

## SKOPI KULLANIMI GEREKTİRMEYEN İNTRAMEDÜLLER DİSTAL KİLİTLEME SİSTEMİ: YENİ BİR CİHAZ

Halil İbrahim İMİROĞLU\*<sup>1</sup>, Cem SEVER<sup>2</sup>, İrfan KAYMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Mevlana Üniversitesi, Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji ABD, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
Skopi İntramedüller çivi Distal kilitleme vidası İmplant Sonlu elamanlar analizi	Uzun kemik diafiz kırıklarının intramedüller çivi(İMÇ) ile tedavisinde distal kilitleme vidalarının tatbiki, cerrahi sürenin uzamasına ve hem hastanın hem de ameliyathane ekibinin yüksek dozda x ışını almasına neden olmaktadır. Bu problemi çözmek için birçok farklı sistem denenmiştir. Bu sistemler ya pahalıdır ya da skopi kullanmayı gerektirmektedir. Bu çalışmada minimum skopi kullanımı ile uygulanabilecek yeni bir distal kilitleme sistemi (DKS) tasarımı önerilmiştir. Bu tip bir kilitleme için tasarılan İMÇ'nin halen kullanımda olanlardan tek farkı distal kilitleme deliklerinin 3,5-5 cm. arasında olmasıdır. Bunun amacı ilk vidayı en az hata ve olabilen en az skopi kullanımı ile gönderebilmektir. İlk vida kemik korteks konveksitesinin en tepe noktası bulunarak gönderilir. Bu aşamada ilk vidanın doğru açıda ve çivi içinden geçip geçmediğinin kontrolü için sınırlı süre skopi kullanılabilir. Diğer tüm sistem ilk gönderilen vida referans alınarak tatbik edilmektedir. Hasta CT görüntüsü kullanılmış ve CAD programına aktarılarak hastaya özel femur modeli elde edilmiştir. Makaslama, üç nokta eğme kuvveti, yüklenme, torsiyonel kuvvetler neticesinde tasarlanmış olan implantın davranışı sonlu elamanlar analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yeni tasarlanan bu DKS sayesinde İMÇ distal kilitlemelerinin çok daha hızlı, hatasız, hasta pozisyonundan bağımsız ve en önemlisi skopiye en az veya hiç kullanmadan tatbik edilebilecektir. İMÇ'nin içi kovan ile doldurulacağı için mekanik olarak daha stabil bir kilitleme elde edilecektir. Bu tasarım; Patent Siciline 16.05.2014 tarih, 2014/05497 Başvuru numarası ve 2014-G-176508 Evrak Giriş numarasıyla kaydedilmiştir.

## DISTAL LOCKING SYSTEM OF INTRAMEDULLARY NAIL: DESIGNING A NEW IMPLANT

Keywords	Abstract
Fluoroscopy, Intramedullary nail Distal locking screw Implant Finite element analysis	Treatment of fractures of long bones with intramedullary nails (IMNs) has some difficulties such as using locking distal screws. prolonged surgery time, and increased x-ray exposure of both patient and operation room team. Many different systems have been designed and tested so far by many researchers and as well as companies. However all these systems need fluoroscopy use or they are very expensive devices. In this study, we present a new design and technique of distal locking screws without use of any fluoroscopy. The only difference between the IMN, which is proposed in this technique, and the standard IMN is the distal locking hole length which can be extended to 3,5-5 cm. The reason of having this extended hole is to apply the first locking screw easily without any fault and minimum possible use of fluoroscopy. It is important to drill the apex of the lateral cortex of the bone for the true path of the first screw. In this stage it may be needed to visualize one or two shots with fluoroscopy to confirm the first screw that passes within the distal nail hole. Once the screw applied truly, all the other process is depending to the guide system which references the first screw. Therefore, a new Distal Locking System of Intramedullary Nail implant has been designed in this study. Patient CT images were used and transferred to a CAD program to create a patient-specific femur model. The implant behavior was evaluated using the finite element analysis, considering bending, torsional and shearing forces. When compared to similar systems, the one designed in this study enables easier application with no fault and minimally usage of fluoroscopy. The new design also induces mechanical stability due to the use of metallic insert in the IMN. In addition, there is no need to change the position of the patient while operation in this new design.

\* İlgili yazar: halilibrahimimiroglu@gmail.com

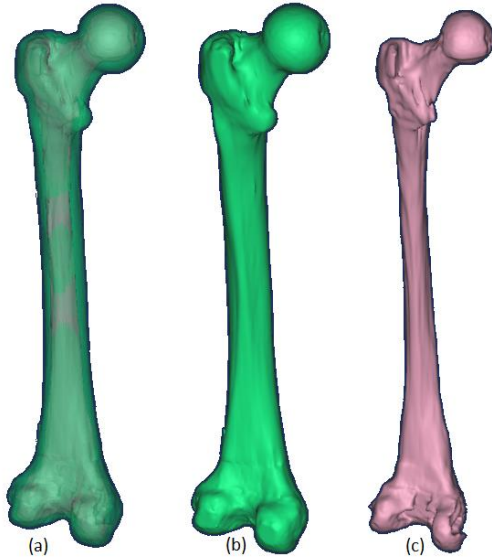
## 1. Giriş

Uzun kemik kırıkları ortopedi ve travmatolojinin en önemli uğraşı alanlarından biridir. Uzun kemik kırıkları içerisinde cerrahi tedavisi en problemlilerden biri femur cisim kırıklarıdır. Femur cisim kırıklarının güncel tedavisi 1950'li yıllarda kilitli intramedüller çivi ile tespit yöntemleri ile başlamıştır[1]. Kullanılan bu sistemler biyolojik iyileşmeye izin vermesi, erken dönemde eklemler, kırık bölgesine yük verilebilmesi ve bu sırada da diz-kalça hareketlerine fizyolojik sınırlar içinde izin vermesi gibi birçok avantaja sahiptir [2-3]. Ancak bu sistemlerde özellikle distal kilitleme vidalarının tatbik edilmesindeki zorluklar bir çok ortopedik cerrahi zorlamaktadır.

Bu çalışmada, düşük maliyetli, küçük modifikasyonlarla mevcut intramedüller çivilere adapte edilebilir, X-ışını kullanmayı ve farklı cihaz ve alet kullanmayı gerektirmeyecek yeni bir tasarım olan distal kilitleme sistemini sunuyoruz.

