



Bozok Journal of Engineering and Architecture

Araştırma Makalesi/Research Article

Lapidus Artrodezinde 4 ve 6 Delikli Plaka Kullanımının Sabitleme Üzerindeki Etkisi

Alaettin Özer^{1*}, Hacı Ali Olçar², Halil Burak Mutu³

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Yozgat, Türkiye

³ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi
03.04.2023
Kabul tarihi
16.04.2023
Yayın tarihi
21.06.2023

Anahtar Kelimeler:

Metatarsocuneiform Arthrodesis
Lapidus arthrodesis
Sonlu Elemanlar Analizi
Biomekanik

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, 4 delikli, 4 kalın vidalı ve 6 delikli, 6 ince vidalı medial 3 boyutlu model plakalarla sabitlenmiş 2 farklı lapidus artrodezinin, sonlu elemanlar yöntemi ile bilgisayar ortamında yükleme analizi sonrası oluşan artrodez stabilitesini ve plaka gerilmesini belirleyerek sabitleme üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Böylece lapidus cerrahisinin daha kararlı olması için plak tasarımının önemi gösterilmektedir. Hallux valgus tedavisi için kullanılan Lapidus artrodezinde kaynamama, yanlış kaynama, implant başarısızlığı gibi çeşitli komplikasyonlar eşlik edebilir. Bu çalışmada yapılan modelleme ile sabitleme yöntemlerinden biri olan plak tasarımının bu gibi komplikasyonlarla ilişkileri gösterilmiştir. Bu amaçla, üç boyutlu (3B) bir sonlu eleman kemik modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan sonlu eleman modelinde cerrahi teknikteki gibi, ayak 1. parmak metatars ile medial cuneiform eklem artrodezinin tesbiti için 2 farklı tasarımdaki medial 4 delikli ve 6 delikli plak kompresyon vidaları ile artrodez tesbiti sağlanmıştır. Plaklar artrodez hattının distalinden 2 vida veya 3 vida ayak 1. Metatarsa, proksimalinden medial cuneiforma 2 vida veya 3 vida tutacak şekilde yerleştirilmiştir. En iyi ağ yoğunluğu ile birlikte 3B modellerin Sonlu Elemanlar modelleri Ansys Workbench 2020R2 Sonlu Elemanlar yazılımı kullanılmak suretiyle verilen yüklemeler altında statik analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, Sonlu Elemanlar Analizi sonuçları von Mises gerilmesi ve artrodez aralığının yer değiştirmesi şeklinde verilmiştir. Lapidus artrodezinde sabitleme için kullanılan 2 farklı plak tasarımının (4 ve 6 delikli) karşılaştırılmasında plaktaki gerilme ve toplam yer değiştirme miktarının 4 delikli plakta daha az olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile kullanılan 4 delikli ve kalın vidalı tasarımın lapidus artrodezi için 6 delikli ince vidalı tasarıma göre daha uygun olduğu belirlenmiştir.

The Effect of Using 4 and 6-hole Plates on Fixation in Lapidus Arthrodesis

ARTICLE INFO

Article history:

Received
03.04.2023
Accepted
16.04.2023
Published
21.06.2023

Keywords:

Metatarsocuneiform Arthrodesis
Lapidus arthrodesis
Finite Element Analysis
Biomechanics

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effects of 2 different lapidus arthrodesis fixed with 4 hole, 4 thick screw and 6 hole, 6 thin screw medial 3D model plates on fixation by determining the arthrodesis stability and plate tension after loading analysis in computer environment with finite element method. Thus, the importance of plate design for more stable lapidus surgery is shown. Lapidus arthrodesis used for hallux valgus treatment may be accompanied by various complications such as nonunion, malunion, and implant failure. In this study, the relationship of plate design, which is one of the fixing methods, with such complications has been shown by modeling. For this purpose, a three-dimensional (3D) finite element bone model was created. In the finite element model created, as in the surgical technique, arthrodesis was fixed with medial 4-hole and 6-hole plate compression screws in 2 different designs for the fixation of arthrodesis of the 1st toe metatarsal and medial cuneiform joint. The plates were placed on the foot 1st metatarsal with 2 screws or 3 screws from the distal of the arthrodesis line, 2 screws or 3 screws from the proximal to the medial cuneiform. Finite Element models of 3D models with the best mesh density were analyzed using Ansys Workbench 2020R2 Finite Element software under the given loads. In this study, the Finite Element Analysis results are given as the von Mises stress and the displacement of the arthrodesis gap. In the comparison of 2 different plate designs (4 and 6 holes) used for fixation in lapidus arthrodesis, it was seen that the amount of stress and total displacement in the plate was less in the 4-hole plate. It was determined that the 4-hole and thick screw design used in this study was more suitable for lapidus arthrodesis than the 6-hole thin screw design.

ORCID ID:Alaettin ÖZER: 0000-0002-3499-1215;Hacı Ali OLÇAR: 0000-0002-3097-3677;Halil Burak MUTU: 0000-0002-0679-5874

*Sorumlu yazar(lar)/Correspondingauthor(s):Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

Tel:+90 354 217 89 91

Fax:

E-mail:alaettin.ozer@bozok.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article: A. Özer, H. A. Olçar, H. B. Mutlu, "Lapidus Artrodezinde 4 ve 6 Delikli Plaka Kullanımının Sabitleme Üzerindeki Etkisi", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 2, no. 1, pp. 8-16, 2023

