



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Mandibula Kırıklarında Kullanılan “I” Tipi Plakların Tespit Konumlarının Karşılaştırılması

Arif ÖZKAN^{1*}, Fatih ATİK², Yasin KIŞIOĞLU³

¹ Düzce Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Konuralp Kampüsü Düzce, Türkiye

² Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konuralp Kampüsü Düzce, Türkiye

³ Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Umuttepe Kampüsü Kocaeli, Türkiye

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: arifozkan@duzce.edu.tr

ÖZET

Mandibula kırıklarında miniplak kullanımı yaygın görülen müdahale yöntemlerinden biridir. Mandibula kemiği kırıklarında plak-fiksator uygulaması öncesi tetkiklerde kullanılacak biyomalzemenin taşıyabileceği sınır değerlerinin ortaya konması gerekir. Plak ve fiksatorün, çenenin maksimum kuvvete ulaştığı durumlar dahil her türlü etkiye karşılık verir nitelikte olması istenmektedir. Cerrahi müdahale öncesinde kullanılacak malzeme ve plak geometrisinin belirlenmesi tüm bu etkenler nedeniyle istenilen cerrahi uygulamaya ulaşmak için gereklidir. Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan Titanyum Alaşım ile tasarlanmış ve “I” geometriye sahip plakların tespit konumları kıyaslanmıştır. Her bir model ve modele ait malzeme için ANSYS® sonlu elemanlar yazılımı ile gerilme ve deformasyon kapasiteleri karşılaştırılmıştır. In vitro çalışmaları kadar kullanılabilir değerler elde edilebilen sonlu elemanlar analizi sonuçları I tipi mandibula plakları ve malzemeleri için değerlendirilmiştir. İki farklı tip mandibula kırıklarında kullanılan I tipi plakların hangi şartlar altında tespit tercihinin uygun olduğu ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mandibula, Titanyum; Sonlu eleman analizi; İnternal fiksatorler

Location Comparisons of “I” Type Mandibular Fixator Plates

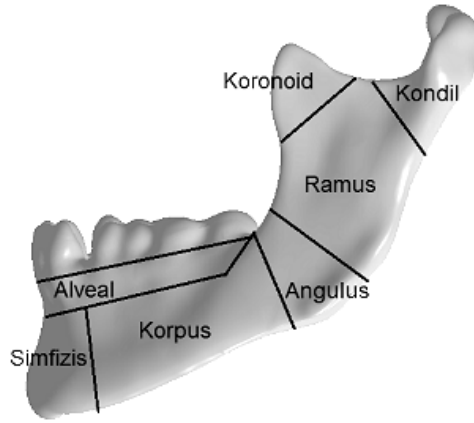
ABSTRACT

The use of mini plates is one of the common intervention methods of mandible fracture healings. The force carry limit values of the biomaterials that used in mandibula fixations must be well known before to the plate fixation application. Plate and fixators responds to all influences, including maximum force of bitten cases. Plate geometry and material must be determined prior to surgery because of all these factors. In this study, I type mini plates were designed with different location variations and titanium made. Each model used in its model were compared with the stress and deformation capacities aided with ANSYS ® finite element software. Finite element analysis results as in vitro studies, were obtained with mandibula plate and its titanium material. “I” type miniplates that used in two different types of mandibula fractures, accordance with under which conditions preference were expressed.

Keywords: Mandibular Fracture; Titanium; Finite Element Analysis; Internal Fixators

I. GİRİŞ

İNSAN, hayatta kalabilmek için yeme-içme faaliyetlerini sürdürmesi gerekir. Isırma ve çiğneme işlevini üslenen diş ve dişe güç sağlayan çene kemiği (mandibula) bu faaliyetlerin en önemli yardımcılarıdır. Mandibula bu önemli işlevleri esnasında ya da dış etkenler nedeniyle kırılabilmektedir [1-3]. Ayrıca, mandibula kırıkları yüz kemiklerinde en fazla görülen travma türlerinden biridir [1-2]. Mandibula kırıklarının tanı ve tedavi metodu seçimi için, radyolojik (X-Işınları, Bilgisayarlı Tomografi [BT] vb.) incelemeler tıbbi bilimlerin neredeyse tamamında kullanıldığı haliyle hekime yol göstermektedir. Buna yönelik olarak literatürde kırık bölgesi ve hattına göre sınıflandırma uzun yıllardır yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya konu olan mandibula ve bölgeleri Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Mandibula ve bölgeleri