## 2. Materyal ve Yöntem

Hastaya özel DICOM formatındaki BT verisi Mimics® 15.01 (Materialise, Leuven, Belgium) yazılımına aktarılarak doku modelindeki Hounsfield (HU) değerlerine göre modellenmiştir. Segmentasyon işlemiyle kortikal, trabeküler kemik nokta bulutları çıkarılmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** (a)Femur modeli saydam görünüş (b) Kortikal kemik (c) Trabeküler kemik

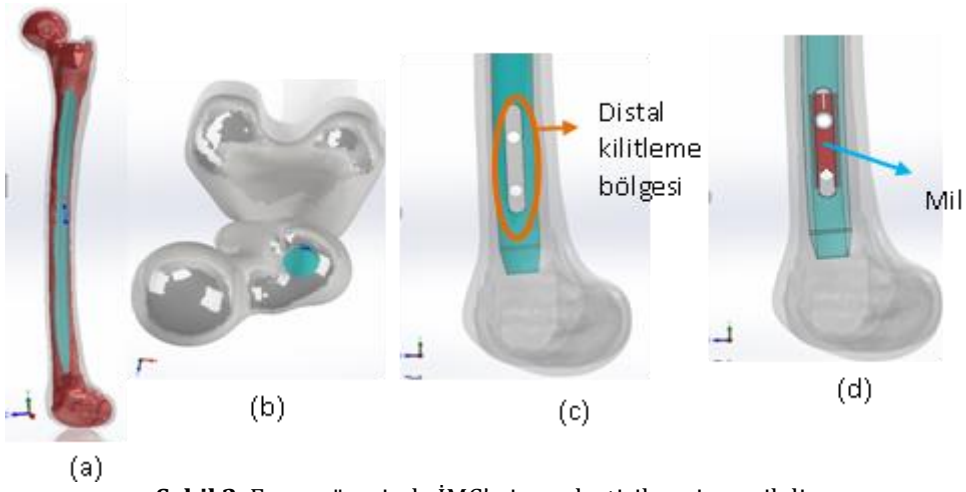
Bu çalışmamızda, uzun kemik (Femur, Tibia vb.) kırıklarında İntramedüller çivi (İMÇ) 'nin takıldığı distal bölgedeki fiksasyona yeni bir implant ve

kilitleme sistemi geliştirilmiştir. İMÇ' nin distal bölgede yaşanan zorluk kemik iliği boşluğundan gönderilen İMÇ' nin distal bölgedeki vida deliği merkezi ile kemik dış yüzeyinden gönderilen vidanın merkezinin birbiri ile çakışmamasından kaynaklanır. Bunun için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. En yaygın olarak kullanılan intramedüller çivi ve distal kilitleme vidaları ile sabitleme tekniğidir. Bu tekniğin zorlukları, operasyon esnasında hasta pozisyonunun değiştirilmesi, distal kilitleme vidalarının tatbiki sırasında x ışını geçirebilen matkap ucu kullanılması gerekmektedir. Ayrıca hastanın ve ameliyathane ekibinin uzun süreli X ışınına maruz kalmasına neden olmaktadır.

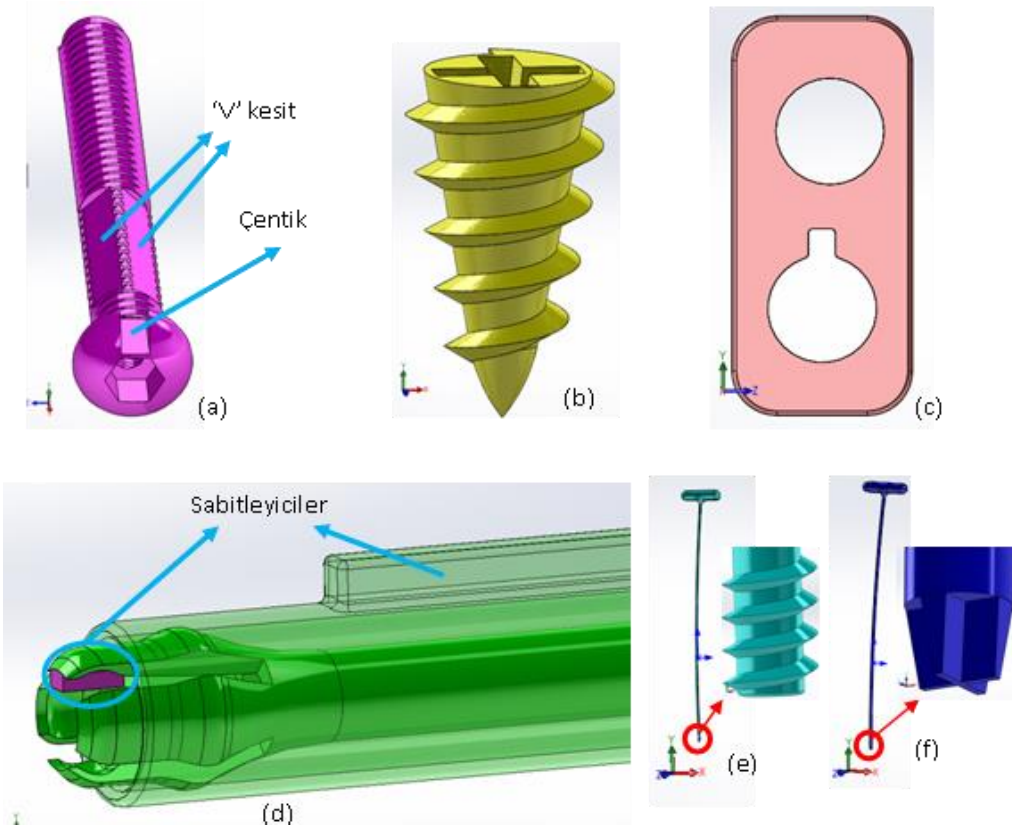
Bu çalışmada kemik femur kemiğinin katmanlarının (Kortikal ve trabeküler) nokta bulutları ayrı ayrı Mimics programından alınarak SolidWorks 2014 Premium yazılımında tek tek tersine mühendislik yöntemi kullanılarak katı hale getirilmiştir. Katı hale gelen parçaların yüzeyleri geometrik hata kontrolü yapılmış, parçalardaki hatalar nokta bulutuna uygun yeni yüzeyler atılarak düzeltilmiştir. Femur kemiğinin katmanların montajı yapıp, kemiğin ölçülerine uygun İMÇ seçilip SolidWorks programını kullanarak modellenmiştir ardından sanal ameliyat yöntemi ile femur kemiğinin kemik iliği bölgesi İMÇ' nin çap ölçüsüne uygun olarak traşlanmıştır (Şekil 2-a, b).

İMÇ'nin femur kemiğine montajı tamamlandıktan sonra İMÇ' nin distal kilitleme bölgesindeki delik merkezlerinin tasarımı tamamlanmıştır (Şekil 2-c). Ardından sistemde iki adet vidaya yataklama görevi yapacak olan milin tasarımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2-d). Mil, İMÇ' nin distal bölgesinde bulunan iki adet vida fiksasyonunun tamamlanmasının ardından dübel mantığı kullanılarak konik vida yardımıyla mil yüzeyi İMÇ'nin iç yüzeyine sıkı geçmesi gerçekleştirilmiştir.

