ÇENE KIRIKLARINDA KULLANILAN MİNİ PLAKLARIN YERLEŞTİRİLMESİNİN SİMÜLASYONU VE GERİLME ANALİZİ

Hojjat Ghahramanzadeh Asl*,
Atatürk Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum
hojjatgh@atauni.edu.tr

Halim Kovacı,
Atatürk Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü,Erzurum

İrfan Kaymaz,
Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Akgün Alsaran
Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Ayhan Çelik
Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, Erzurum

İsmail Akaş
Atatürk Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Erzurum

ÖZET

Günümüzde çene kırıklarının tedavisi için farklı geometrilere sahip mini plaklar kullanılmaktadır. Çene kemiğinin karmaşık geometrisinden dolayı, çene kırıklarında kullanılan plaklarda hasar olasılıklarını tespit etmek için oluşacak maksimum gerilmenin doğru olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla, çene geometrisinin ve farklı tipte plakların üç boyutlu (3B) modeli elde edilmiş ve plakların çeneye yerleşimleri gerçekleştirilmiştir. Çeneye gelen farklı değerlerdeki yükler sonucunda plaklarda oluşacak gerilmeler sonlu elemanlar yöntemiyle analiz edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda çenede oluşan kırıklarda; implant-çene bileşiminde oluşacak gerilmeye bağlı olarak hangi tip mini plağın, hangi yönde kullanılması gerektiği ele alınmış ve en uygun mini plak belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mandibula, çene kırıkları, mini plak, gerilme, sonlu elemanlar yöntemi

Simulation and Stress Analysis of Mini Plates Used On Mandible Fractures

ABSTRACT

Nowadays, the mini plates are used for the treatment of mandibula and maxilla fractures. Because of the complex geometry of mandibula and maxilla, the calculation of maximum stress is necessary for determination of the failure probability in the plates which are used for the treatment. For this purpose, the three dimensional (3D) models of mandibula and mini plates have been obtained from real models and then the placement of mini plates to mandibula have been performed. The mini plates' stresses emerged in consequence of different loads have been analyzed using finite element method (FEM). As a result of study, the best results have been obtained from double locking plate in terms of both stresses and reliability.

Keywords: Mandibula, mandibula fractures, mini plate, stress, finite element method

* İletişim yazarı

Geliş tarihi : 16.05.2012
Kabul tarihi : 07.06.2012

Ghahramanzadeh, H., Kovacı, H., Kaymaz, İ., Alsaran, A., Çelik, A., Akaş,İ. 2012. "Çene Kırıklarında Kullanılan Mini Plakların Yerleştirilmesinin Simülasyonu ve Gerilme Analizi," TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 628, s.44-49.

1. GİRİŞ

1950'lerden beri çene iskelet deformasyonları, sagittal split ramus osteotomisi ile tedavi edilmektedir ve pek çok rijit fiksasyon sistemi gereken stabiliteyi sağlamaktadır. Plakların geleneksel plaklara göre teorik avantajları; vidada herhangi bir gevşemenin olmaması, daha kararlı halde olması, daha az hassasiyetle plağın adapte olması ve daha az bağıl hareket olması olarak sayılabilir. Plak ile sabitlenen çene kırığının oluşturduğu mekanik fiksasyon sistemi birkaç çalışmada incelenmiştir. Oguz v.d (2011) yaptığı deneysel çalışmada koyun çenesinde farklı kırık tiplerinde plakla tedavi yapılması durumunu incelemiş ve bu incelemede plaklarda oluşacak maksimum deplasman değerlerini ele almıştır [1]. Takahashi et. al (2010) yaptığı teorik incelemede çene kırıklarında kullanılan farklı tür plaklarda gerilme analizleri gerçekleştirmiştir [2]. Chuong v.d (2005) farklı yükler altında çene implant yapısında, plak ve vidalarda oluşan gerilmeleri incelemiştir. Günümüzde canlı sistemlerinin gerek tek başlarına gerekse implantlarla oluşturdukları yapıların incelenmesi amacıyla biyolojik ve mekanik sistemlerin ele alındığı birçok biyomekanik yöntem vardır [3]. Biyomekanik biliminin deneysel çalışmalarla ele alınması canlı sistemlerinin incelenmesi için büyük avantajlar sağlamasına rağmen, deneysel çalışmalar öncesinde yapılacak olan teorik çalışmalar, deneysel çalışma öncesinde çalışmanın tutarlılığının incelenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY/FEM) deneysel çalışmalar öncesinde sistemleri modellemek için çok iyi bir araçtır. Bu çalışmada, farklı tipte plaklarda oluşacak gerilmelerin incelenmesi amacıyla üç farklı implant ile oluşturulan beş farklı fiksasyon sistemi modellenmiş ve analiz edilmiştir. Çalışmada çene kırıklarının fiksasyonu için kullanılan plaklar aşağıda verilmiştir.

