygulanan kuvvetlerin büyüklüğünü etkileyebilmektedir. Hekzagonal yükseklik ile vidaya uygulanan stres ters orantılıdır.<sup>4</sup>

Protezik komponentler arasındaki yük transferini sağlayan etken, abutment vidasına tork uygulanması işlemidir. Lisa ve arkadaşları,<sup>5</sup> implant sisteminde ön yükleme miktarını belirlemek için sonlu eleman analizi yapmışlardır. Vidanın implanta sıkıştırıldığı andaki vidadan implanta aktarılan ön yükleme kuvveti modellenmiştir. İki farklı implant markasının kullanıldığı bu çalışmada, abutment vidasının yivleri ile implant vida boşluğu arasındaki sürtünme katsayısı 0,26 olarak kurgulandığında örneklerde 32 Ncm'lik ve 35Ncm'lik tork miktarlarının optimum ön yükleme (825Ncm) oluşturmadığı; fakat sürtünme katsayısı 0,12 olarak kurgulandığında, her iki markada da aynı tork miktarlarıyla optimum ön yükleme (825Ncm) miktarına ulaşıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca ön yükleme ve tork değerleri arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için implant komponentlerinin, özellikle yiv tasarımının çok iyi modellenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Sürtünme katsayısını etkileyen faktörleri; implant komponentlerinin sertliği, yüzey özellikleri, implant materyallerinin tipi, kayganlaştırıcılar (salya gibi), vida sıkıştırılma hızı, yivler arasındaki uyum, abutment ve implant arasındaki uyum, vida ve vida deliğinin toleransı şeklinde açıklamışlardır.

Vida kaybı kuvvetlerin yönü ve büyüklüğü, protezlerin elastik modülü ve abutment rijiditesi gibi faktörlere bağlıdır.<sup>2</sup>

Silva ve ark.,<sup>6</sup> siman ve vida retansiyonlu implant destekli protezlerde nonlineer sonlu eleman analizi kullanarak biyomekaniksel ölçümler yaptıkları çalışmada; vida ve siman retansiyonlu implant destekli protezlerin protezik komponentleri yapılan ön yüklemeleri muhafaza etmeleri, oluşan gerilim değerleri ve yer değiştirme miktarları bakımından karşılaştırmışlardır. Vida gevşemesi ve vida fraktürünün vida retansiyonlu sistemin dezavantajlı olduğu belirtmişlerdir. Çünkü ön yüklemenin yetersiz olduğu, abutment ve vidada yer değiştirmelerin daha fazla olduğu ve dolayısıyla vida retansiyonlu sistemlerde; uygulanan tork miktarına, okluzal uyumlamalara ve protezik komponentlerin pasif uyumuna dikkat edilerek mekanik başarısızlıkların azaltılabileceğini vurgulamışlardır. Ayrıca düşük sürtünmeye sahip kaygan vidaların kullanılmasını da tavsiye etmişlerdir.

### **Multiple implant destekli protezlerin incelenmesi**

Biyomekanik olarak multiple implant destekli protezler (çoklu implant destekli protezler); implant destekli sabit protezler (kantilever dizaynı içeren), implant destekli overdenture protezler ve implant - diş destekli sabit protezler olmak üzere üç ayrı ana başlık altında incelenmektedir.<sup>2</sup>

Ebadian ve arkadaşları,<sup>7</sup> farklı dikey boyutlara ve bar yüksekliklerine sahip implant destekli mandibular overdenture protezlerde meydana gelen stres dağılımlarını sonlu eleman analizi ile incelemişlerdir. Modellemeler, interforaminal alana yerleştirilmiş iki implantlı overdenture protezden geliştirilmiştir. Modellerde dört farklı bar yüksekliği (0,5, 1, 1,5, 2mm) 15 mm dikey boyut ile ve üç farklı dikey boyut (9,12,15mm) 2mm bar yüksekliği ile analiz edilmiştir. Okluzal yüklemeleri unilaterale ve bilaterale olarak birinci moların santral fossasına vertikal 150N olacak şekilde uygulanmıştır. Farklı bar ve okluzal düzlem yüksekliklerinin (kron yüksekliği) kullanıldığı çalışma sonucunda, bar yüksekliğinin azaltılıp akrilik rezin kalınlığının artırılmasının biyomekanik açıdan daha uygun olduğunu ve periimplant bölgedeki kemikte daha az strese neden olacağını belirtmişlerdir.