Mil tasarımının tamamlanmasından sonra distal kısımda kilitleme yapacak olan ilk özel vida tasarımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3-a). Daha sonra 1. vidamıza uyumlu özel tornavida kılavuzu tasarlanacaktır (Şekil 3-d). 2. Distal kilitleme vidasının merkezinin, İMÇ içerisindeki milin merkeziyle çakışmasını sağlamak özel kamalı tornavida ile uyumlu tornavida kılavuzu tasarlanacaktır (Şekil 3-b). Ayrıca milin kafa kısmının dübel mantığı ile açılması için konik vida tasarlanacaktır (Şekil 3-c). Ameliyat sırasında mili İMÇ içerisine göndermek için kılavuz tasarlanacaktır (Şekil 3-e). Distal bölgedeki kilitleme vidalarının tatbikinden sonra milin kafa kısmını İMÇ' ye sıkı geçmesini yapacak olan konik vidanın kılavuzu tasarlanacaktır (Şekil 3-f).



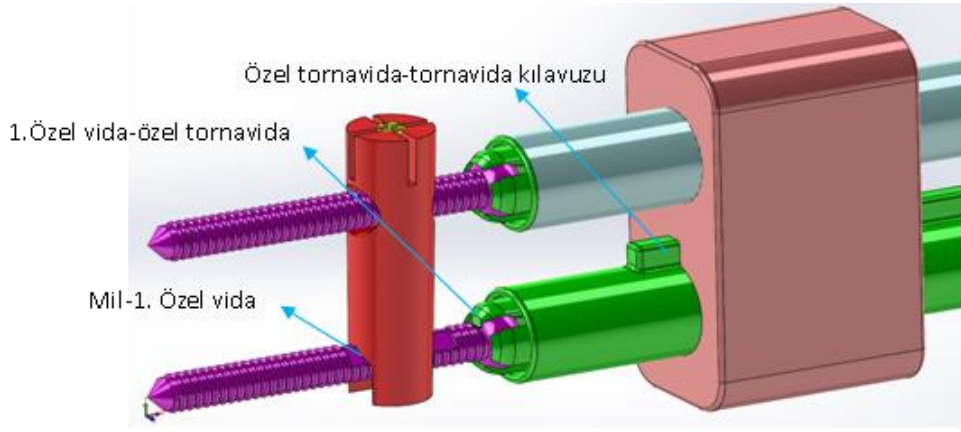
Şekil 2. Femur üzerinde İMÇ'nin yerleştirilmesi ve mil dizaynı



Şekil 3. Distal kilitleme sistemin parçaları

Sistemin montajı femur kemiğine İMÇ'nin tatbiki ve mil kılavuzu sayesinde milin İMÇ içerisine yerleştirilmesiyle başlanır. Ardından 1. özel vida, özel kamalı tornavida ile montajlanır. 1. özel vidanın özelliği, ikinci distal kilitleme yapacak olan vidanın merkezi ile İMÇ içerisinde bulunan milin vida merkezinin çakışmasını sağlamasıdır. Böylece X ışını alımı azalacak ve ameliyat süresi kısalmaktadır. 1. özel vida mil ile anahtar kilit mantığından olan özel

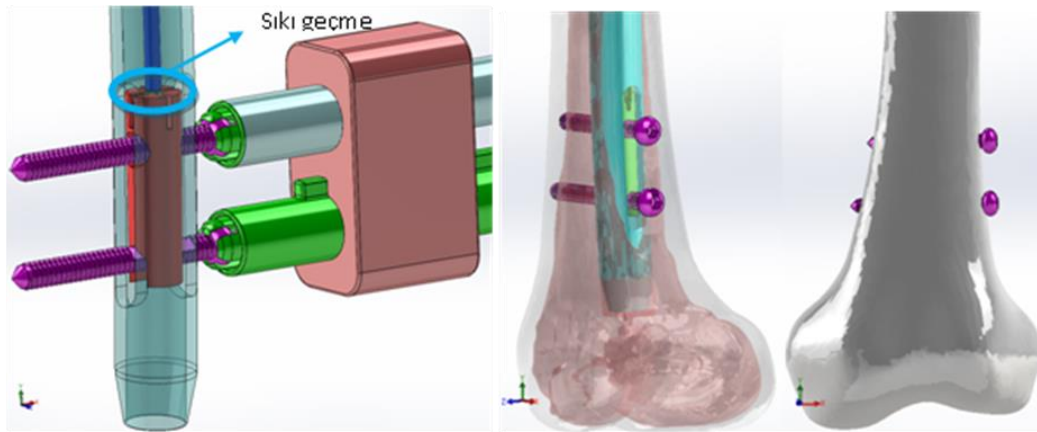
geometri sayesinde kemik içinde hangi konumda olduğunu kemiğe tatbiki sırasında bilinecektir. Ayrıca vidanın üzerindeki 'V' kesitin dikey noktası ile aynı düzlemde ve paralelliginde bir çentik açılmıştır. Bu çentik özel tasarım olan kamalı tornavida ile anahtar kilit uyumu içerisinde çalışmaktadır. 1. özel vidanın, özel kamalı tornavidaya takılmasının ardından kemiğe montaj işlemi gerçekleştirilir (Şekil 4).



Şekil 4. Anahtar-kilit uyumları

Özel kamalı tornavida yerinden çıkarılmadan tornavida kılavuzu kamalı tornavidaya takılır. Bu iki parça arasında anahtar kilit uyumu bulunmaktadır. Özel kamalı tornavida üzerine takılan tornavida kılavuzunun kama yuvası sayesinde ikinci vidanın dönme merkezi ile İMÇ içerisinde bulunan milin vida merkezinin çakışmasını sağlanacaktır. Tornavida

kılavuzunun ikinci deliğinden standart tornavida ile 2 distal kilitleme vidası kemiğe montajı yapılır. Daha sonra tornavidalar ve kılavuzlar çıkarılıp konik vida kılavuzu ile konik vida mil üzerine takılarak sıkı geçme sağlanmış olur (Şekil 5).

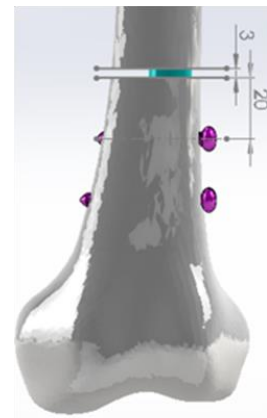


Şekil 5. Distal kilitleme sisteminin montajlanmış hali

Böylece anahtar kilit uyumlu parçalar (Şekil 4 mil-1. özel vida, 1.özel vida-özel tornavida, özel tornavida-tornavida kılavuzu) sayesinde 2. distal kilitleme vidası kemiğe X ışını minimum düzeyde (1 veya 2 defa) kullanılarak ve kemik üzerinde tahribat yapmadan kemiğe tatbik edilmiş olacaktır.