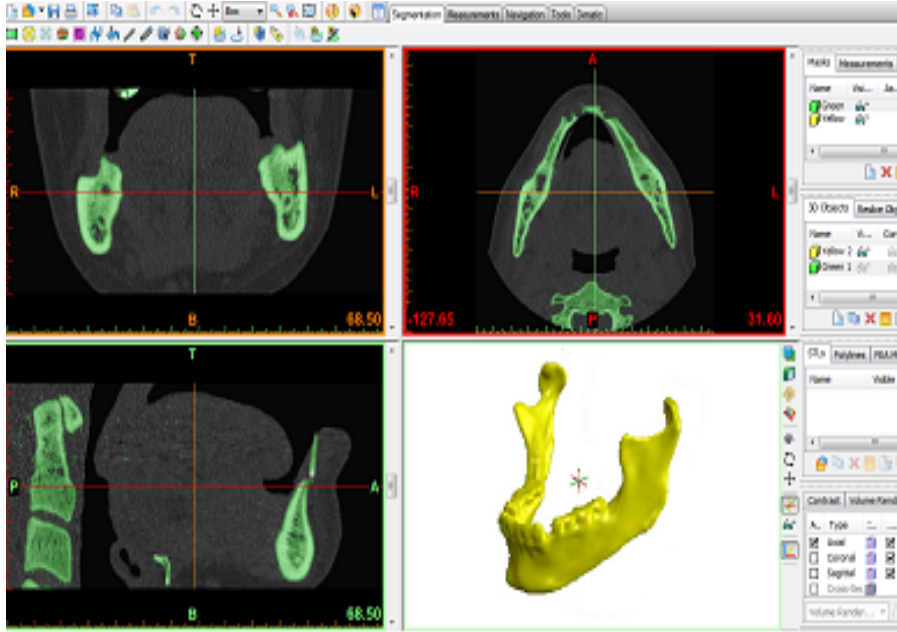
Kırık hattının durum ve konumuna göre birden fazla tedavi metodu vardır [1-4]. Bu metotlarda genel amaç çene eklemine oluşturan kemiklerin kırığında ayrılan parçaları sağlıklı çene konumuna getirip sabitlemek ve bu durumu koruyabilecek fiksasyonları uygulamaktır. Bu konumlamayı ve çene işlevlerini yerine getirmek veya desteklemek amacıyla kullanılan biyomalzemeler, metal, seramik, polimer veya kompozitlerden yapılmaktadır [1-4]. Bu biyomalzeme çeşitleri kullanıldıkları bölgeye göre farklılık göstermektedir. Kemik implantı olarak ve kırık tesbitinde; titanyum, titanyum-alüminyum-vanadyum alaşımları, paslanmaz çelik, kobalt-krom alaşımları kullanılırken, teflon, poliüretan, PMMA, silikon kauçuk, hidrojel gibi biyo-uyumlu malzemeler de farklı dokular için kullanılmaktadır [4]. Biyo-malzemelerden mandibula kemiğine uyum sağlayıp, en ideal özelliklerde performans göstermesi kullanıldığı diğer alanlarda olduğu gibi beklenmektedir.