1. GİRİŞ

Hallux valgus (HV), son zamanlarda insidansı artan ve ileri dönemde hastanın yaşam standartını kısıtlayabilen, ayakta deformeolusturabilen, yürüme sırasında ağrı olusturabilen ayak başparmak hastalığıdır. Halluks valgus hastalığının sebeplerine yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur. Sebeplerintirsek ve ekstresek olarak iki ana başlık altında toplanabilmektedir. Bazı çalışmalara göre, ekstresek faktörlerin başta geleni yanlış ayakkabı seçimidir. 1958 yılında ayakkabı kullanımı olan ve olmayan toplumlar üzerine yapılan bir çalışmada: ayakkabı giyen toplumlardaki halluks valgus görülme sıklığı %33 iken kullanmayan toplumlarda %1.9 olduğunu saptamışlardır [1]. Metatarsus primus varus, 1. ve 2. metatarsların arasındaki açının artması, Halluks valgus'da görülen İntrinsik patolojilerden biridir. 1925 yılında Truslow tarafından literatür metatarsus primus varus terimi kazandırılmıştır. Sonraki dönemde ise Lapidus tarafından, başparmak valgusu ve medial rotasyonu şeklinde tariflenmektedir. Lapidus ayak baş parmakdaki bu değişikliklerin medial küneiform distalindeki eğimden kaynaklandığını belirtmiştir [2]. İntrinsik sebeplere yönelik bazı çalışmalarda ise, birinci metatarsın uzunluğunun, uzun ve kısa metatarsın halluks valgus sebeplerinden olduğu belirtilmektedir. Juvenil halluks valgusa yönelik bir çalışmada, hastaların metatarsının %30 ununda birinci metatars uzun iken %30 unda birinci metatars kısaca olarak saptanmıştır. Aynı çalışmada, hastaların %40 unda birinci ve ikinci metatars aynı uzunlukta görülmüştür [3]. Bryant, HV ile 1. metatars uzunluğu arasında önemli bir ilişki olduğunu bildirmiştir [2]. HV, patolojisinin derecesini belirlerken radyografik olarak ölçülebilen bir takım açılar kullanılmaktadır. Hallux Valgus açısı (HVA), İntermetatarsal açı (İMA), Distal metatarsal eklem açısı (DMEA), proksimal falangeal eklem açısı (PFEA) ve Hallux Valgus İnterfalangeus (HVI) bunlardandır. Bu açıların normal değerleri genellikle HVA için <15°, İMA için <9°, DMEA için 10°-15°, PFEA için 7°-10° ve HVI için <10° olarak kabul edilir. Bu derecelerdeki ileri artışlar cerrahi endikasyon gereksinimi doğurmaktadır. Lapidus artrodezi, çeşitli ayak problemlerini düzeltmek için tercih edilen cerrahi tekniktir [4-6], çünkü bu cerrahi teknik, ayak 1. parmağın hizalamasını üç eksen de sağlamaktadır. Halluks limitus, halluks valgus, halluks varus, arka ayak olarak deformatsi, birinci parmak hiper mobilitesi ve metatarsal adduktus tedavisinde Lapidus artrodezi ilk basamak olarak önerilmektedir [7]. Lapidus cerrahi prosedürü, birinci tarsometatarsal eklemde uygulanan cerrahi artrodez şeklindedir. Lapidus artrodezinin sonuçları her ne kadar çok iyi olsa da, kaynamama veya yanlış kaynama hastaların %5-15' inde görülür [8-10]. Lapidus artrodezi kaynamama riskini en aza indirmek için mümkün olduğunca artrodezin stabil olması sağlanmalıdır [11]. Bu durum stabilitenin önemini göstermektedir.

Çalışmamızda artrodez yöntemlerinden biri olan Lapidus tekniğinden faydalandık. Bu teknikte, birinci tarsometatarsal eklem artrodezi ilk olarak 1991'de Albrecht tarafından tanımlanmasına karşın bu tekniğe ismini veren Lapidus tarafından 1934 yılında bu işleme 2. Metatars basis füzyonu eklenmiş hali bildirilmiştir. Modifiye edilmiş tekniğinde 2. Metatars basisi artrodeze dahil edilmeyip sadece 1. Metatars küneiform artrodezi yapılır [12]. Lapidus artrodezinde çeşitli tespit yöntemleri olsada, kaynamama riskini en aza indirmesi, erken ağırlık taşımaya imkan vermesi ve normal hareket açıklığına hızla dönüş sağlaması açısından özellikle plak tespiti önerilmektedir [13-14]. Ama doğru plak tasarımı hakkında tam bir fikir birliği yoktur ve halluks valgus tedavisinde plak sisteminin yerleşim yerine, tasarımına ve plak tespitinin sonuçlarının etkinliğine yönelik çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır [7,15-20].

Bu çalışmanın amacı, 4 delikli, 4 kalın vidalı ve 6 delikli, 6 ince vidalı medial 3 boyutlu model plakalarla sabitlenmiş 2 farklı Lapidus artrodezinin, sonlu elemanlar yöntemi ile bilgisayar ortamında yükleme analizi sonrası oluşan artrodez stabilitesini ve plaka gerilmesini belirleyerek sabitleme üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Böylece Lapidus cerrahisinin daha kararlı olması için plak tasarımının önemi gösterilmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Hallux valgus tedavisi için kullanılan Lapidus artrodezinde kaynamama, yanlış kaynama, implant başarısızlığı gibi çeşitli komplikasyonlar eşlik edebilir [21]. Bu çalışmada yapılan modelleme ile sabitleme yöntemlerinden biri olan plak tasarımının bu gibi komplikasyonlarla ilişkileri gösterilmiştir. Bu amaçla, üç boyutlu (3B) bir sonlu eleman kemik modeli oluşturulmuştur (Şekil 1). 3B ayak 1. parmak tarsometatarsal eklem artrodez modeli oluşturma için, katı kemik modelleri için 90° fleksiyon pozisyonlarında sağ ayak bileği için bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri dijitalleştirilmiştir. Bu modeller tibia, fibula ve ayak kemikleri şeklinde segmentlere ayrılmıştır. Ayak 1. parmak tarsometatarsal eklem artrodez durumunu analiz etmek için, ayak 1. parmak tarsometatarsal eklemdeki eklem yüzü çıkartılmış ve kemik arayüz bağlantısı oluşturulmuştur. Modeller, Ansys/SpaceClaim yazılımında implantların katı kısmı ile cerrahi prosedüre göre birleştirilmiştir. Ayak 1. parmak tarsometatarsal eklem artrodezinde plak ve vida fiksasyonu adı verilen bir yöntem kullanılmıştır. Bu cerrahi prosedüre göre, insizyon ayak 1. parmak tarsometatarsal eklem hizasından yapılmakta ve hasta supin pozisyonundayken fasya seviyesine kadar ilerletilmektedir. Daha sonra medial ve lateral flepler eleve edilmektedir. Eklem açığa çıkartılarak, eklem yüzü alınmakta ve irrigasyon edilmektedir. Eklemdeki kondral yüzey alındıktan sonra, artrodez tesbiti sağlanmaktadır [13-14]. Oluşturulan sonlu eleman modelinde ise tanımlanan bu cerrahi teknikteki gibi, ayak 1. parmak metatars ile medial küneiform eklem artrodezinin tesbiti için 2 farklı tasarımdaki medial 4 delikli ve 6 delikli plak kompresyon vidaları ile artrodez tespiti sağlanmıştır. Plaklar artrodez hattının