1- Dört delikli uzun düz kilit plağı
2- Dört delikli mini titanyum plak
3- Beş delikli mini titanyum Y plağı

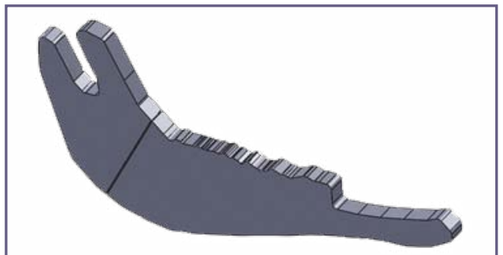
Bir ve iki numaralı plakların tek başlarına ya da ikili kullanılmaları ele alınmış, üç numaralı plağın ise tekil olarak kullanılması durumu ele alınarak toplamda beş farklı fiksasyon sistemi oluşturulmuştur. Plakların çeneye fiksasyonunu sağlamak için mini vidalar kullanılarak oluşturulan sistemlerin farklı değerlerdeki yüklere maruz kalması durumunda, plak ve vidalarda oluşan gerilmeler incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada farklı tipte plaklar ve çene kırığına bağlı olarak plakların yerleşimleri göz önüne alınarak, çene kırığı tespit edilmiştir ve tespit edildikten sonra plak davranışlarının analizi gerçekleştirilmiştir. Hem modelleme aşamasında kırıkların oluşturulması ve yerleşiminin yapılmasında hem de analizlerde sınır şartlarının uygulanmasında daha önce yapılan deneysel çalışma modeli esas alınmıştır [4]. Bu amaçla çenenin, plakların ve vidaların 3B FEM modeli, SolidWorks programı kullanılarak elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra elde edilen modeller, plaklarda oluşan gerilmeleri incelemek amacıyla ANSYS/Workbench programı kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan işlemlerin aşamaları aşağıda verilmiştir.

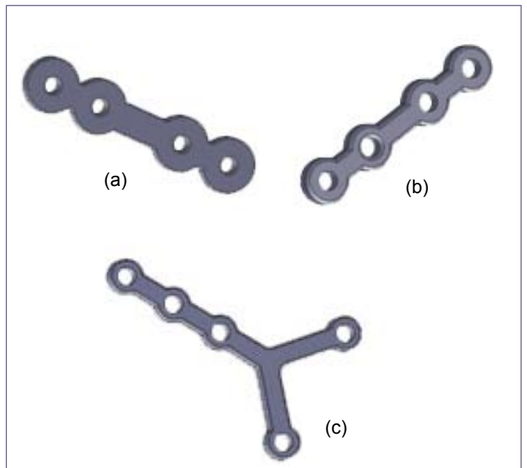
2.1 Modelin Çıkarılması

Bu çalışmada düzgün bir çene modelinin çıkarılmaması durumu analiz sonuçlarını doğrudan etkileyeceği için, çene geometrisi SolidWorks programı kullanılarak modellenmiştir. Bu amaçla bir koyuna ait çenenin boyutları ölçülmüş ve bu ölçülere uygun olarak çenenin katı modeli elde edilmiştir. Tasarlanan çene modeli Şekil 1'de gösterilmiştir.

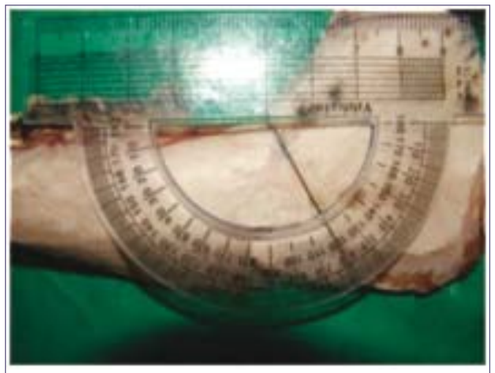


Şekil 1. Kırık Çenenin Üç Boyutlu Modeli

Çenenin tasarımıyla aynı şekilde ticari olarak kullanılan plakların ve vidaların ölçüleri alınmış ve bu ölçülere uygun implantların katı modelleri SolidWorks programı kullanılarak elde edilmiştir. Plak modelleri Şekil 2'de gösterilmiştir [5].



