



ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LİSFRANC EKLEMİNİN MORFOMETRİK
DEĞERLENDİRİLMESİ: ÜÇ BOYUTLU BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ ÇALIŞMASI**

CEMRE SAVAŞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANATOMİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Abdul Veli İsmailoğlu

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Alp Bayramoğlu

İSTANBUL-2025



ACIBADEM MEHMET ALİ AYDINLAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LİSFRANC EKLEMİNİN MORFOMETRİK
DEĞERLENDİRİLMESİ: ÜÇ BOYUTLU BİLGİSAYARLI
TOMOĞRAFİ ÇALIŞMASI**

CEMRE SAVAŞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANATOMİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Abdul Veli İsmailoğlu

İKİNCİ TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Alp Bayramoğlu

İSTANBUL-2025

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

18.06.2025

Cemre Savaşan

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana rehberlik eden ve katkılarıyla çalışmama yön veren değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Abdul Veli İsmailoğlu'na, bana olan inancını ve desteğini her zaman üzerimde hissettiğim ve fikirleriyle yolumu aydınlatan ikinci tez danışmanım Prof. Dr. Alp Bayramoğlu'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı'nda sürdürdüğüm yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, akademik gelişimime katkıda bulunan ve manevi desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Mustafa Aktekin ve Dr. Öğr. Üyesi Elif Nedret Keskinöz'e ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmamın klinik verilerinin elde edilmesi aşamasında gösterdikleri ilgi ve katkılardan dolayı Dr. Edip Yılmaz ve Dr. Samir İlgaroğlu'na teşekkür ederim.

Çalışma hayatım ve tez sürecim boyunca her zaman fikir alışverişinde bulunabildiğim, her konuda bana desteklerini hissettiğim ve bu dönemi daha keyifli ve kolay kılan sevgili çalışma arkadaşlarım Dr. Milena Can, Beyzanur Dalgıç, Miray Çapkur ve Dr. Öğr. Üyesi Gizem Kubat Bakır'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu akademik yolculuğa birlikte başladığımız ve her adımda desteğini yanımda hissettiğim, samimiyeti ve dostluğuyla bu süreci anlamlı kılan canım arkadaşım Mukaddes Üçkarış'a ve her zorlukta yanımda olup varlığıyla bana güç veren, desteği ve sevgisiyle yolumu aydınlatan Dr. Mehmet Aydın'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her daim yanımda olan, sevgileri ve sabırlarıyla bana güç veren ve her türlü kahrımı çeken annem Zeynep Tuna, babam Hüseyin Savaşan ve abim Altay Savaşan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
1 GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
2 GENEL BİLGİLER	5
2.1 Lisfranc Eklem Anatomisi	5
2.1.1 Kemik yapılar	5
2.1.1.1 Ossa cuneiformia	5
2.1.1.2 Os cuboideum	7
2.1.1.3 Ossa metatarsi I-V	7
2.1.2 Eklem yapısı.....	8
2.1.3 Ligamentöz yapılar ve fonksiyonları	11
2.2 Lisfranc Eklem Yaralanmaları	15
2.2.1 Yaralanma mekanizması	15
2.2.2 Epidemiyoloji	17
2.2.3 Sınıflandırmalar	18
2.2.4 Fiziksel değerlendirme	21
2.2.5 Radyolojik değerlendirme	23
2.2.6 Tedavi yaklaşımları.....	28
2.2.6.1 Konservatif tedavi	28
2.2.6.2 Cerrahi tedavi	29
3 GEREÇ VE YÖNTEM	31
3.1 Morfometrik Ölçümler.....	32
3.1.1 Uzunluk ölçümleri	33
3.1.2 Alan ölçümleri.....	37
3.1.3 Hacim ölçümleri	40
3.2 İstatistiksel Analiz.....	40