Yine, mandibular implant destekli overdenture protezlerde implant sayısının biyomekaniksel davranışa etkisinin sonlu eleman analizi ile incelendiği bir çalışmada modeller tek implant destekli (santral bölge), iki implant destekli (bilateral kanin bölgesi), üç implant destekli (bilateral kanin ve santral bölge) ve



dört implant destekli (bilateral santral ve bilateral kanin bölgesi) overdenture protezler olarak oluşturulmuştur. Yüklemeler vertikal ve oblik olarak sol birinci molara 100N, vertikal olarak alt insizörlere 100N şeklinde uygulanmıştır. Sonuç olarak tüm modellerde periimplant bölgede ki kemikte oluşan maksimum asal gerilme değerlerinin fizyolojik sınırlar içinde olduğu bulunmuştur. Tek implant destekli overdenture protez modelinde, implantın çevresindeki kemikte ve abutmentta zararlı gerilim konsantrasyonlarına rastlanmamıştır. Buna karşın bu modelde uygun olmayan protez stabilitesi gözlenmiştir ve protetik açıdan etkisiz bir tedavi seçeneği olduğu vurgulanmıştır. Klinik olarak iki implantla tedavi edilebilecek hastalarda, fulkrum ekseninde bariz ve devamlı bir rotasyon hareketinden dolayı üç implant kullanılması önerilmiştir. Çünkü en yüksek stres değerleri iki implant destekli overdenture protezinin periimplant bölgesindeki kemikte gözlenmiştir.<sup>8</sup>

Dashti ve ark.<sup>9</sup> yaptıkları sonlu eleman analizi çalışmalarında mandibulada iki implant destekli overdenture protez dizaynlarından bar destekli dizaynın, ball ataşman destekli dizayndan kortikal kemikte daha fazla stres oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ancak Assuncao ve ark.,<sup>10</sup> yapmış oldukları iki boyutlu sonlu eleman analizinde, iki implant destekli ball ataşman tasarımının bar ataşmandan alveoler kret üzerinde daha yüksek streslere neden olduğunu gözlemişlerdir. Bunun yanı sıra Prakash ve ark.,<sup>11</sup> implant destekli overdenture dizaynında bar ataşmanın yük paylaşımını sağladığı için ball ataşman, O-ring ataşman ve miknatıslı ataşmana göre daha avantajlı olduğunu belirtmiş ve bu yüzden klinik kullanımının yaygın olduğunu söylemişlerdir.

İmplant destekli sabit protezlerde, implant yerleşim açısı, implant sayısı ve pozisyonu, implant splint tasarımı (altyapı tasarımı), okluzal yüzey, altyapı materyal özellikleri gibi parametrelerin implant kemik arayüzeyinde oluşan stres dağılımlarını etkilediği belirtilmektedir.<sup>4</sup> Meriç ve ark.,<sup>12</sup> yapmış oldukları sonlu eleman analizi çalışmasında, protez altyapı dizaynı ve materyalinin implant çevresindeki kemikte oluşturduğu stres dağılımlarını sonlu eleman analizi ile inceledikleri çalışmalarında, kantilever dizaynının implant çevresindeki kortikal ve trabeküler kemikte oluşturduğu stres miktarının kantilever olmaksızın üç üyeli implant destekli dizayndan daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Fakat çalışmanın sınırları dahilinde

metal destekli seramik şeklinde dizayn edilen kantilever tasarımın kabul edilebilir stres dağılımları gösterdiği vurgulanmıştır. Ek olarak fiberle güçlendirilmiş kompozitin stres dağılımları açısından alternatif bir protetik materyal olabileceğini söylemişlerdir.