Distal kilitleme sistemin tüm parçaları ile kemiklerin montajı SolidWorks 2014 Premium' da tamamlanarak femurun distal bölgesinde 3mm'lik kırık hattı oluşturmuştur. Bu kırık hattı ile distal kilitleme vida merkezinin arası 20mm olarak ayarlanmıştır (Şekil 6).

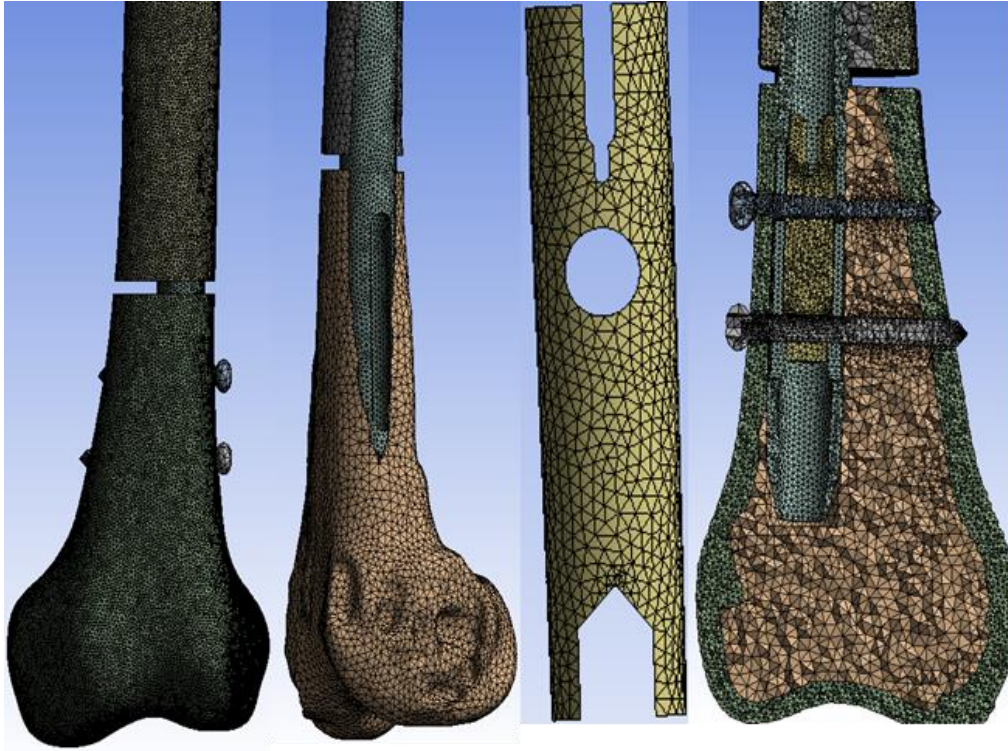
Kırık hattı tamamlanmasının ardından sonlu elemanlar modeli elde edilmiştir. Montajlanmış parçalar Ansys® Workbench 14.0 (Ansys Inc., Canonsburg, PA, USA) yazılımına aktarılmıştır.



Şekil 6. Kırık hattı ve distal kilitleme vidaları konumu

Sonlu elemanlar programına montajlanmış olarak gelen parçalar “Static Structural” analiz sistemine aktarılarak modele ait hacimsel mesh yapısı oluşturulmuştur. Kritik noktalar olan intramedüller

çivi, vidalar ve mil için daha ince mesh yapısı oluşturulmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Distal kilitleme sisteminin mesh yapılmış hali

Çizelge 1’de Femur kemiğinin kortikal ve trabeküler yapıları, mil, vidalar, ve intramedüller çiviye ait malzeme ve özellikleri verilmiştir. Burada trabeküler ve kortikal segmentlere ait elastisite modülleri ve

akma dayanımları arasındaki ciddi fark göze çarpmaktadır. Bu ise, sonuçların hassasiyetinde segmentasyon işleminin önemi ortaya koymaktadır.

Çizelge 1. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzeme özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Akma Dayanımı (MPa)	Referans
Kortikal Kemik	13.7	0.3	122	Boccaccio vd., 2006
Trabeküler Kemik	1.37	0.3	2	Boccaccio vd., 2006
Diş	18.6	0.31	103	Boccaccio vd., 2006
Kondil Plağı ve İnsert Yatağı (Ti6Al4V F136 ELI)	103.4	0.35	850	Ferreira vd., 2014
İnsert (Polietilen UHMWPE )	0.85	0.4	52*	Osano vd., 2014

\*Matweb

Çizelge 2’de sonlu elemanlar modelindeki kas bağlantılarının sınır şartları verilmiştir. Femur kemiğine bağlanıp yürüme esnasında dengede kalmamıza çalışan Hip, Abductors, Ilio Tibial Tract, Gluteus, Vastus lateralis, Iliopsoas kaslarının kuvvet bileşenleri girilmiştir.

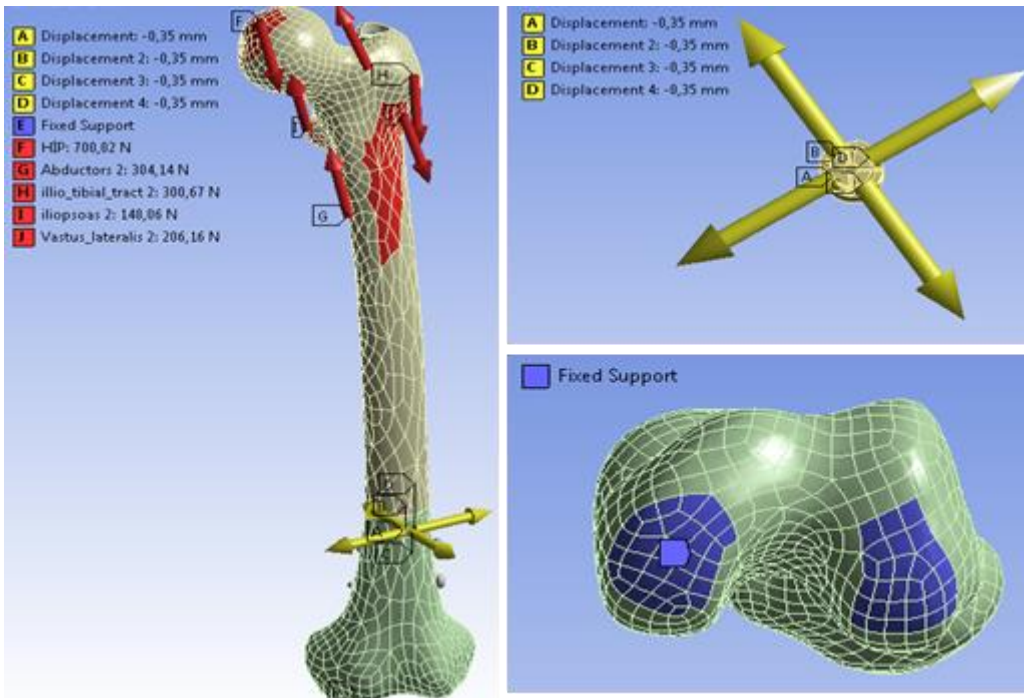
Yeni tasarlanan distal kilitleme sisteminin femur kemiği üzerine montajı yapılarak femur üzerinde kuvvet etkisi oluşturan 5 adet kasın bileşenleri girilmiştir (Çizelge 2). Tüm montaj femur kemiğinin medial kondil ve lateral kondil kısmından mesnetlenmiş olup kasların uyguladığı toplam kuvvetler Şekil 8’ de gösterilmektedir. Sonlu elemanlar analizi iki adımda sonuca ulaşmaktadır.