Literatürde mandibula kırıkları üzerine yapılan klinik çalışmalar bulunmakla beraber uygulamalı çalışmalar genellikle canlı hayvan deneyleri üzerinde olmakta ve malzeme ve cerrahi müdahale lokasyonu tespiti noktasında uygulamalar yapılmaktadır [5-9]. Bu çalışmaların genelinde ciltte oluşturulan kesi noktaları, fiksatorlerin durumu ve kozmetik unsurlar dikkate alınmamsa karşılık mekanik unsurlar arasında ve fiksator geometri ve malzemeleri kıyaslaması dikkate alınmamaktadır. Bununla beraber, retrospektif klinik çalışmalar da özellikle cerrahi sonrasında plaklar üzerinde ortaya çıkabilecek yorulma kırıklarına plak malzemesinin ve geometrisinin araştırıldığı literatür çalışmaları da bulunmaktadır [10-12].

Bu çalışmada mandibula üzerindeki iki farklı tip kırık tedavisinde kullanılabilecek, titanyum alaşımı (Ti6Al4V) "T" tipi geometriye sahip mini plak ile fiksasyonu yapılmış yerleştirme konumlarının değerlendirilmesi sonlu elemanlar metodu yardımıyla gerilme ve deformasyon davranışları açısından elde edilmiştir.

II. MALZEME ve YÖNTEM

Mandibula geometrisini birebir olarak bilgisayar destekli elde etmek bir takım süreçleri kapsamaktadır. Gerçek modele birebir geometriye sahip olan çene modeli, deneylerde sağlıklı sonuç almak için önem arz etmektedir [5-6]. Bu çalışmada kullanılan mandibula modeli için, ortalama ağırlık ve boyda sağlıklı bir insanın Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerinden faydalanılmıştır. BT görüntüleri BT tarayıcı aygıtıyla elde edilmiştir. Görüntüler BT cihazından DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında kaydedilmiştir. DICOM katmanları bir bütün halinde kemik yapının modellenmesi için kullanılmaktadır. Bu görüntüler, MIMICS® (Materialise's Interactive Medical Image Control System) yazılımı arayüzü ile işlenerek mandibula geometrisi oluşturulmuştur (Şekil 2).



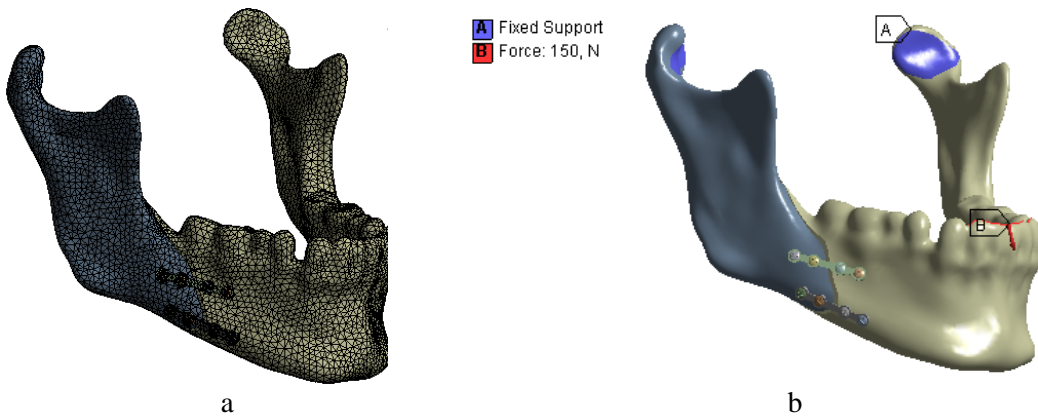
Şekil 2. DICOM verisinden katı model oluşturmak.