Şekil 2. (a) Plak 1: Dört Delikli Uzun Düz Kilit Plağı, (b) Plak 2: Dört Delikli Mini Titanyum Plak, (c) Plak 3: Beş Delikli Mini Titanyum Y Plağı



Şekil 3. Çene Kemiğine Uygulanan Kırığın Açısı ve Şekli

Yapılan çalışmada farklı plaklarla oluşturulan fiksasyon sistemleri, gerilmeler açısından birbiriyle karşılaştırılacağı için; plaklarda fiksasyon farklılıklarını belirleyen deneysel çalışma modeline uygun olarak bütün modellerde çene kırıkları aynı yerde (çenedeki son dişten 2 cm ilerisi) ve 60º lik açı yapacak şekilde oluşturulmuştur. Yapılan deneysel çalışma modeline uygun olarak oluşturulan modeller Şekil 3'te gösterilmiştir [4].

Şekil 4'te sabit çene kırıklarında farklı fiksasyon modelleri gösterilmektedir.

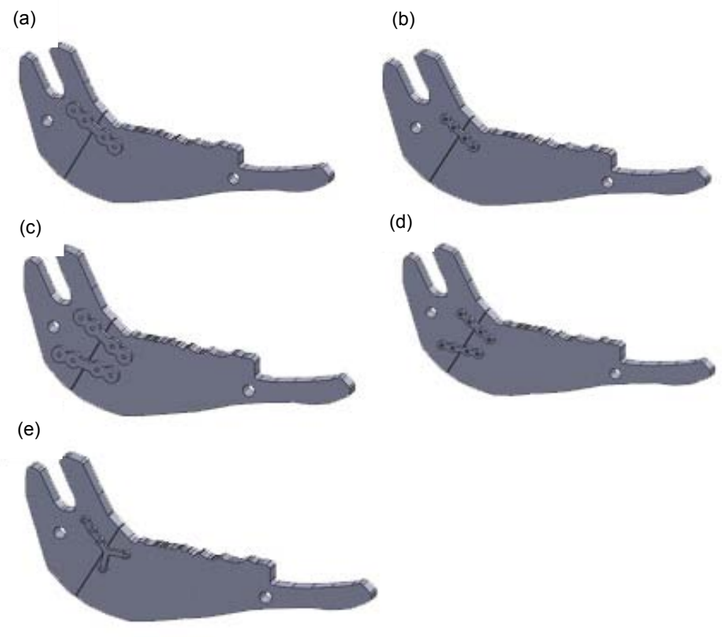
2.2 Analizler

SolidWorks programında oluşturulan modeller ANSYS/Workbench programına taşınmış ve bu programda kemik-plak yapısından oluşan modellerin yapısal gerilme analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde oluşturulan her kemik-plak modeli için aynı malzeme özellikleri kullanılmıştır. Kemik modelleri için ve titanyum plak modelleri için kullanılan malzeme özellikleri Tablo 1'de verilmiştir [6].

Analizlerde ANSYS kütüphanesinde tanımlı olan Solid 72 (dört düğüm noktalı ve her düğüm noktasında 6 serbestlik derecesine sahip olan) eleman tipi kullanılmıştır. Bunun yanında yapılan denemeler sonucunda modeller için optimum mesh boyutu elde edilmiştir. Gerçekleştirilen analizlerde oluşturulan her bir modelin analizi için elde edilen mesh özellikleri Tablo 2'de verilmiştir ve bir modele ait oluşturulmuş mesh örneği model Şekil 5'te gösterilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan Malzemelere Ait Özellikler

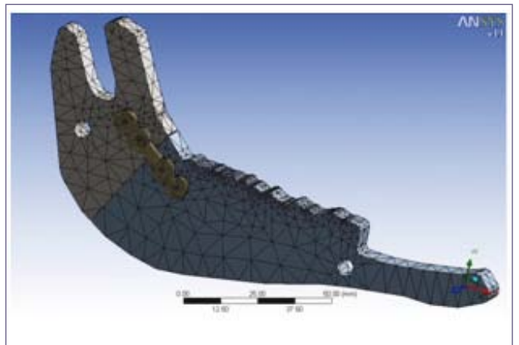
	Titanyum Alaşımı (Ti6Al4V)	Kemik
Elastisite modülü (E)	110 GPa	14 GPa
Poison oranı (v)	0.34	0.3