**Çizelge 2.** Femur kaslarının kuvvet bileşenleri [7]. Kao-Shang Shih

KAS	Femura bağlanan kasların yürüme esnasındaki tepki kuvvetleri bileşenleri (N)		
	X	Y	Z
<b>Hip</b>	118	-690	0
<b>Abductors</b>	-50	300	0
<b>Illo tibial tract</b>	0	-300	20
<b>Gluteus</b>	-100	296	0
<b>Vastus lateralis</b>	50	-200	0
<b>Iliopsoas</b>	-20	136	55

Birinci adımda İMÇ içerisinde konumlanmış olan milin sıkı geçme analizi gerçekleştirilmektedir. Burada sıkı geçme sınır şartı milin kulaklarına yüzeylerinin normalinin tersi yönünde deplasman verilmesiyle

gerçekleşmektedir (Şekil 8). İkinci adımda ise kas kuvvetlerinin femura etkisi çözümlenmektedir.

**Şekil 8.** Sonlu elemanlar modelinin sınır şartları

### 3. Araştırma Bulguları

Bu çalışmada mevcut uzun kemik kırıklarında kullanılan intramedüller çivinin distal bölgesindeki kilitleme vidalarının tatbikindeki problemi çözmek için yeni bir distal kilitleme sistemi simule edilmeye çalışılmıştır. Yeni sistemde özel tasarlanan mil, 1. özel vida, özel kamalı tornavida, tornavida kılavuzu ve İMÇ'nin distal bölgesindeki kilitleme vida deliğinde yapılan revizyon sayesinde yoğun X ışını dozunu minimuma düşürülmesi sağlanmaktadır. Bu nedenle ameliyat süresinde ciddi bir azalma meydana gelmektedir.

Bu simülasyonda İMÇ içerisine yeni eklediğimiz mil, yeni distal kilitleme vidaları ve İMÇ'nin yeni distal bölgesinin kas kuvvetleri etkisi altında birbirleriyle ve femur kemiğinin kortikal ve trabeküler kısımlar ile olan etkileşimlerini incelemiş bulunuyoruz. Femur içerisine takılan İMÇ'nin proksimal bölgesinde vida ile

kilitleme işlemi yapmadığı için bu bölgede İMÇ'nin kortikal ve trabeküler kemikler ile kontakları bonded tanımlanmıştır. Eski mevcut İMÇ sistemlerinde distal bölgede kilitleme vidalarının kemiğe tatbiki sırasında yaşanan zorluklar, İMÇ üzerindeki vida merkezi ile dışarıdan gönderilen kilitleme vidasının merkezlerinin çakışmasından kaynaklanmaktadır. Kullanılan kılavuzlar proksimal bölgeden sabitlendiği için distal kısımda metal esnemesinden dolayı yine vida merkezlerinin çakışması güçleşmektedir. Bunun için uzun süreli X ışını kullanımı artmaktadır ve floroskopinin kullanılabilmesi için hasta konumuna bağlı olması başka bir dezavantajdır.

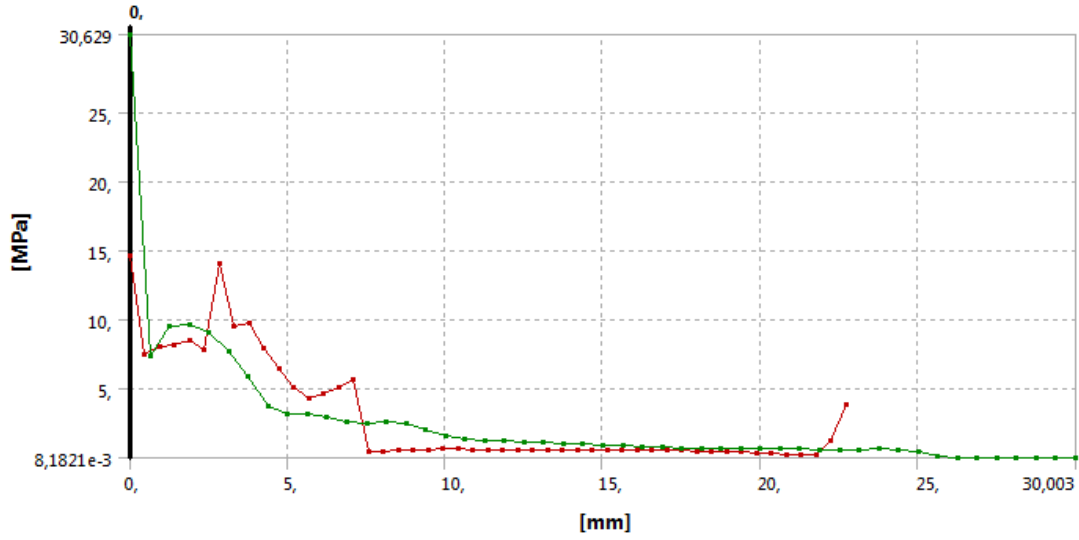
Yeni tasarlanan distal kilitleme sistemi ve vida dizaynı ile özel kılavuzlar yardımı ile anahtar kilit uyumları sayesinde ve daha küçük ebatlarda metal kılavuz kullanıldığı için metal esnemesini ortadan kaldırıp 1 veya 2 defa X ışını kullanılarak distal bölgede kilitleme

yapılabilmektedir. Kemik içindeki merkezleme ise Şekil 4 ve 5 üzerinde gösterilmektedir. Bu sistem sayesinde ameliyat süresi ciddi ölçüde azalmakta ve hasta konumundan bağımsız olarak hastaya tatbik edilebilmektedir.