distalinden 2 vida veya 3 vida ayak 1. Metatarsa, proksimalinden medial cuneiforma 2 vida veya 3 vida tutacak şekilde yerleştirilmiştir. Ayak 1. parmak tarsometatarsal eklem artrodezini birleştirmek için kullanılan plakalar, titanyum alaşım malzemeden oluşmuştur. Plaka, kemik ve eklem için lineer elastik izotropik malzeme modelleri uygulanmıştır. Oluşturulan katı (solid) modeller, Ansys Workbench yazılımı kullanılarak Sonlu Elemanlar Modellerine (Finite element models) dönüştürülmüştür. Plaka ve kemik için kullanılan malzeme parametreleri Tablo 1’ de verilmiştir.

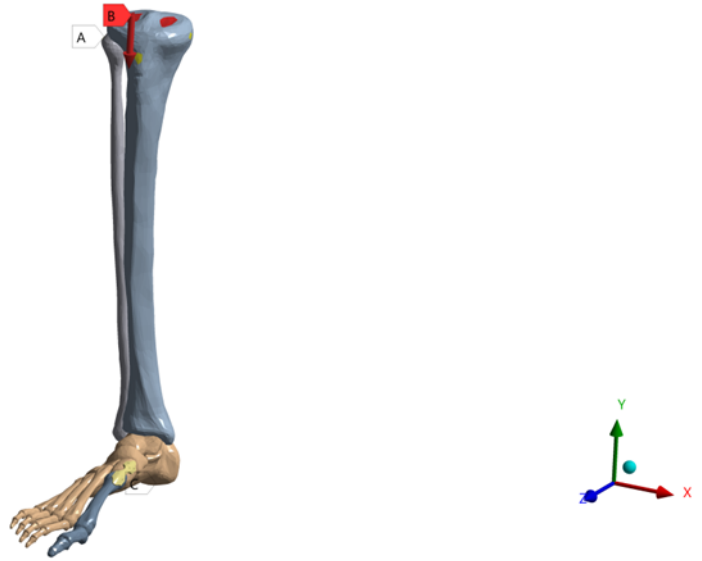
Tablo 1. Sonlu Elemanlar Analizlerinde kullanılan parçaların malzeme özellikleri [22]

Malzeme	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı
Kemik	16.8	0.3
Plaka (Titanyum)	110	0.33

Analizlerdeki sınır şartları şöyle belirlenmiştir. Model, alt kısmından hiçbir şekilde öteleme ve dönme yapamayacak şekilde sabitlenmiştir. Yüklemeler modelin üst sınırına, Tibia üzerine, düşey doğrultuda aşağıya doğru 600 N olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 1) [23-24]. Fibula ve Tibia’ nın doku içerisindeki gerçek durumunu simüle etmek için modelin üst kısmından yatay yöndeki hareketi engellenmiştir. Bağlantı için kullanılan elemanlar ayak üzerine gerçek şartlara benzer şekilde sabitlenmiştir. Artrodez ara yüzeyi sürtünmeli temas olarak düşünülerek sürtünme katsayısı 0.2 alınmıştır. Daha sonra yükleme altındaki plak-vida ile tespit edilen ayak 1. Parmak lapidus artrodez modellemesinde (Şekil 2), artrodez tespiti için 2 farklı tasarımdaki plaklar 4 veya 6 delikli olarak kompresyon vidaları ile tespit edilmiştir.