GEOMAGIC® programında düzenlenen MIMICS tabanlı model IGS formatında kaydedilerek SOLIDWORKS® programına aktarılmıştır. Burada, model için iki farklı kırık hattı oluşturulmuş ve plak modelleri tasarlanarak vida ile fiksasyonu gerçekleştirilmiştir. Plak ve vida tasarımı için üretici firma standart ölçüleri referans alınmıştır. Bu çalışma aşamaları I tipi geometrisindeki plak ve 2 farklı kırık tipi (düz (tip I), oblik (tip II)) için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Geometrileri birebir olarak elde edilen mandibula ve plak modelleri sonlu elemanlar analizleri için ANSYS® DesignModeler ara yüzüne aktarılmıştır. Kullanılacak malzeme tanımları yapılmıştır. Bu malzemelerin elastikiyet modülü ve poisson oranı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan materyallerin malzeme özellikleri [6-18]

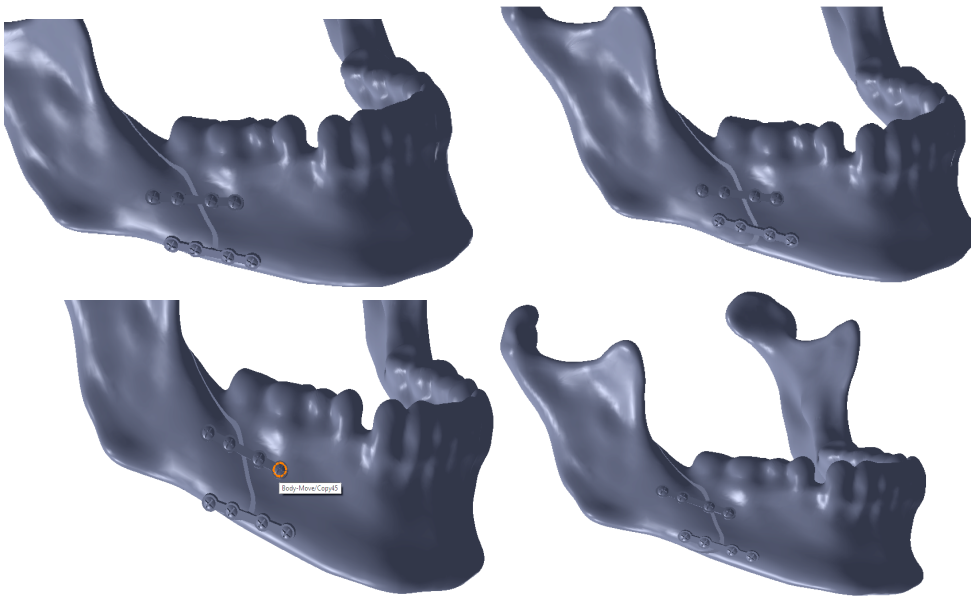
	Poisson oranı (ν)	Elastikiyet modülü (E) GPa
Ti6Al4V	0.342	113.8
Çene Kemiği	0.3	14

Matematiksel model tanımlaması için ağ örgüsü ataması yapılmıştır. Mandibula modelleri ortalama olarak 121.839 nod ve 75.842 eleman içermektedir. Plak-vida grubu küçük boyutlu olduğundan dolayı, mandibulanın 2 katı yoğunlukta olacak şekilde ağ örgüsü atanarak elde edilmiştir. (Şekil 3a). Yük ve sabitlerin belirlenmesi aşamasında ise Şekil 3b de görüldüğü gibi iç kondil bölgelerinden sabitlenmiş olan mandibula üzerine ön dişlerden çiğneme kuvvetleri yönünde 150 Newton tesirinde çizgisel ısırık kuvveti uygulanmıştır.



Şekil 3. Mandibulaya ait sonlu elemanlar modeli ve yükleme /sınır şartları

Yükleme ve sınır şartları atanan Tip I ve Tip II kırık modelleri için ayrı ayrı oluşturularak sonlu eleman analizleri için hazırlanmıştır. Şekil 4 üzerinde I plak için seçilmiş olan farklı konumlar model üzerinde yerleştirilmiş olarak gösterilmektedir.