Tsumita ve ark.<sup>13</sup> implant destekli sabit protezler de altyapı şeklinin, özellikle pontik - konnektör arayüzey dizaynının stres dağılımına etkisinin olduğunu söylemişlerdir. Sonlu eleman analizi kullandıkları çalışmalarında çatlak başlangıcı ve fraktür açısından konveks dizaynın konvansiyonel ve konkav dizayndan biyomekanik açıdan daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir.

Klineberg ve ark.<sup>14</sup> restorasyon dizaynının okluzal yüklerde fonksiyonel kemik şekillenmesini ve implant etrafındaki kemikte oluşan gerilimleri etkilediğini söylemişlerdir. İmplant boyun bölgesinde kemik kaybına neden olan kuvvetlerin konsantrasyonlarının dik tüberkül eğimleri ve geniş okluzal tabla ile arttığını; yüklerin santral fossada toplanmasının ve dar okluzal tablanın bu konsantrasyonları azaltacağını belirtmişlerdir.

İmplant diş bağlantısı ise bazı klinik durumlar için alternatif bir tedavi oluşturmasına karşın, implant – diş bağlantılı protetik yaklaşımın biyomekaniksel açıdan dezavantaj yarattığı bilinmektedir. Çünkü osseointegre bir implant ve diş farklı hareketlilik gösterir. İmplant – diş bağlantısı oklüzyona geldiğinde okluzal kuvvetler protez üzerinde kantilever etkisi yaratarak; osseointegrasyon kaybı, vida gevşemesi, protez kırığı gibi teknik ve fizyolojik problemlere neden olur.<sup>15</sup>

Yapılan bir sonlu eleman analizi çalışmasında, implant – diş bağlantılı protez tiplerinde maksimum kapanışta okluzal yüklerin iyi bir okluzal aşındırma yapılarak dayanaklara yönlendirilmesi ile bu yüklerin minimize edilmesi önerilmektedir. Ek olarak bu çalışmada implant – diş bağlantılı protezde non rijit konnektör kullanılması halinde protezin daha az okluzal yüklere maruz kalacağı belirtilmiştir.<sup>16</sup>

### ***Kron/İmplant Oranının Stres Dağılımları Açısından Değerlendirilmesi***

Kron/kök oranı, dişin alveolar kretin oklüzalinde kalan kısmının kemik içinde kalan kısmına oranıdır. Alveoler kemikteki rezorpsiyona bağlı olarak kemik seviyesinin apikale doğru çekildiği durumlarda, kemiğin dışında oluşan kaldıraç kolu büyür ve zararlı yan kuvvetlerin oluşma riski artar.<sup>17</sup>



Misch<sup>4</sup> birçok faktörün implant destekli restorasyonlarda mekanik yükleri arttırabileceğini belirtmiştir ve kron yüksekliğindeki artışın bu etki ile ilişkili olduğunu söylemiştir. Uzun kron boyuna sahip implantlarda yapılan bazı uzun süreli klinik araştırmalar tedavinin öngörülebilirliğini (prognozunu) riske atmayacağını belirtmiştir.<sup>17</sup> Ancak diğer çalışmalarda 1/1.4 implant-kron oranında başarısızlıklar rapor edilmiştir. Kron yüksekliğini (10mm,12mm ve 14mm) inceleyen biyomekanik bir testin yapıldığı bu çalışmalarda en yüksek kron boyunun sadece oblik kuvvetler karşısında yer değiştirdiğini göstermiştir.<sup>18</sup> Dahası, uygun olmayan kron/implant oranının parafonksiyonel durumlar varlığında implantlarda kayıplara ve kronlarda fraktürlere yol açtığı da belirtilmiştir.<sup>19</sup>