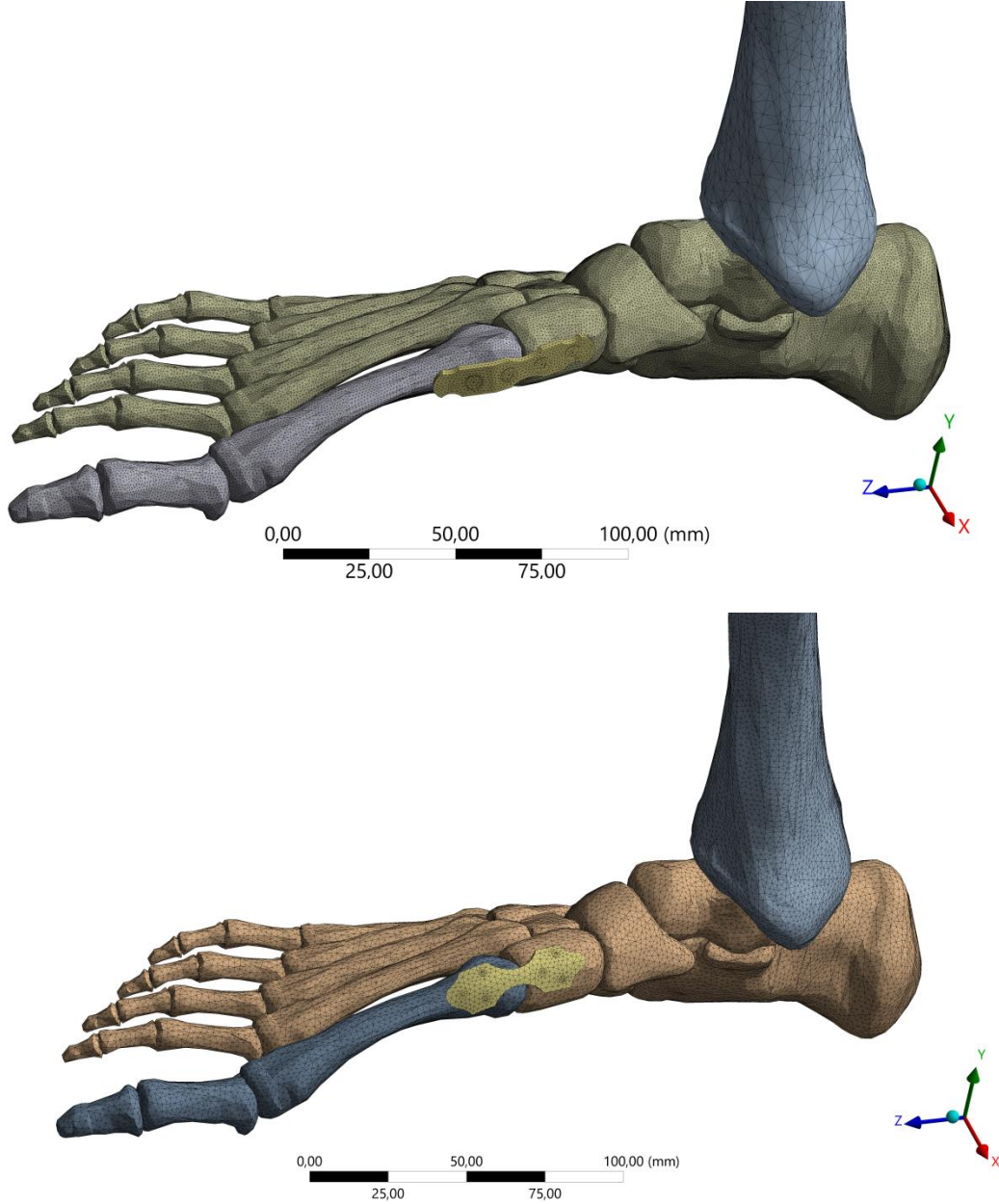
A: Static Structural
Static Structural
Time: 10, s

A Displacement
B Force: 600, N
C Fixed Support



Şekil 1. Analizlerdeki sınır şartları

Sonlu Elemanlar analizlerinde en iyi sonuca ulaşmak için ağ optimizasyonu gerçekleştirilmiş olup, 2mm’ lik 658100 adet tetrahedral yüksek dereceli üç boyutlu elemanlar kullanılarak en iyi ağ yoğunluğu belirlenmiştir. En iyi ağ yoğunluğu ile birlikte 3B modellerin Sonlu Elemanlar modelleri yine Ansys Workbench 2020R2 Sonlu Elemanlar yazılımı kullanılmak suretiyle verilen yüklemeler altında statik analizleri gerçekleştirilmiştir.