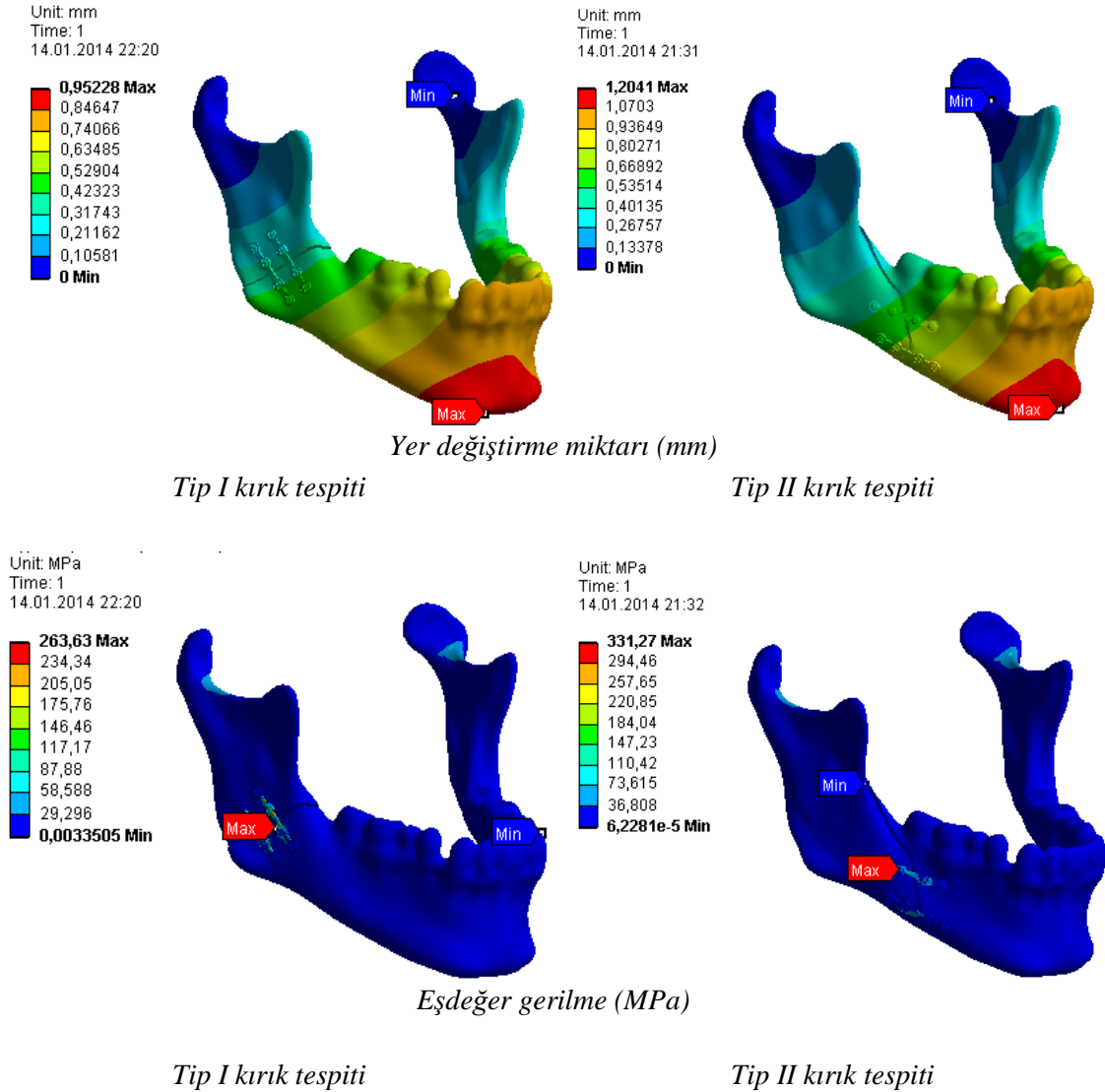


Şekil 4. "I" Plak tespit konumları

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada mandibula Tip I ve Tip II kırığı tedavisinde kullanılabilir I tipi geometriye sahip mini plak ile fiksasyonu yapılmıştır. Gerçeğe yakınlığı ve uygulanabilirliği ile diğer klasik yöntemlerin önüne geçen sonlu elemanlar metodu ile malzeme ve geometri kombinasyonlarının karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Mandibula üzerinde Şekil 4’de de gösterildiği gibi her iki kırık tipi içinde 4 farklı yerleşim konumu tek ve çift plaklı olarak değerlendirilmiştir. Buna göre en uygun konumlar Şekil 5’de gösterildiği gibi düzlem kırık Tip I için paralel 5 mm aralıklı montaj konumu ve oblik kırık Tip II için ise birbirleriyle 15°’lik montaj konumu olan seçim için sağlanmaktadır.



Şekil 5. İdeal yerleşim kombinasyonunun analiz sonuçları

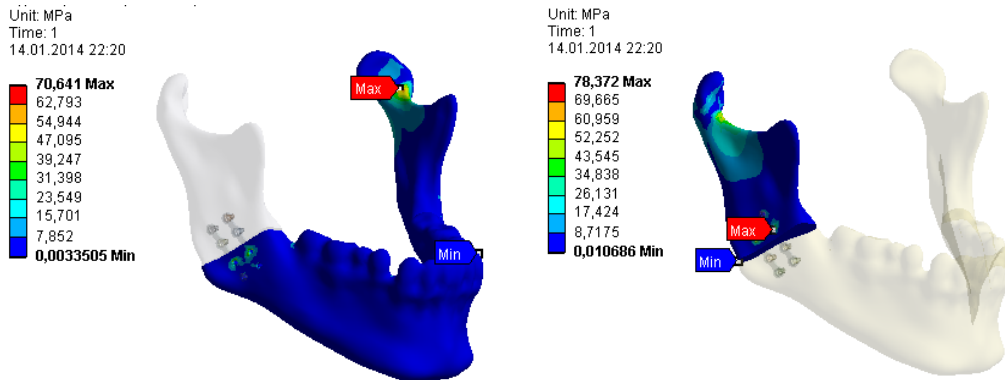