Kron/kök oranı, sabit veya hareketli bölümlü protezlerde destek diş seçiminde değerlendirilen en önemli değişkenlerdendir. Doğal bir dişin dönme merkezi kemik içindeki gömülü kısmının ortasında bulunur. Alveolar kemikteki destek kemik kaybına bağlı olarak kron/kök oranı zamanla artar. Buna bağlı olarak rotasyon merkezi dişin daha apikaline doğru gelir ve lateral kuvvetler diş için daha yıkıcı hale gelirler. Alveol kemik içindeki kök desteğinde değişiklik olmadan yapılan restorasyonlara bağlı olarak oklüzal dikey boyutun artması da kron/kök oranında değişikliklere neden olur.<sup>20</sup>

En ideal kron/kök oranı 2/3'tür. Fakat 1/1 oranı minimum değer olarak kabul edilebilir. Karşıt dişlenmede yapay dişlerin bulunduğu durumlarda bu oran daha kabul edilebilir bir durumdur.<sup>16</sup>

Schulte ve ark.<sup>21</sup> tek diş implant restorasyonlarda optimum kron/implant oranını belirlemek ve daha sonra kron implant oranlarını doğal dişlerin kron kök oranı için oluşturulan kurallar ile karşılaştırmak üzere geçmişe yönelik bir grup çalışma şekli kullanmıştır. Bu grup 12 yıllık zaman aralığında yerleştirilmiş bir veya daha fazla diş implantlarına (Bicon) sahip deneklerden (294) oluşmuştur. Tüm kron ve implant yapısının görüldüğü radyograflar elde etmek için bir grafik oluşturulmuştur. Kron ve implant uzunlukları kron implant oranını hesaplamak için büyütme kullanılarak doğrudan radyograf üzerinde ölçülmüştür. Kron implant oranını belirlemek için kron uzunluğu implant uzunluğuna bölünmüştür. Hesaplamalar 0.1mm dahilinde yapılmıştır. İmplant kayıpları herhangi bir sebepten dolayı implantın çıkarılması şeklinde kayda geçmiş ve belirlenmiştir. Veriler tanımlayıcı istatistiklerle analiz edilmiştir.

Sonuç olarak 294 hastadaki 889 implantın tamamı ölçülmüş ve çalışmaya dahil edilmiştir. Ortalama takip süresi 0.1-7.4 yıllık bir aralık içinde 2.3 (1.7) yıldır. %98.2 oranında kurtulma oranına karşı 16 kayıp kaydedilmiştir. Kron implant oranları 0.5:1 ve 3:1 arasında değişmektedir. Fonksiyonda olan implantların kron implant oranı ortalama 1.3:1. Kaybedilen implantların kron implant oranları 1.4:1 dir. Yani çalışma kron kök oranının doğal dişlerde olduğu gibi mevcut implant bölgesinin değerlendirilmesi ve restorasyon prognozu açısından kullanılamayacağını söylemektedir.<sup>21</sup>

Bir diğer kron implant oranını riske atacak durum kısa implant kullanım gereksinimidir. Bu tarz vakaları incelemek için Tawil ve Younan,<sup>22</sup> 109 hastaya 10 mm ve daha az uzunluğa sahip 262 implant yerleştirmişler ve protetik faktörlerin kullanım ömrü ve komplikasyon oranları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Hastalar ortalama 53 ay olmak üzere, 12 ila 108 ay arası süresince takip edilmişlerdir. Kron/implant oranı ile ilişkilendirilebilecek marjinal kemik kaybında bir değişim gözlememişlerdir. Yük dağılımı istenen şekilde olduğunda kron/implant oranındaki artışın ana risk faktörü olmadığı sonucuna varmışlardır.