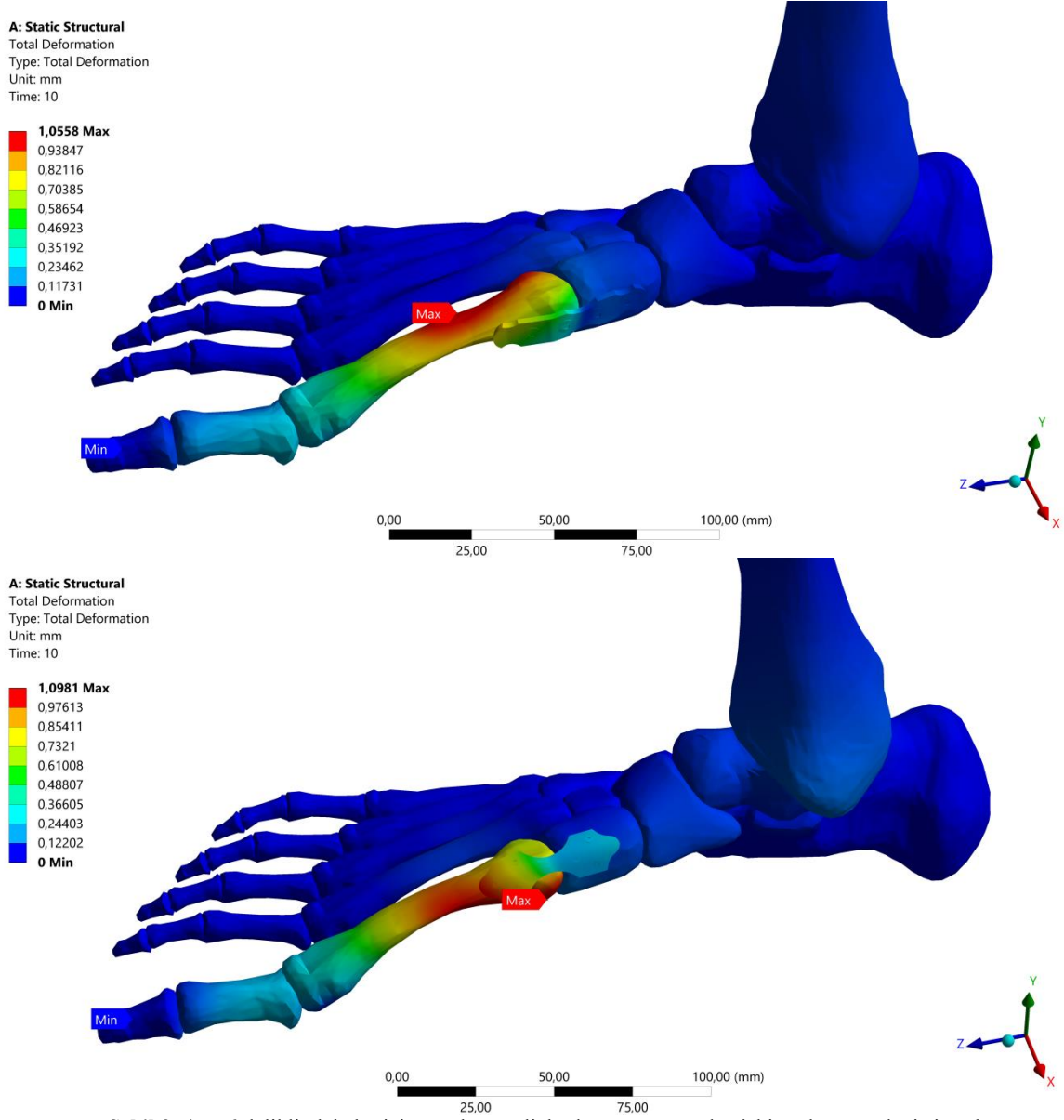


Şekil 2. Lapidus artrodezinde medial yerleşimli 4 ve 6 delikli plaka tasarımının 4 ve 6 adet kompresyon vidası ile tespitinin sonlu eleman modelleri

Bu çalışmada, Sonlu Elemanlar Analizi sonuçları iki şekilde verilmiştir. Bunlardan ilki, sabitleme yöntemlerinin metal bileşeni üzerindeki von Mises gerilmesidir. Von Mises gerilmesi, belirli bir malzemenin nereden hasara uğrayacağını belirlemektedir. Diğeri ise artrodez aralığının yer değiştirmesidir. Fiziksel yükün etkisini koyduktan sonra ölçülen yer değiştirme, parçalar arası hareket olarak tanımlanmaktadır. Özellikle aksel yöndeki interfragmenter hareket artrodez stabilitesinde önemli bir rol oynamakta ve bu hareketin kemik iyileşmesini önlediği ve non-uniona neden olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir [25].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

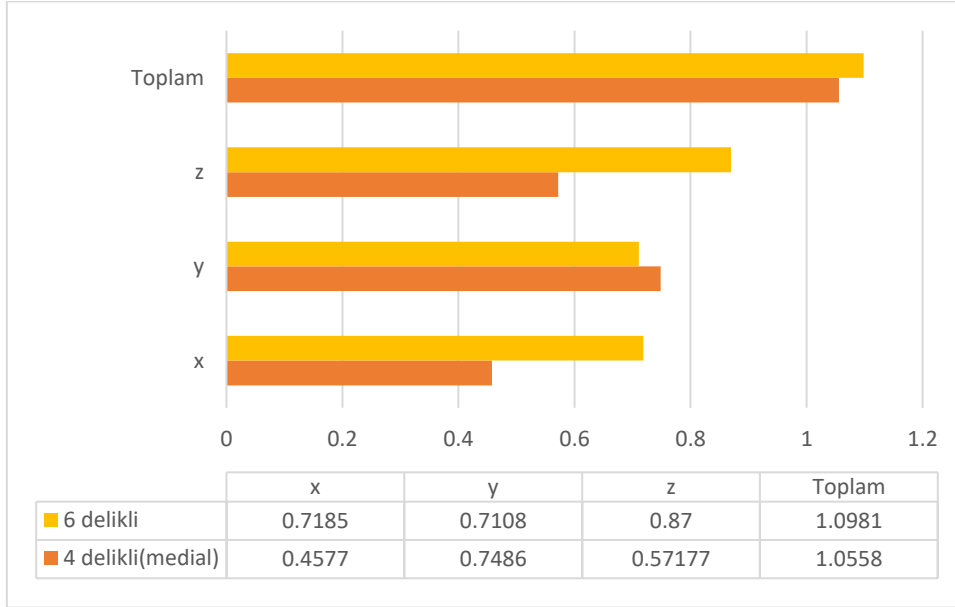
Sonlu elemanlar analizleri sonrasında elde edilen yer değiştirme miktarları karşılaştırıldığında, 6 delikli plağın x ekseninde 0.7185 mm, y ekseninde 0.7108 mm ve z ekseninde 0.87 mm, toplam yer değiştirme miktarının ise 1.0558 mm olduğu görülmektedir. 4 delikli plağın yer değiştirme miktarlarının x ekseninde 0.4577mm, y ekseninde 0.7486mm, z ekseninde 0.57177mm olduğu, buna karşın toplam yer değiştirme miktarının ise 1.0981 mm olduğu görülmektedir (Tablo 2) (Şekil 3, 4).



Şekil 3. 4 ve 6 delikli plakalar için yapılan analizlerden sonra artrozdeki toplam yer değistirmeler