Şekil 4. Farklı Fiksasyon Modellerinin Gösterilmesi (a) 1. Model: Tek Dört Delikli Uzun Düz Kilit Plak, (b) 2. Model: Tek Dört Delikli Mini Titanyum Plak, (c) 3. Model: Çift Dört Delikli Uzun Düz Kilit Plak, (d) 4. Model: Çift Dört Delikli Mini Titanyum Plak, (e) 5. Model: Tek Beş Delikli Mini Titanyum Y Plağı

Tablo 2. Farklı Modellere Ait Mesh Özelikleri

	Eleman sayısı	Düğüm noktası
1. Model	8974	21915
2. Model	7996	17821
3. Model	14787	37082
4. Model	12958	29160
5. Model	9730	22031



Şekil 5. Kemik – İmplant Modeline Ait Örnek Mesh Dağılımı

2.3 Sınır Şartlarının Belirlenmesi

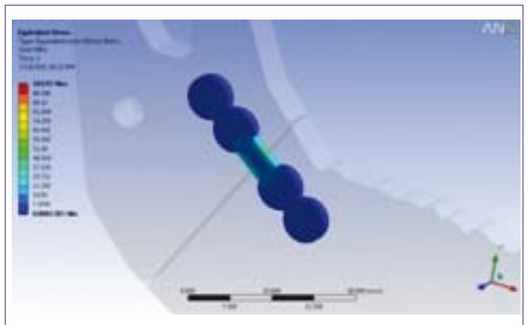
Çene ve plak modellerine yük uygulanabilmesi için, uygun sınır şartların tanımlanması gerekmektedir. Bunun için, daha önce yapılan deneysel çalışma modellerinin [4,7] sınır şartları esas alınmıştır. Şekil 6'da söz konusu çalışmada kullanılan mesnet (A ve C noktaları) ve yükün uygulandığı yer (B noktası) gösterilmektedir. Buna göre A ve C noktalarının sadece Z ekseni etrafında dönme hareketi yapmasına izin verilmiştir. Yükler ise, çenenin iç kısmında çatlak ucunun 20 mm ötesinden Y ekseni doğrultusunda uygulanmıştır. Mesh yapısı oluşturulan her bir modele 20, 60, 100 ve 120N' luk yükler uygulanmıştır.

Şekil 6. Çene-İmplant Modelinde Kullanılan Deney Sistemi [2]

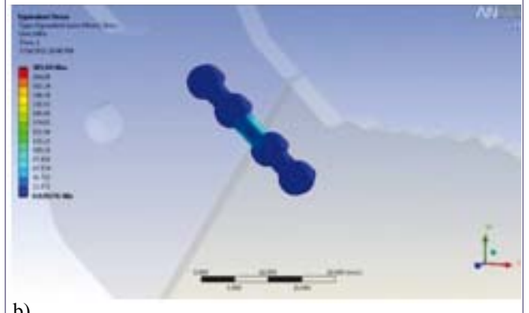
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Şekil 7'de beş modelde plaklar üzerinde oluşan gerilme dağılımları gösterilmiş ve Tablo 3'te uygulanan farklı kuvvetler etkisi sonucunda meydana gelen maksimum von Mises gerilme değerleri verilmiştir.

Tablo 3'te toplu olarak verilen maksimum gerilme değerleri Şekil 8'de grafik olarak verilmiştir. Tablo 3 ve Şekil 8 incelendiğinde, maksimum gerilme değerinin 5. Modelde kullanılan plakta olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, bu plağın Y şeklinde bir geometriye sahip olmasıdır. Ayrıca 2. Model ele alındığında, gerilme değerlerinin 5. Modelde elde edilen gerilme

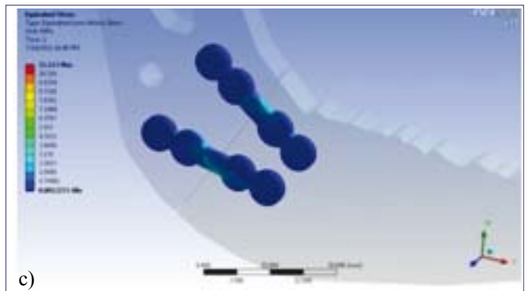


a)