Dantas de Moraes ve ark.<sup>23</sup> eksternal altıgen implantların kron yüksekliğinin kemik implant sistemi üzerinde stress dağılımı ve değişiminin etkisini sonlu eleman analizi ile değerlendirmişlerdir. Her bir kemik blok 3.75 X10 mm bir implant ile birlikte tertip edilmiştir. İmplantlar eksternal altıgen bağlantılı, kron yükseklikleri ise 10 mm, 12.5mm ve 15mm yüksekliğinde ayarlanmıştır. 200N'luk aksiyal bir kuvvet ve 45 derece eğilim ile 100 N luk oblik bir kuvvet uygulanmıştır. Kron yüksekliği aksiyal yükler altında stress dağılımını ve konsantrasyonunu etkilemezken oblik yükler altındayken bu faktörlerin artış gösterdiği görülmüştür. En yüksek stress değeri yüklemeye yapılan kısmın karşı boyun bölgesinde görülmüştür. Ayrıca stress kron/altyapı/kemik yüzeyi boyunca aktarılır. Çalışma sonuçları da özellikle oblik yükler olmak kaydıyla kron yüksekliği arttıkça implant/kemik yüzeyinde stress konsantrasyonunun arttığını ve stress değişimlerinin kemik boyunca arttığını göstermiştir.

Nissan ve ark.<sup>24</sup> kron-implant oranının ve kron yüksekliğinin splintlenmiş ve splintlenmemiş implant destekli restorasyonlardaki stress dağılımlarına fotoelastik rezin yöntemi ile bakmışlardır. Sonuç olarak splintlenmemiş restorasyonlarda kron yüksekliğinin kron



implant oranından stres dağılımı açısından daha önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. 10 mm'lik standart implant kullanılan çalışmada 15 mm ve üstü kron yüksekliğinde protetik başarısızlıkların görüldüğünü belirtmişlerdir.<sup>25</sup> Splintleme işleminin ise 15 mm yi geçen kron yüksekliğinde bu kayba engel olma- dığını ve kron yüksekliğinin 15mm yi geçtiği durumlar- da augmentasyonun gerekliliğini savunmuşlardır.<sup>25</sup>

Urdaneta ve ark.<sup>26</sup> yapmış oldukları prospektif çalışmada artan kron implant oranının tek diş implant restorasyonlara etkisini incelemişlerdir. Artmış kron implant oranının, protetik komplikasyonları önemli derecede artırdığı, fakat kemik kaybına herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır.

Kron/implant oranının implant başarısına olan etkisini yaptığı derlemede inceleyen Blanes, bu oranın kemik kaybına neden olmadığını ve implantların klinik başarı sürelerini etkilemediğini bildirmiştir.<sup>27</sup> Birdi ve ark. ise,<sup>28</sup> bu durumun ancak 2/1 kron/implant oranına kadar kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Sotto-Maior ve ark.<sup>29</sup> travmatik okluzyonun ve artmış kron yüksekliğinin stres konsantrasyonlarını artırdığını belirtmişler, kron implant oranının kortikal kemikteki toplam stresin %11,45'inden sorumlu olduğunu söylemişlerdir. Benzer olarak Sutpideler ve ark.,<sup>30</sup> kemikte oluşan yüksek streslerin sorumlusunun artmış kron yüksekliği olduğunu belirtmişlerdir.

Sotto-Maior ve ark.<sup>29</sup> yaptıkları çalışmada da posterior mandibulaya yerleştirilen 5 mm'lik kısa implantların sahip oldukları yüksek kron/implant oranlarından dolayı stres oluşumunda önemli bir artışa neden olduklarını belirtmişlerdir.