Seçilen kombinasyonlar için çığneme kuvveti tesirinde ortaya çıkan en fazla gerilme değeri Tip I kırık için 264 MPa ile ikili plak kullanımında üst plak 2. Vidasında ortaya çıkmaktadır. Bu da gerçek ortam şartları altında beklenen bir durum olması nedeniyle analiz şart ve durumunun kabul edilebilir olması ve değerlerinin uygulanabilir olması anlamını taşımaktadır. İlaveten, 264 MPa değeri malzemenin kabul edilebilir üst sınır değerinden de az olduğu için emniyetli bir tespit söz konusudur. Aynı şekilde 331 MPa değeri ile en fazla gerilme Tip II kırık tespiti sonrasında üst plak 3 numaralı vida üzerinde meydana gelmiştir.

Deplasman (yer değiştirme) durumları ise, plaklar üzerinde 0.41 ila 0.07 mm arasında, vidalar üzerinde ise 0.01 ila 0.09 mm arasında olmuştur. Mandibula üzerindeki en fazla yer değiştirme ise Tip I için 0.95 mm ve Tip II kırık için ise 1.02 mm olarak elde edilmiştir. Çığneme kuvvetinin mandibulanın ön kısmının kuvvet yönünde sehime yol açması da beklenen bir durum ve plakla tespit sonrasında kabul edilebilir bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır. Tablo 2’de ideal olarak elde edilen kombinasyonların sonlu elemanlar analiz sonuçları gösterilmiştir.