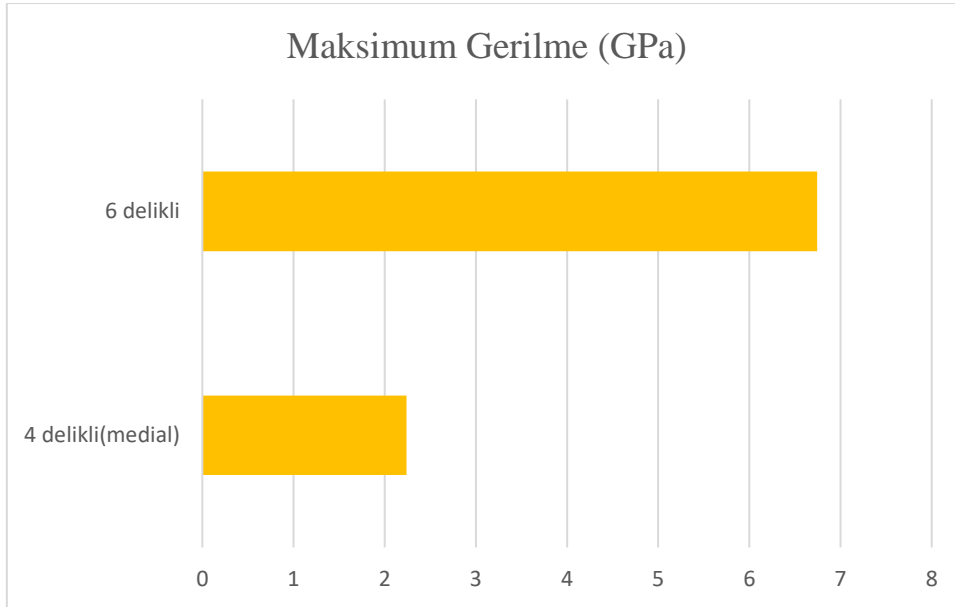
Tablo 2. 4 delikli, 4 vidalı ve 6 delikli, 6 vidalı medial plakaların yer değistirme miktarları

Yerdeęistirme(mm)	x	y	z	Toplam
4 delikli (medial)	0.4577	0.7486	0.57177	1.0558
6 delikli	0.7185	0.7108	0.87	1.0981

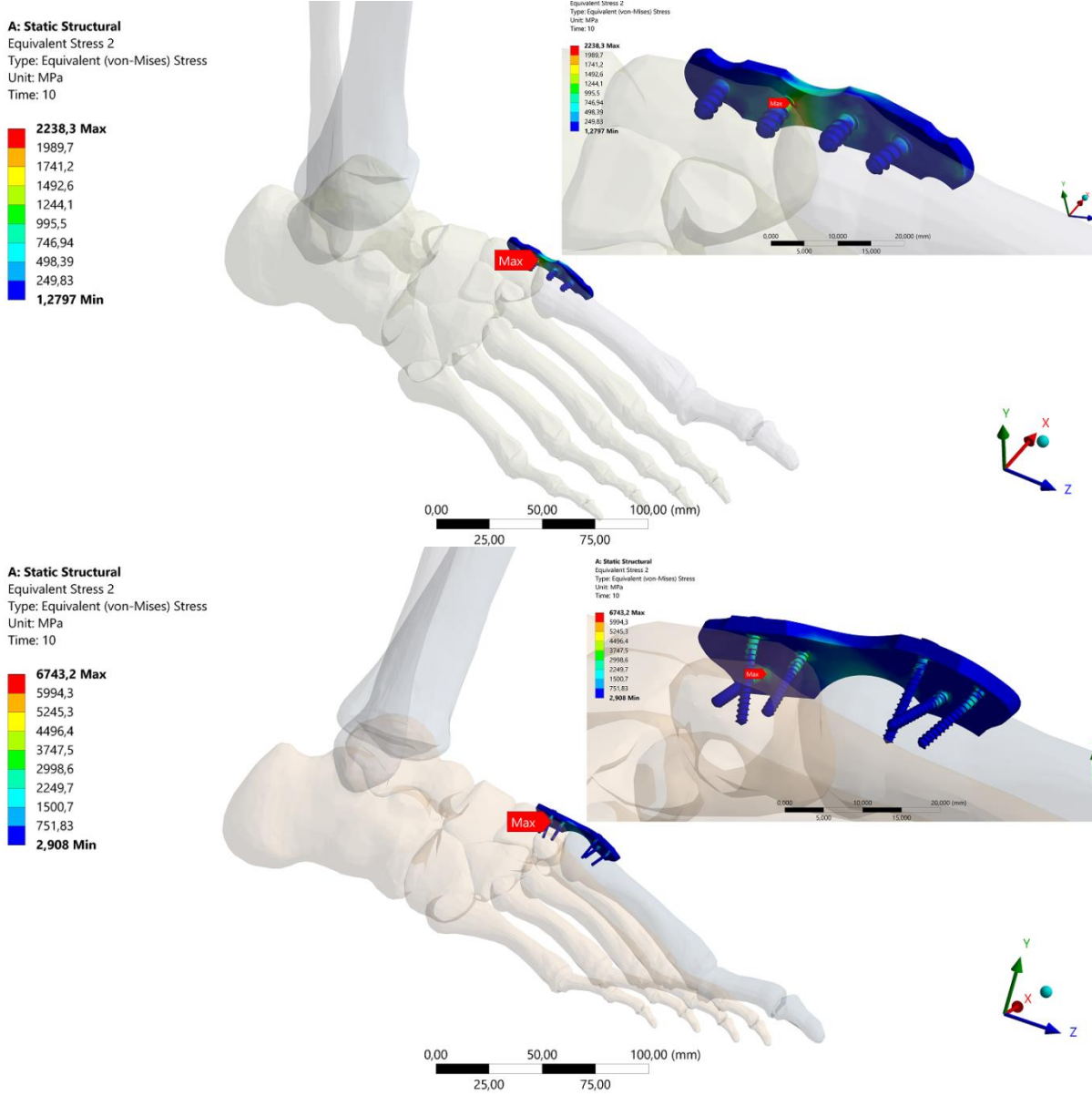


Şekil 4. 4 delikli, 4 vidalı ve 6 delikli, 6 vidalı medial plakaların yer değiştirme miktarları karşılaştırma grafiği