Bazı çalışmalara göre iki muhtemel kron/implant oranı vardır: Anatomik ve klinik kron/implant oranı. Anatomik kron/implant oranı için fulkrum, implant boyun bölgesi ve abutment-kron kompleksi ara yüzündedir. Klinik kron/implant oranı için fulkrum, en koronaldeki kemik ve implant birleşimindedir. Klinik kron/implant oranı biyomekanik olarak anatomik orana göre protetik komplikasyon açısından daha doğru bir durum tarif eder, çünkü implantla bağlantılı olan komponentler kortikal kemik komponentlerinden daha serttir.<sup>27</sup> Yine Schneider ve ark.<sup>31</sup> teknik ve biyolojik olarak iki farklı kron implant oranından bahsetmişlerdir.

Schneider ve ark.<sup>31</sup> kron-implant uzunluk oranının, implant kalıcılığı, marjinal kemik miktarı değişimi, biyomekanik ve teknik komplikasyon

oluşabilmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Geçmişe yönelik en az beş yıllık takibin yapıldığı bu çalışmada, posterior implant destekli tek kron restorasyon tedavisi uygulanmış tüm hastalar klinik ve radyolojik olarak muayene edilmiştir. Sonuç olarak teknik ya da biyolojik kron implant oranının artışının, implantların klinik performansını etkilemediği belirlenmiştir. Artmış kron kök oranının; implant kalıcılığına, marjinal kemik kaybına, teknik ya da biyolojik komplikasyonların artışına etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Verri ve ark.<sup>32</sup>, yaptıkları sonlu eleman analizi çalışmalarında farklı kron yüksekliğine sahip (10mm, 12,5mm, 15mm) tek implant destekli protezlerde implant çevre kemiğindeki ve abutment vidası üzerindeki stres dağılımlarını ölçmeyi amaçlamışlardır. Kron, implant ve fiksasyon vidası üzerindeki Von Misses stres değerlerine bakıldığında aksiyal yüklemelerde tüm modellerde benzer stres değerlerine rastlanmıştır. En yüksek stres değerleri fiksasyon vidası-implant ve abutment-implant ara yüzeyinde bulunmuştur. Oblik yüklemelerde ise bu yüzeylerde stres konsantrasyonlarındaki artışın kron yüksekliğindeki artışla korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Kemik dokusunda oluşan maksimum asal gerilmeye bakıldığında aksiyal yüklemelerde tüm modellerde oluşan stres değerleri birbirine benzer çıkmıştır. Gerilim stresleri kortikal kemiğin derinlerinde oluşurken baskı stresleri kortikal kemik yüzeyinde oluşmuştur. Ek olarak oblik yüklerde ise kron yüksekliği arttığında yükün uygulandığı tarafın karşı yüzeyindeki implant boyun bölgesinde gerilme streslerinde artış gözlemlenmiştir. Sonuç olarak kron yüksekliğindeki artışın aksiyal yüklemelerde önemli bir parametre olmadığı, daha çok oblik yüklemelerde dik- kat edilmesi gereken bir parametre olduğu vurgulanmıştır.

Kron implant oranı rehabilitasyonun başarısı için önemlidir. 1:1 kron implant oranı, artmış kron implant oranının abutment vidasında ve periimplant bölgede stres artışlarına neden olmasından dolayı klinik olarak sağlanmaya çalışılmalıdır.<sup>32</sup> Ancak klinik çalışmalar marjinal kemik kaybı açısından risk olmadığını, protetik başarısızlıkların özellikle vida gevşemesi ve vida fraktürü şeklinde olduğunu ortaya koymuştur.<sup>26,28,33-34</sup>

## SONUÇ

Biyomekanik, başarılı restorasyonlar yapabilmek için iyi anlaşılması gereken bir kavramdır. Sonlu eleman stres analizi yöntemi biyomekaniksel açıdan risk



faktörlerini hesaplamak için implant diş hekimliğinde kullanılan sayısal bir stres analizidir. Gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde sonlu eleman stres analiz yöntemi ile yapılan modellemeler gerçeğe çok yakın hazırlanabildiğinden diş hekimliğindeki kullanımı gittikçe artmaktadır. Klinisyenler bu yöntemin implant diş hekimliğinde uygulanmasını ve sınırlamalarını öğrendiklerinde, sonuçlarını klinik açıdan daha uygun şekilde yorumlayabilirler.