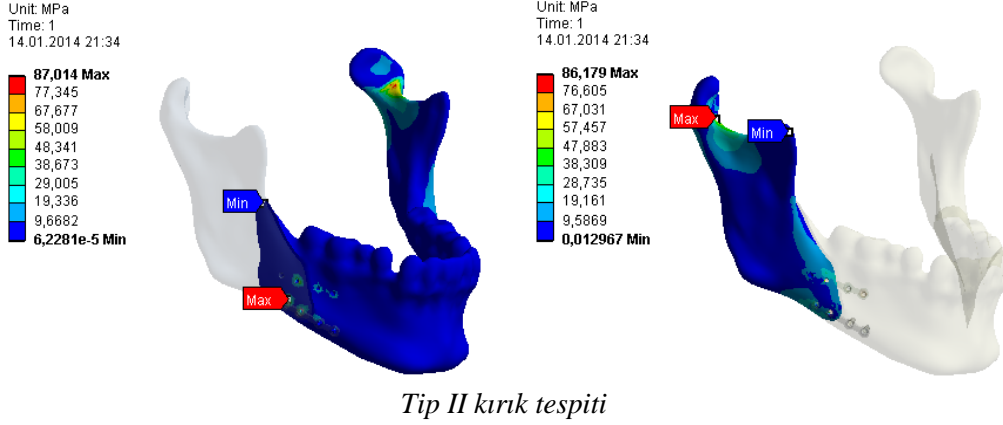
Tablo 2. İdeal kombinasyonların karşılaştırmalı sonuçları

	Gerinim (mm/mm)	Eşdeğer Gerilme (Mpa)	Toplam Deformasyon (mm)
Sol yan kesi düzlemi (Tip I)	Maks. 0.034 Min. 3.1925e-6	Maks. 263.63 Min. 0.003	Maks. 0.95
Üst kesi düzlemi (Tip II)	Maks. 0.029 Min. 1.55 e-8	Maks. 331.27 Min. 1.05 e-5	Maks. 1.20

Mandibula kırıklarının tespiti sonrasında kırık hattı üzerindeki gerilmenin paylaşılması da temel mekanik tespit için istenilen bir durumdur. Sonlu elemanlar çözümlenmeleri sonrasında Şekil 6’da gösterilen Tip I ve Tip II kırıkları için de gerilme dağılımının tespit sonrası sağlanması söz konusu olmuştur.



Tip I kırık tespiti



Şekil 6. Mandibula parçalarının üzerinde oluşan gerilme değerleri

IV. SONUÇ

Sonuç olarak, farklı kırık hatlarında I geometrili ve titanyum alaşım malzemeden fiksator ve plaklar değerlendirilmiştir. Buna göre, kırık hattının düzgün kabul edilebileceği vakalarda en ideal fiksasyonun çift plak ve doğrusal paralellik ilkeli montaj konumu ile sağlandığı ayrıca, I geometrili plakların tek kullanımının da düzlemsel (Tip I) kırıklarda ideal bir uygulama olabileceği sonucu elde edilmiştir. Ayrıca, kırık hattı nedeniyle iki parçaya ayrılan mandibula üzerindeki gerilme ve yer değişim değerleri de bu sonucu destekler niteliktedir. Kırık hattının uzunlamasına olması durumunda ise yine Ti6AlV4 malzeme ve iki adet düzlem "I" geometrili plak ile uygulamanın birbirleriyle başlangıç merkezleri esas alınmak koşulu ile 15° açı ile 6 mm. mesafe ile konumlanmış montaj konumu ile en ideal olarak sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR: Modelleme ve tasarım aşamasında yazılım için desteklerinden dolayı 4C Medikal şirketi nezdinde Sn. Kutsal TUAÇ Hanımefendiye teşekkürlerimizi sunarız.