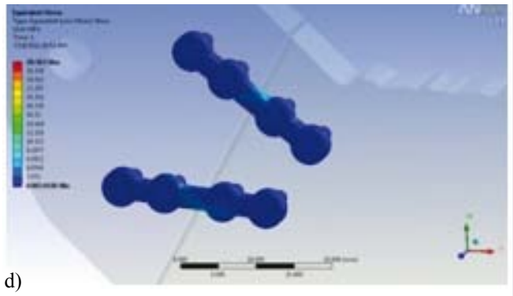


b)

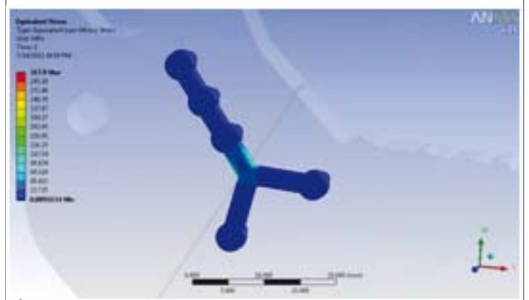
Şekil 7. Plaklar Üzerinde Oluşan Gerilme Dağılımları a) 1. Model, b) 2. Model



c)

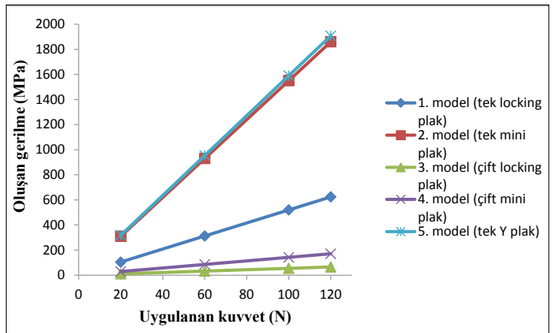


d)



e)

Şekil 7 devamı. Plaklar Üzerinde Oluşan Gerilme Dağılımları c) 3.Model, d) 4. Model, e) 5. Model



Şekil 8. Tüm Modeller İçin Uygulanan Kuvvetle Oluşan Gerilme Değerlerinin Değişimi

değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Bunun sebebi de bu plağın boyutlarının diğer plaklara göre daha küçük olmasıdır. Oluşan gerilmeler genel olarak incelendiğinde ise; tek plak yerine iki plak kullanılması durumunda gerilme değerlerinin azaldığı görülmektedir. Çift locking plak ile oluşturulan modelde en düşük gerilme değerinin elde edilmesi bu sonucu doğrular niteliktedir.

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, üç farklı titanyum sabitleme plağı kullanılarak oluşturulan beş fiksasyon modelinin çeşitli yükler altındaki gerilme analizleri, Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Tüm modellerde maksimum gerilmeler plakların kırığın üzerinde yer alan düz kısımlarında oluşmuştur.
- Tüm yükleme şartlarında en yüksek gerilmelere 2. (tek mini plak) ve 5. (tek Y plak) modeller sahiptir.
- Çift plak kullanılan 3. ve 4. modellerde, uygulanan yükün iki farklı plakaya dağılması nedeniyle en düşük gerilmeler görülmüştür ve yük artışı ile gerilme değerlerinin artışı arasında çok fazla değişim olmamıştır.

Tablo 3. Farklı Kuvvetler Etkisi Sonucunda Meydana Çıkan Maksimum Gerilmeler (von Mises)