**M. Emin Aksan** , ORCID ID: 0000-0001-7718-5646

**Saadet Atsü** , ORCID ID: 0000-0001-7011-3375

**Ali Can Bulut** , ORCID ID: 0000-0002-1586-7403

### KAYNAKLAR

1. Taşkınsel E, Gümüş HÖ. Sonlu elemanlar stres analizi ve restoratif diş hekimliğinde kullanımı. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2014; 8: 131-5.
2. Geng JP, Tan K, Liu G, Application of finite element analysis in implant dentistry: A review of the literature. J Prosthet Dent 2001; 85: 585-98.
3. Kayabaşı O, Yüzbaşıoğlu E, Erzincanlı F. Static, dynamic and fatigue behaviors of dental implant using finite element method. Advances in Engineering 2006; 37: 649-58.
4. Misch, CE. Dental Implant Prosthetics. 1st ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby 2005; 324-36.
5. Lisa A, Lang LA, Kang BB, Wang RF, Lang BR. Finite element analysis to determine implant preload. J Prosthet Dent 2003; 90: 539-46.
6. Silva GC, Cornacchia TM, Magalhães CS, Bueno AC, Moreira AN. Biomechanical evaluation of screw- and cement-retained implant-supported prostheses: A nonlinear finite element analysis. J Prosthet Dent 2014; 112: 1479-88.
7. Ebadian B, Farzin M, Talebi S, Khodaeian N. Evaluation of stress distribution of implant-retained mandibular overdenture with different vertical restorative spaces: A finite element analysis. Dent Res J 2012; 9: 117-21.
8. Liu J, Pan S, Dong J, Mo Z, Fan Y, Feng H. Influence of implant number on the biomechanical behaviour of mandibular implant-retained/ supported overdentures: A three-dimensional finite element analysis. J Dent 2013; 41: 241-9.
9. Dashti MH, Atashrazm P, Emadi MI, Mishaeel S, Banava S. The effects of two attachment types on the stresses introduced to the mandibular residualridge: A 3D finite element analysis. Quint Int Prosthodont 2013; 44: 8.
10. Assuncao WG, Tabata LF, Barao VAR, Rocha EP. Comparison of stress distribution between complete denture and implant-retained overdenture-2D FEA, J Oral Rehabil 2008; 35: 766-74.
11. Prakash V, De Souza M, Adhikari R. A comparison of stress distribution and flexion among various designs of bar attachments for implant overdentures: A three dimensional finite element analysis Indian J Dent Res 2009; 20: 31-6.
12. Meriç G, Erkmén E, Kurt A, Tunç Y, Eser A. Influence of prosthesis type and material on the stress distribution in bone around implants: A 3-dimensional finite element analysis, J Dent Sci 2011; 6: 25-32.
13. Tsumita M, Kokubo Y, Von Steyern PV, Fukushima S, Effect of framework shape on the fracture strength of implant-supported all-ceramic fixed partial dentures in the molar region. J Prosthodont 2008; 17: 274-85.
14. Klineberg IJ, Trulsson M, Murray GM. Occlusion on implants - is there a problem? J Oral Rehabil 2012; 39: 522-37.
15. 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: 331-40.
16. Schillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3rd ed. Chicago Quintessence 1997; 89-90.
17. Rokni S, Todescan R, Watson P, Pharoah M, Adegbembo AO, Deporter D. An assessment of crown-to-root ratios with short sintered poroussurfaced implants supporting prostheses in partially edentulous patients. Int J Oral Maxillofac Imp 2005; 20: 69-76.
18. Kwan N, Yang S, Guillaume D, Aboyousséf H, Ganz SD, Weiner S. Resistance to crown displacement on a hexagonal implant abutment. Imp Dent 2004; 13: 112-9.
19. Fugazzotto PA, Beagle JR, GaneleS J, Jaffin R, Vlassis J, Kumar A. Success and failure rates of 9 mm or shorter implants in the replacement of missing maxillary molars when restored with individual crowns: preliminary results 0 to 84 months