V. KAYNAKLAR

- [1] İrkören S., Sivrioğlu N., Bulut B., Sonel A., Ceylan E. (2011) Üç Yıl İçerisinde Opere Edilen 63 Mandibula Fraktürü Olgusunun Retrospektif Analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, Cilt 12 (3), sayfa 1-4.
- [2] Çetingül E., (1977), Çocuklarda Alt Çene Kırıklarının Protez Şineler ve Perimandibuler Ligatürlerle Tedavileri, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, Cilt 2 (1), Sayfa 17-28.
- [3] Çizmeçi M., Karabulut A., (1999), Mandibula Kırıkları ve Tedavi Prensipleri, Ulusal Travma Dergisi, Cilt 5 (3), sayfa 139-146.
- [4] Bilim ve Teknik Dergisi (2002), Sayı 416, Temmuz Bülteni, Sayfa 2-3.
- [5] Sağlam M, Çetinkaya M.A., (2003), Clinical studies of orthopaedic treatments of maxillar and mandibular traumatic lesions in cats. JTVS, vol. 9, pp. 5-10.
- [6] Scott H.W., The skull and mandible. In: A. Coughlan, A. Miller (Eds) (1998), Manual of Small Animal Fracture Repair and Management. British Small Animal Veterinary Association, Hampshire, pp. 115-132.

- [7] Smith MM, Kern D.A. (1995), Skull Trauma and Mandibular Fractures. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 25, pp. 1127-1148.
- [8] Taylor R.A. (1998), Surgical Repair of Mandibular Fractures, In: M.J. Bojrab (Ed), *Current Techniques in Small Animal Surgery*. Williams & Wilkins Co, Baltimore, pp.977-980.
- [9] Turner T.M. (1995), Fractures of the skull and mandible. In: ML Olmstead (Ed), *Small Animal Orthopedics*. Mosby-Year Book Inc, St.Louis, pp. 171-179.
- [10] Gellrich NC, Suarez-Cunqueiro MM, Otero-Cepeda XL, Schon R, Schmelzeisen R, Gutwald R: (2004), Comparative Study of Locking Plates In Mandibular Reconstruction After Ablative Tumor Surgery: THORP versus UniLOCK system. *J Oral Maxillofac Surg* 62: pp. 186-193.
- [11] Lopez R, Dekeister C, Sleiman Z, Paoli JR. (2004), Mandibular Reconstruction Using The Titanium Functionally Dynamic Bridging Plate System: A Retrospective Study Of 34 Cases. *J Oral Maxillofac Surg* 62: pp. 421-426.
- [12] Martola M, Lindqvist C, Hanninen H, Al-Sukhun J. (2007), Fracture Of Titanium Plates Used For Mandibular Reconstruction Following Ablative Tumor Surgery. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 80: pp 345-352.
- [13] Atik F., Özkan A., Uygur İ., (2012), İnsan Uyluk kemiği ve Kalça Protezinin Gerilme ve Deplasman Davranışlarının Kıyaslanması, *SAUFBE Derg.* 2012; 16(3): 249-253.
- [14] Ghahramanzadeh H., Kovacı H., Kaymaz İ., Alsarar A., Akaş İ.(2012), Çene kırıklarında kullanılan Mini plakların yerleştirilmesinin simülasyonu ve gerilme analizi, *Mühendis ve Makina*, Cilt: 53(628), sayfa 44-49.
- [15] Sato L., Asprino L., Noritomi Y., Silva L., Moraes M. (2012), Comparison Of Five Different Fixation Techniques Of Sagittal Split Ramus Osteotomy Using Three-Dimensional Finite Elements Analysis, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* Volume 41 (8), pp. 934-941
- [16] Baohui J., Wang C., Liu L. (2010), Biomechanical Analysis Of Titanium Miniplates Used For Treatment Of Mandibular Symphyseal Fractures With The Finite Element Method *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* Mar;109(3), pp. 21-27
- [17] Vineeth K., Lalitha M., Kavitha P., Ranganath K., Shwetha V., Singh J., A (2012), Comparative Evaluation Between Single Noncompression Titanium Miniplate And Three Dimensional Titanium Miniplate In Treatment Of Mandibular Angle Fracture, *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, Mar;41(2), pp. 103-109.
- [18] Costa F., Bezerra M., Ribeiro T., Pouchain E., Sabóti V., Soares E. (2012), Biomechanical Analysis Of Titanium Plate Systems In Mandibular Condyle Fractures. A Systematized Literature Review, *Acta Cirúrgica Brasileira*, Vol. 27(6), pp. 424-429.