Yükleme sonrası plakta oluşan maksimum gerilmeler karşılaştırıldığında, 4 delikli medial plakta 2238 MPa ve 6 delikli plakta 6743 MPa gerilme olduğu görülmektedir (Şekil 6). Plak ve vida üzerindeki gerilme dağılımları incelendiğinde 4 delikli plak uygulamasında diğer 6 delikli plak tasarımına göre daha az gerilme oluştuğu görülmüştür. 4 delikli plaka daha kalın 4 vida ile tutturulurken 6 delikli ve tasarım olarak daha geniş olan plaka nispeten daha ince ve 6 adet vida ile tutturulmuştur. Yakın resimlerden de görüleceği gibi her iki plakada da yükü esas taşıyan kısımlar vidalar olup, kalın ve 4 vidalı plakada esas yük vidaların plakayla birleştiği kısma binmektedir. Buna karşın 6 vidalı plakada yük daha çok vidaların bağlantı yerlerinden biraz daha uzağa düşmektedir. Ancak yine de 6 vidalı plakada maksimum gerilme yine 4 vidalı plakada olduğu gibi plaka ile birleşme yerinde olmaktadır. Bu durum bağlantı yerlerinin keskinliği ve süreksizliği nedeniyle meydana gelmektedir. Tabii bu daha ince vidada daha belirgin hale gelmekte ve vida inceliği nedeniyle bağlantı yerindeki gerilme miktarı daha yüksek çıkmaktadır.



Şekil 5. Plakalarda oluşan gerilme miktarlarının karşılaştırılma grafiği



Şekil 6. Plakalarda ve vidalarda oluşan gerilme dağılımları

Sonuç olarak lapidus artrodezinde sabitleme için kullanılan 2 farklı plak tasarımının (4 ve 6 delikli) karşılaştırılmasında plaktaki gerilme ve toplam yer değiştirme miktarının 4 delikli plakta daha az olduğu görülmüştür (Şekil 3 ve 6). Hesaplanan parçalar arası yer değiştirme miktarları değerlendirildiğinde, minimum yer değiştirme miktarının 4 delikli plak ve kompresyon vidası tespit yönteminde, en yüksek yer değiştirme miktarının 6 delikli plak ve kompresyon vidası tespit yönteminde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Farklı tasarımdaki plak-vida fiksasyonunun sonlu elemanlar modellenmesine göre, 4 delikli plak-vida fiksasyon yöntemi lapidus artrodezinde plağın diğer yerleşim yerlerine göre daha iyi stabilite ürettiği saptanmıştır.

Tablo 3. Plakalarda oluşan gerilme ve toplam yer değiştirme miktarlarının karşılaştırılma tablosu

	Maksimum Gerilme (GPa)	Toplam Yerdeğiştirme (mm)
4 delikli plaka	2.238	1.0558
6 delikli plaka	6.743	1.0981

Lapidus (birinci tarsometatarsal eklem) artrodezi, özellikle birinci tarsometatarsal eklemin hipermobilitasını içeren vakalarda, orta ila şiddetli halluks valgus tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir cerrahi prosedürdür [4-6]. Birçok sabitleme yöntemleri mevcut olmakla birlikte daha önceki araştırmalarda, sabitleme yöntemlerinin karşılaştırmaları dâhil olmak üzere bu yöntemlerin göreceli güçlükleri incelenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmalar, farklı tasarımlara ve mekanik özelliklere sahip plakaları karşılaştırmış ve çeşitli sıkıştırma metotları ve parçalar arası vida tekniklerini kullanmıştır. Ancak, yapılan bu çalışma, lapidus artrodezinde plak tespitine yönelik tedavi yöntemlerini farklı vida ve delik tasarımlarını ve sonlu elemanlar yöntemini kullanarak karşılaştıran bir çalışmadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, lapidus artrodez cerrahisinde kullanılan ve farklı tasarıma sahip plaka sabitleme modellerinin belli yüklemeler ve sınır şartları altında sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan bir analizdir. Farklı plaka tasarımının artrodezdeki yer değiştirmeye olan etkisini belirlemek amacıyla modeller üzerine yüklemeler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, lapidus artrodezinde farklı plaka sabitleme yöntemlerini, plaka delikleri ve dolayısıyla kullanılan vida çeşitliliği açısından 3 boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemi aracılığı ile karşılaştıran bir çalışmadır.

Halluks valgus tedavisinde lapidus artrodezi önerilen bir cerrahi teknik olsa da, çeşitli araştırmalar yüksek kaynamama oranını ortaya koymaktadır. Bu durum, geçmiş çalışmalarda da vurgulandığı üzere, en uygun sabitleme tekniği olarak önerilen plak sisteminin tasarımına yönelik yeni çalışmalarla daha da azalabilir. Bu çalışma ile kullanılan 4 delikli ve kalın vidalı tasarımın lapidus artrodezi için 6 delikli ince vidalı tasarıma göre daha uygun olduğu belirlenmiştir. Buna karşın şunu da söylemek gerekir ki bu sonuç ilave uzun dönem klinik çalışmalarla desteklenmelidir.

YAZAR KATKILARI

Alaettin ÖZER: Modelleme, analiz, makale yazılması ve düzenlenmesi.

Hacı Ali OLÇAR: Makale fikri, makale yazılması ve düzenlenmesi.

Halil Burak MUTU: Modelleme, analiz, makale yazılması ve düzenlenmesi.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ETİK