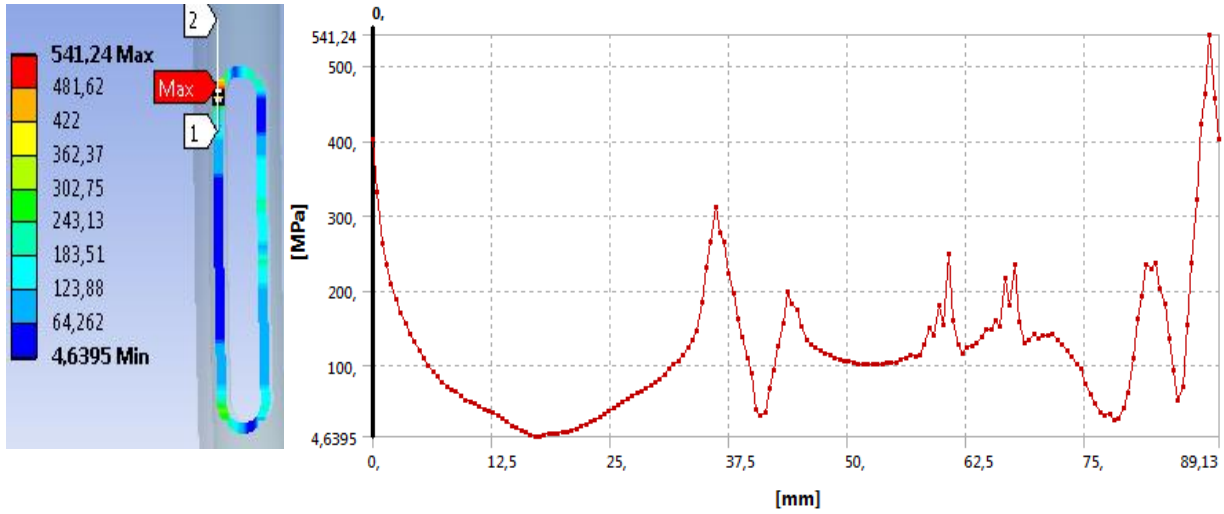
#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, femur modeline sanal ameliyat uygulaması yapılarak uzun kemik kırığı olan hastalara intramedüller çivi (İMÇ) ve distal kilitleme vidaları ile

sabitlenme tedavisi yönteminde yeni İMÇ ve distal kilitleme sistemi tasarlanmıştır. Femurda kortikal - trabeküler ayrımı yapılarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir. Yeni tasarlanan distal kilitleme sisteminin, intramedüller çiviye ve ekleme montajı gerçekleştirilmiştir. Ameliyat esnasında X-ışını kullanımını en aza indirip ameliyat süresini minimuma düşüren ve kemikte hatalı vida deliğinden oluşabilecek kemik kayıplarını önleyen yeni distal kilitleme sistemi ve vidalar tasarlanıp simüle edilmiştir.



**Grafik 1.** 1. özel distal kilitleme vidası toplam gerilme (MPa)



**Grafik 2.** İntramedüller çivinin distal bölgesindeki vida yatağı üzerindeki gerilmeler (MPa)

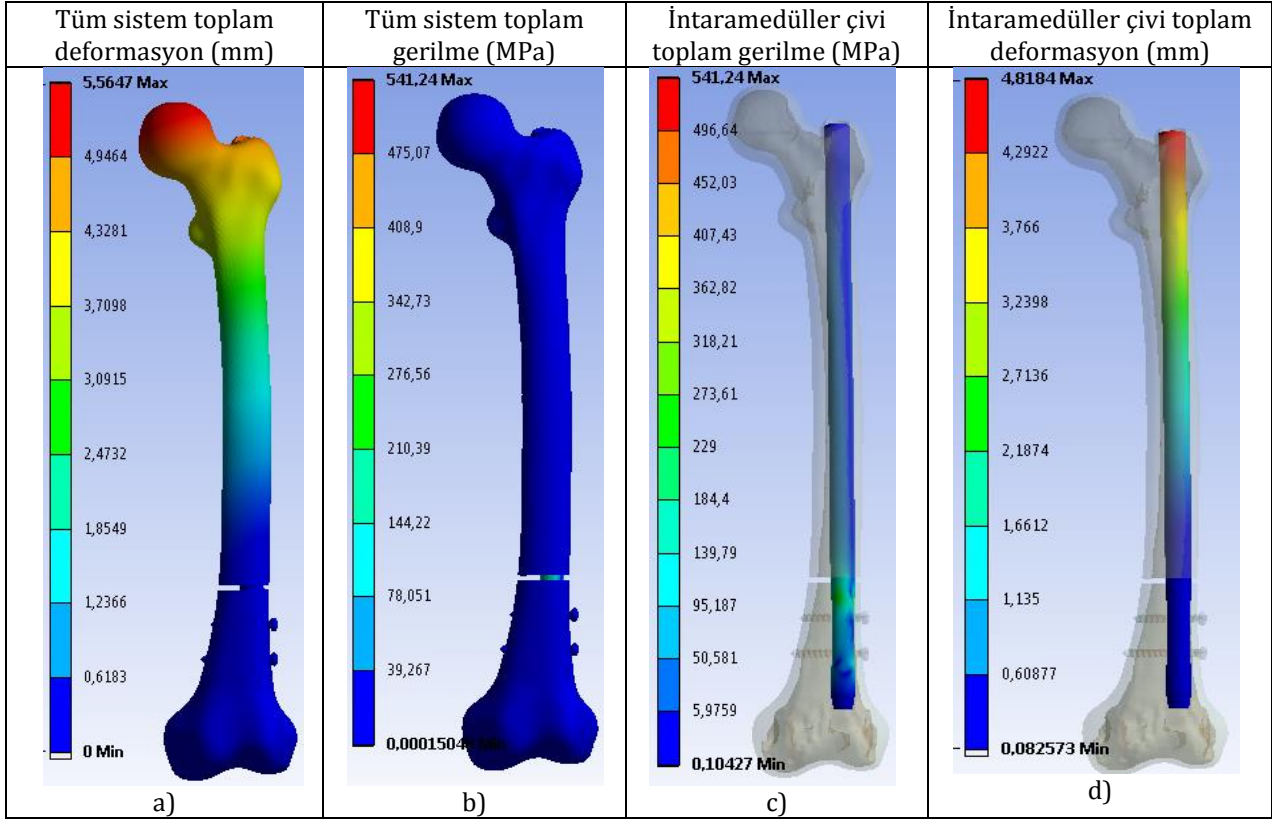
Femur kemiği iki taraftan yükleme yapılarak kasların kuvvet etkileride göz önünde bulunarak sisteme yükleme yapılmıştır. Tablo 6 'da oluşan maksimum gerilmeler ve diğer tüm sonuçlar Kao-Shang Shih (2007) [7] ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarla karşılaştırma yapılmıştır. Kao-Shang Shih (2007) [7] ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 3. yükleme ve 20 mm den sabitleme vidaları gönderilmesindeki analizler ile karşılaştırıldığında; femur ve tüm sistemde oluşan deplasman değeri, (Çizelge 2) kas