- in function: a retrospective study. *J Periodontol* 2004; 75: 327-32.
20. Grossmann Y, Sadan A. The prosthodontic concept of crown-to-root ratio: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 559-62.
  21. Schulte J, Flores AM, Weed M. Crown-to-implant ratios of single tooth implant supported restorations *J Prosthet Dent* 2007; 98: 1-5.
  22. Tawill G, Younan R. Clinical evaluation of short, machined-surface implants followed for 12 to 92 months. *Int J Oral Maxillofac Imp* 2006; 18: 894-901.
  23. Dantas De Moraes SL, Verri FL, Santiago Junior JF, Augusto De Faria AD, Cantieri De Mello C, Pellizzer FPA. 3-D Finite Element Study of the Influence of Crown-Implant Ratio on Stress Distribution. *Brazilian Dent J* 2013; 24: 635-41.
  24. Nissan J, Ghelfan O, Gross O, Priel I, Gross M, Chausbu 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: 1934-9.
  25. Nissan J, Ghelfan O, Gross O, Priel I, Gross M, Chausbu G. The effect of splinting implant-supported restorations on stress distribution of different crown-implant ratios and crown height spaces. *J Oral Maxillofac Surg* 2011; 69: 2990-4.
  26. Urdaneta RA, Rodriguez S, Mcneil DC, Weed M, Chuang SK. The effect of increased crown-to-implant ratio on single-tooth locking-taper implants. *Int J Oral Maxillofac Imp* 2010; 25: 729-43.
  27. Blanes RJ. To what extent does the crown-implant ratio affect the survival and complications of implant-supported reconstructions? A systematic review. *Clin. Oral Impl Res* 2009; 20: 67-72.
  28. Birdi H, Schulte J, Kovacs A, Weed M, Chuang SK. Crown-to-implant ratios of short-length implants, *J. Oral Imp.* 2010; 6: 425-33.
  29. Sotto-Maior BS, Senna PM, José DSW, Rocha EP, Cury AA. Influence of crown-to-implant ratio, retention system, restorative material, and occlusal loading on stress concentrations in single short implants, *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27: 13-8.
  30. Sutpideler M, Eckert SE, Zobitz M, An KN. Finite element analysis of effect of prosthesis height, angle of force application, and implant offset on supporting bone. *Int J Oral Maxillofac Imp* 2004; 19: 819-25.
  31. Schneider D, Witt L, Hammerle CHF. Influence of the crown-to-implant length ratio on the clinical performance of implants supporting single crown restorations: a cross-sectional retrospective 5-year investigation. *Clin. Oral Impl Res* 2012; 23: 169-74.
  32. Verri FR, Batista VE, Santiago JRJF, Almeida DA, Pellizzer EP. Effect of crown-to-implant ratio on peri-implant stress: A finite element analysis. *Mater Sci Engineering* 2014; 45: 234-40.
  33. Lee KJ, Kim YG, Park JW, Lee JM, Suh JY. Influence of crown-to-implant ratio on periimplant marginal bone loss in the posterior region: a five-year retrospective study. *J Periodont Imp Sci* 2012; 42: 231-6.
  34. Tawill G, Aboujaoude N, Younan R. Influence of prosthetic parameters on the survival and complication rates of short implants. *Int J Oral Maxillofac Imp* 2006; 21: 275-82.

#### Yazışma Adresi

Dr.Ali Can Bulut  
Kırıkkale Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi Protez Bölümü  
Kurtuluş Mahallesi 692. Sokak No:31  
Merkez / KIRIKKALE  
Tel: 05375007814  
Fax: +90 318 2250685  
E-mail: alicanbulut@outlook.com