Bu makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] M. C. Solan, M. Lemon and S. P. Bendall, "The surgical anatomy of the dorsomedial cutaneous nerve of the hallux", *J Bone Joint Surg Br*, 83-B(2):250-252, 2001, <https://doi:10.1302/0301-620X.83B2.0830250>.
- [2] D. J. Magee, "Orthopedic Physical Assessment", *Gait Assessment*. W.B.Saunders Company, Toronto, 1997. pp 362-376.
- [3] M. J. Coughlin and A. R. Mann, 7th ed., *Surgery of the Foot and Ankle*, Volume vols. 1 and 2, 1999, Mann Mosby, St. Louis, p. 783 and 1605 page
- [4] G. H. Albrecht, "The pathology and treatment of hallux valgus", *Russ Vrach*, 10:14, 1911, Russian.
- [5] P. W. Lapidus, "Operative correction of the metatarsus varus primus in hallux valgus", *Surg Gynecol Obstet*, 58(183-191), 16, 1934.
- [6] P. D. Symeonidis and J. G. Anderson, "Original and Modified Lapidus Procedures: Proposals for a New Terminology", *J Bone Joint Surg Am*. 17;103(4):e15. 2021 Feb, <https://doi:10.2106/JBJS.20.01010>.
- [7] D. López-López, R. Larrainzar-Garijo, R. B. De-Bengoa-Vallejo, M. E. Losa-Iglesias and J. Bayod-López, "Effectiveness of the Lapidus plate system in foot surgery: A PRISMA compliant systematic review", *Int Wound J*. 19(3): 507-514, 2022, <https://doi.org/10.1111/iwj.13649>
- [8] M. Myerson, S. Allon and W. McGarvey, "Metatarsocuneiform Arthrodesis for Management of Hallux Valgus and Metatarsus Primus Varus", *Foot & Ankle*. 13(3):107-115, 1992, <https://doi:10.1177/107110079201300301>
- [9] B. J. Sangeorzan and S. T. Hansen, "Modified Lapidus Procedure for Hallux Valgus", *Foot & Ankle*. 9(6):262-266, 1989, <https://doi:10.1177/107110078900900602>.
- [10] R. Kunovsky, J. Kocis, T. Navrat, P. Vosynek, T. Pink, M. Joukal and I. Cizmar, "Lapidus arthrodesis in combination with arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint-biomechanical cadaver study comparing two methods of fixation", *Biomedical Papers of the Medical Faculty of Palacky University in Olomouc*. 166(3), 2022 Sep 1, <https://doi:10.5507/bp.2021.025>
- [11] D. A. Cohen, B. G. Parks and L. C. Schon, "Screw Fixation Compared to H-Locking Plate Fixation for First Metatarsocuneiform Arthrodesis: A Biomechanical Study", *Foot & Ankle International*. 26(11):984-989, 2005, <https://doi:10.1177/107110070502601114>

- [12] M. O. Akkurt, “Modifiye lapidus prosedürünün uzun dönem sonuçları”, *Turkish Journal of Clinics and Laboratory*, vol. 11, no. 2, pp. 18-22, Mar. 2020, doi:10.18663/tjcl.689886
- [13] B. Baravarian and R. Ben-Ad, “Contemporary approaches and advancements to the Lapidus procedure”, *Clinics in podiatric medicine and surgery*, 31(2), 299–308, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2014.01.001>.
- [14] M. D. Sorensen, C. F. Hyer and G. C. Berlet, “Results of lapidus arthrodesis and locked plating with early weight bearing”, *Foot Ankle Spec.* 2(5):227-33, 2009 Oct, <https://doi.org/10.1177/1938640009348389>.
- [15] J. M. Cottom, J. S. Baker, “Comparison of locking plate with interfragmentary screw versus plantarly applied anatomic locking plate for Lapidus arthrodesis: a biomechanical cadaveric study”, *Foot Ankle Spec.* 10:227-231, 2017, <https://doi.org/10.1177/1938640016676341>.
- [16] K. E. Roth, J. Peters, I. Schmidtmann, U. Maus, D. Stephan and P. Augat, “Intraosseous fixation compared to plantar plate fixation for first metatarsocuneiform arthrodesis: a cadaveric biomechanical analysis”, *Foot Ankle Int.* 35:1209-1216, 2014, <https://doi.org/10.1177/1071100714547082>
- [17] P. Dayton, R. Santrock, M. Kauwe, et al, “Progression of healing on serial radiographs following first ray arthrodesis in the foot using a Biplanar plating technique without compression”, *J Foot Ankle Surg.* 58:427-433, 2019, <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2018.09.001>
- [18] J. M. Cottom and A. M. Vora, “Fixation of Lapidus arthrodesis with a plantar interfragmentary screw and medial locking plate: a report of 88 cases”, *J Foot Ankle Surg.* 52:465-469, 2013, <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2013.02.013>.
- [19] K. Klos, P. Simons, A. S. Hajduk, et al, “Plantar versus dorsomedial locked plating for Lapidus arthrodesis: a biomechanical comparison”, *Foot Ankle Int.* 32:1081-1085, 2011, <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.1081>.
- [20] J. R. Baxter, S. B. Mani, J. Y. Chan, E. Vulcano and S. J. Ellis, “Crossedscrews provide greater tarsometatarsal fusion stability compared to compression plates”, *Foot Ankle Spec.* 8:95-100, 2015, <https://doi.org/10.1177/1938640014543358>.
- [21] F. Hess and C. Sommer, “Minimally invasive plate osteosynthesis of the distal fibula with the locking compression plate: first experience of 20 cases”, *Journal of orthopaedic trauma* 25.2: 110-115, 2011, <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3181d9e875>.
- [22] K. Öner, S. Durusoy and A. Özer, “Is the fracture morphology in the sagittal plane important in determining the ideal placement of the lag screw in intertrochanteric femoral fractures?: Ideal lag screw placement in intertrochanteric fractures in the sagittal plane”, *Injury*, 52.3: 562-568, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.10.023>
- [23] Z. Zhao, T. Yan, W. Guo, R. Yang and X. Tang, “Is double-strut fibula ankle arthrodesis a reliable reconstruction for bone defect after distal tibia tumor resection?—a finite element study based on promising clinical outcomes”, *Journal of Orthopaedic Surgery and Research.* 16(1):1-0, 2021 Dec, <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02362-0>
- [24] J. Li, Y. Wei and M. Wei, “Finite Element Analysis of the Effect of Talar Osteochondral Defects of Different Depths on Ankle Joint Stability”, *Med Sci Monit.* 26:e921823, 2020 Aug 21, <https://doi.org/10.12659/MSM.921823>.
- [25] L. E. Claes, C. A. Heigele, C. Neidlinger-Wilke, D. Kaspar, W. Seidl, K. J. Margevicius and P. Augat, “Effects of mechanical factors on the fracture healing process”, *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 355:S132-47, 1998 Oct 1.