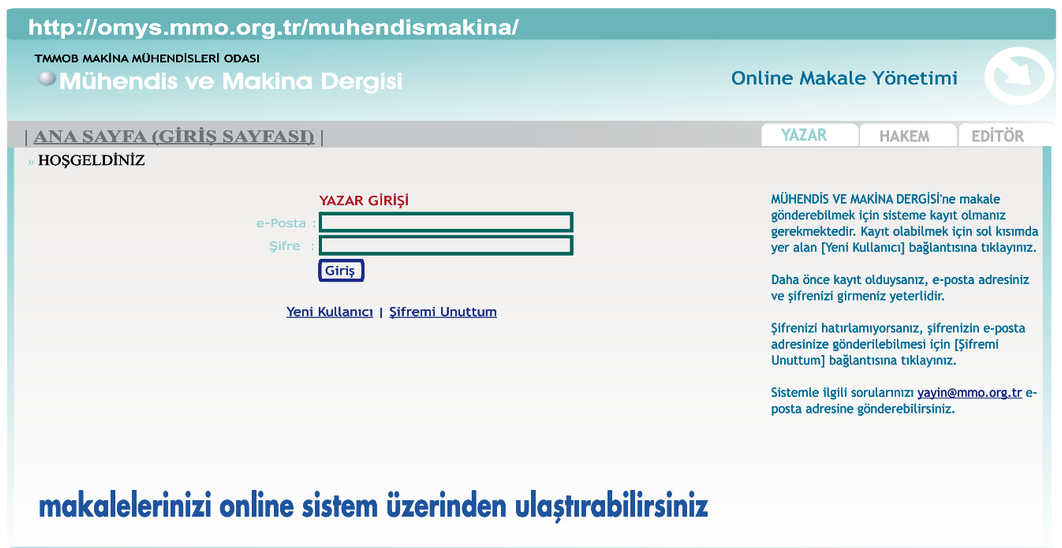
Uygulanan Yük/Model	20 N	60 N	100 N	120 N
1. Model	103,97 MPa	311,92 MPa	519,86 MPa	623,83 Mpa
2. Model	310 MPa	930,13 MPa	1550,2 MPa	1860,3 Mpa
3. Model	10,90 MPa	32,71 MPa	54,52 MPa	65,42 Mpa
4. Model	28,36 MPa	85,09 MPa	141,82 MPa	170,18 Mpa
5. Model	317,92 MPa	953,69 MPa	1589,5 MPa	1907 Mpa

- Titanyum malzeme özellikleri, çalışmada konu alınan plakların yaygınlıkla üretildiği malzeme olan Ti6Al4V alaşımına uygun olarak seçilmiştir. Söz konusu alaşımın akma dayanımı 800 MPa civarındadır. Buna göre, 20 N'luk yük altında tüm plaklar, akma gerilmesinin altındaki gerilmelere maruzdur. Ancak 60, 100 ve 120 N'luk kuvvetlerde 2. ve 5. modeli oluşturan plakların akma gerilmesinin üzerindeki gerilmelere maruz kaldığı görülmektedir.

Bu sonuçlara dayanarak oluşan gerilmeler bakımından; çene kırıklarında çift locking plak ile yapılan tespitin, en uygun tespit yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

SEMBOLLER

°	Derece
cm	Santimetre
mm	Milimetre
E	Elastisite Modülü
ν	Poisson Oranı
MPa	MegaPascal
GPa	GigaPascal
N	Newton

KAYNAKÇA

1. **Oguz, Y., Saglam, H., Dolanmaz, D., Uckan, S.** 2011. "Comparıson of Stability of 2.0 mm Standard and 2.0 mm Locking Mini Plate/Screws for the Fixation of Sagittal Split Ramus Osteotomy On Sheep Mandibles," British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 49: 135–137.
2. **Takahashi, H., Moriyama, S., Furuta, H., Matsunaga, H., Sakamoto, Y., Kikuta, T.** 2010. "Split Ramus Osteotomy Fixed with Resorbable Compared with Titanium Bicortical Screws in Mandibles of Sheep," Head & Face Medicine, 6:4, http://www.head-face-med.com/content/6/1/4.
3. **Chuong, C., Borotikar, B., Schwartz-Dabney, C., Douglas Sinn, P.** 2005. "Mechanical Characteristics of the Mandible After Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy: Comparing 2 Different Fixation Techniques," American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons J Oral Maxillofac Surg, 63:68-76.
4. **Akaş, İ.** 2011 "Mandibula Angulus Kırıklarının Tedavisinde Kullanılan Farklı Tekniklerin in Vitro Karşılaştırılması," Phd tezi.
5. **Gutwald, R., Schön, R., Metzger, M., Kreutzer, K., Rahn, B., Schmelzeisen, R.** 2011. "Miniplate Osteosynthesis With four Different Systems in Sheep," International Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, surg.; 40: 94-102.
6. **Korkmaz, H.,** 2007. "Evaluation of Different Miniplates in Fxation of Fractured Human Mandible With the Finite Element Method," Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod;103:e1-e13.
7. **Cilasun, U., Uckan, S., Dolanmaz, D., Saglam, H.** 2006. "Immediate Mechanical Stability of Sagittal Split Ramus Osteotomy Fixed With Resorbable Compared With Titanium Bicortical Screws in Mandibles of Sheep," British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 44: 534–537.