kuvvetleri altında 5,5647 mm (Tablo 1-a) olarak daha az bulunmuştur. Yeni tasarladığımız 1.özel distal kilitleme vidamızda oluşan maksimum gerilme 175,64 MPa (Tablo 3-b) daha az bulunmuştur. Standart olarak kullanılan 2. Distal kilitleme vidasındaki maksimum gerilme değeri 130,74 MPa (Tablo 3-a) daha az bulunmuştur. Sistemimin maksimum gerilmesi intramedüller çivi üzerinde bulunmuştur (Tablo 1-c). İntramedüller çivi'nin distal kilitleme vidalarına yataklama yapan bölgesindeki (Grafik 2)

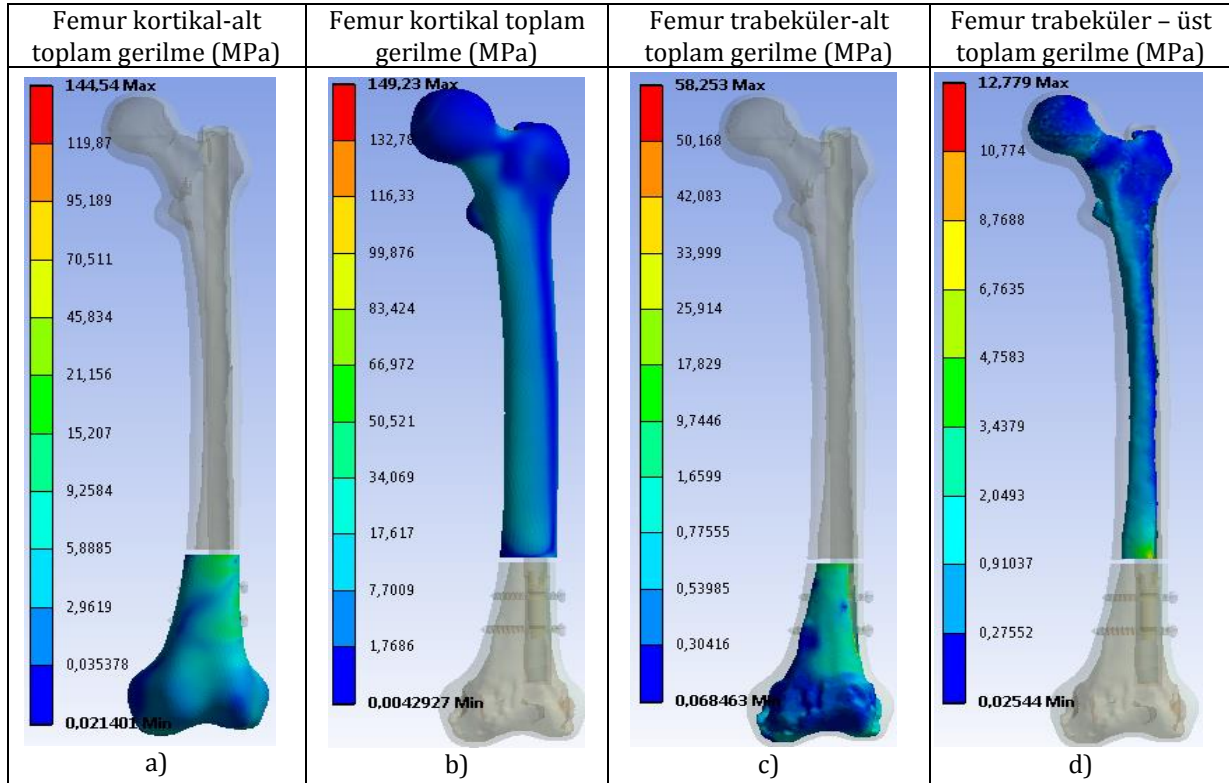
gerilmeler problemler ile belirli aralıklar ile ölçüldüğünde gerilmeler Kao-Shang Shih (Shih, 2007) [7] ve

arkadaşlarının yaptığı çalışmalarındaki değerlerden daha az bulunmaktadır.

**Kas kuvvetleri altında sistemin davranışları**



**Tablo 1.** Sistemin ve intramedüller çivinin toplam deformasyon ve gerilme miktarları

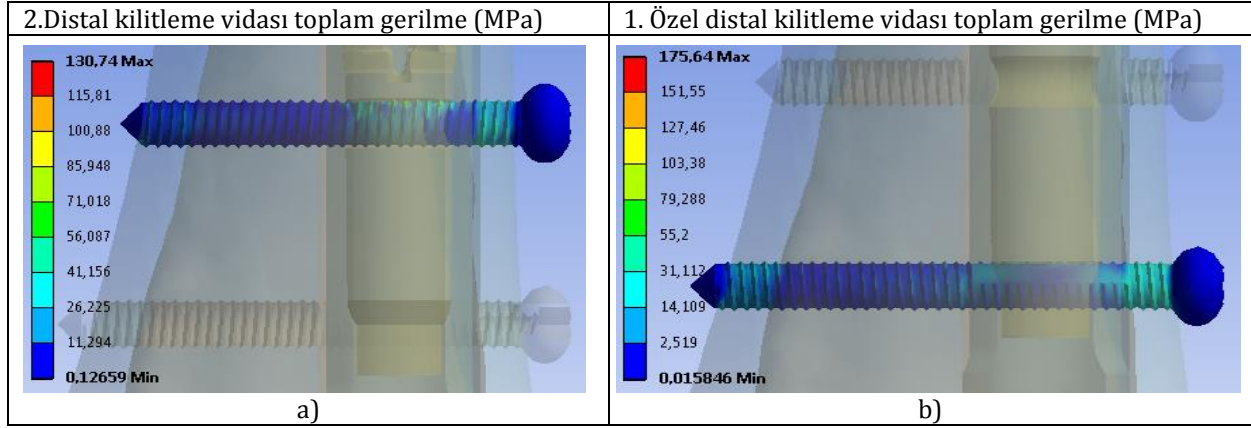


**Tablo 2.** Femur kortikal ve trabeküler kemik toplam gerilme miktarları

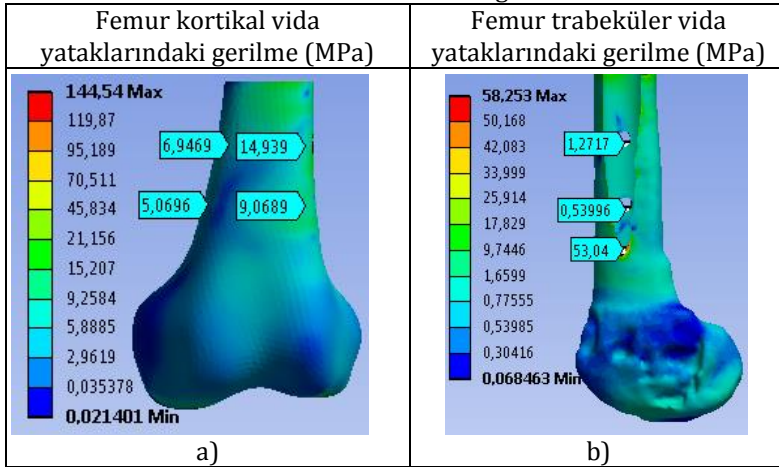


Ayrıca bu bölgede sıkı geçme işlemi bulunmasından dolayı ve kaslardan gelen kuvvetler neticesinde moment etkisinden dolayı maksimum gerilme bu bölgede çıkmıştır. Sistemde yeni tasarladığımız mil parçamızın sıkı geçme işlemi sonundaki deformasyon miktarı Tablo 5-a' da verilmiştir. Mil de oluşan maksimum deformasyon kulak kısmı sıkı

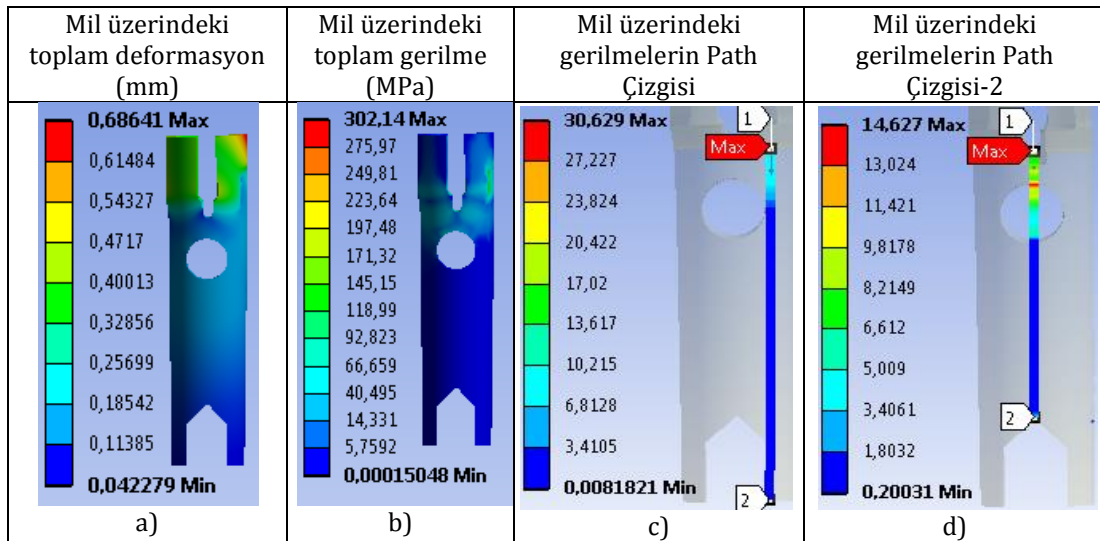
geçmenin yapıldığı bölgede oluşmuştur. Milin bu bölgesi kalıcı şekil değişimine maruz kaldığı için maksimum gerilme 302,14 MPa olarak ölçülmüştür (Tablo5-b) Mil üzerinde kalıcı deformasyon olmasını istemediğimiz bölgede ise polimer malzemenin (Çizelge 1.) akma sınırının altında gerilme değerleri bulunmuştur (Tablo 5-c,d ve Grafik 1.).



**Tablo 3.** Distal kilitleme vidalarının gerilme miktarları.



**Tablo 4.** Kortikal ve trabeküler kemikte buluna vida yataklarındaki gerilme miktarları.



**Tablo 5.** Milin toplam deformasyon ve gerilme miktarları.

Gerilme (MPa)

Femur Kortikal Alt	144,54
Femur Kortikal Üst	149,23
Femur Trabeküler Alt	58,253
Femur Trabeküler Üst	12,779
İntramedüller çivi (İMÇ)	541,24
1.Özel kilitleme vidası	175,64
2.Distal kilitleme vidası	130,74
Mil	302,14

**Tablo 6.** Sistemdeki parçalar üzerinde oluşan maksimum gerilmeler

Uzun kemik kırıklarında tedavi yöntemi olarak kullanılan intramedüller çivi ile tedavi yönteminde distal kilitleme bölgesinde yeni tasarımını yaptığımız sitemimiz kas kuvvetleri altında çalışabilirliğini görmüş bulunmaktayız. Bu sistem sayesinde ameliyat sırasında daha az X ışını kullanılması ve floroskopi kullanımını minimuma düşürülmesi, sonucu ameliyat süresinin kısalması hedefine ulaşılmaktadır.

#### Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

#### Kaynaklar

Boccaccio, A., Lamberti, L., Pappalettere, C., Carano, A., Cozzani, M., 2006. Mechanical behavior of an osteotomized mandible with distraction orthodontic devices. *Journal of Biomechanics* 39, 2907-2918.

Bucholz, R.W., Brumback, R.J., 1996. Fractures of the Shaft of the Femur. In: Rockwood and Green's Fractures in Adults, Rockwood CA, Green DP(ed), Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 1827-1918

Charpman, M.W., 1996. The role of intramedullary nailing in fracture management. In: *The Science &*

*Practice of Intramedullary Nailing Browner DB* (ed), 2<sup>nd</sup> edition Williams & Wilkins, Philadelphia, 27-38

Ferreira, M.B., Barão, V.A., Delben, J.A., Faverani, L.P., Hipólito, A.C., Assunção, W.G., 2014. Non-linear 3D finite element analysis of full-arch implant-supported fixed dentures. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 38, 306-314

Osano, K., Nagamine, R., Todo, M., Kawasaki, M., 2014. The Effect of Malrotation of Tibial Component of Total Knee Arthroplasty on Tibial Insert during High Flexion Using a Finite Element Analysis. *Scientific World Journal*; 2014:695028. doi: 10.1155/2014/695028. Epub 2014 May 8.

Shih, K.-S., Tseng, C-S. Lee, C-C., Lin, S-C., 2008. Influence of muscular contractions on the stress analysis of distal femoral interlocking nailing. *Clinical Biomechanics*, 38-44

Street, M.D., 1996. The evolution of intramedullary nailing; the Science and Practice of Intramedullary Nailing, Browner, B.d (eds); 2<sup>nd</sup> ed., Williams&Wilkins, pg: 1-27