4 BULGULAR	41
5 TARTIŞMA	46
6 SONUÇ	52
7 KAYNAKLAR.....	53
8 EKLER	57
EK 1. Etik Kurul Kararı	57
9 ÖZGEÇMİŞ	59



KISALTMA VE SİMGELER LİSTESİ

AP	Antero-posterior
ARİF	Açık redüksiyon ve internal fiksasyon
BT	Bilgisayarlı tomografi
C1	Os cuneiforme mediale
C2	Os cuneiforme intermedium
C3	Os cuneiforme laterale
M1	Os metatarsi I
M2	Os metatarsi II
M3	Os metatarsi III
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme
OA	Osteoartrit
3B	Üç boyutlu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Lisfranc eklemi oluşturan kolonların şematik gösterimi	9
Şekil 2. Lisfranc eklemine ait ligamenta tarsometatarssea dorsalia	12
Şekil 3. Lisfranc eklemine ait ligamenta tarsometatarssea plantaria	13
Şekil 4. Lisfranc eklemine ait ligamentlerin şematik gösterimi.....	14
Şekil 5. “Lateral Lisfranc ligament” illüstrasyonu.....	15
Şekil 6. Lisfranc eklemine ait yaralanma mekanizması.....	16
Şekil 7. Lisfranc eklem kompleksinde kırık görülme sıklığının 3B temsili	18
Şekil 8. Quenu ve Kuss sınıflandırılması.....	18
Şekil 9. Hardcastle ve Myerson sınıflandırması	19
Şekil 10. Nunley ve Vertullo sınıflandırması.....	20
Şekil 11. Schepers ve arkadaşının önerdiği yaralanma sınıflandırması	21
Şekil 12. Lisfranc eklem yaralanmalı bir kişinin ayak/ayak bileği radyografi görüntüleri	25
Şekil 13. 3B BT görüntüsünde Mercedes Benz bulgusu	27
Şekil 14. 3B BT görüntüsünde peeking metatarsal bulgusu (A) ve peeking cuneiform bulgusu (B).....	27
Şekil 15. Lisfranc eklem yaralanması sonrası yapılan K-teli fiksasyonunu gösteren intra-operatif AP floroskopik görüntü.....	29
Şekil 16. Lisfranc eklem yaralanması olan hastaya uygulanan primer artrodez öncesi ve sonrası radyografi görüntüleri	30
Şekil 17. Hasta grubunda Lisfranc eklem yaralanmasının taraf dağılımı	41

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. M2'nin ossa cuneiformia arasında oluşturduğu kilit taşı yapısı	10
Resim 2. Pronasyon-abdüksiyon testi	22
Resim 3. Piyano tuşu testi	23
Resim 4. Referans düzlemler	32
Resim 5. M1 ve M2 arası mesafe ölçümü.....	33
Resim 6. M2 uzunluk ölçümü	34
Resim 7. C1 ve C2 yükseklik farkı ölçümü	35
Resim 8. C2 ve C3 yükseklik farkı ölçümü	35
Resim 9. “Dorsal step-off” ölçümü.....	36
Resim 10. M1-M2 ve M2-M3 derinlik farkları ölçümü.....	37
Resim 11. C1, C2 ve C3 eklem yüzeyleri	38
Resim 12. C1'in M2 ve C2 ile eklem yapan eklem yüzeyleri	39
Resim 13. C3'ün M2 ve C2 ile eklem yapan eklem yüzeyleri	40

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Lisfranc eklemine ait ligamenta cuneometatarsea interossei tablosu	14
Tablo 2. Demografik özellikler tablosu	41
Tablo 3. M1-M2 arası mesafe ölçüm tablosu.....	42
Tablo 4. Uzunluk ölçümleri	42
Tablo 5. Alan ölçümleri	43
Tablo 6. Hacim ölçümleri	43
Tablo 7. Kontrol grubunda M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasındaki korelasyonlar	44
Tablo 8. Hasta grubunda M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasındaki korelasyonlar	45

ÖZET

Lisfranc Eklemının Morfometrik Değerlendirilmesi: Üç Boyutlu Bilgisayarlı Tomografi Çalışması

Bu çalışmada, üç boyutlu (3B) modelleme yöntemiyle Lisfranc eklemının medial ve orta kolonlarını oluşturan kemik yapılarının morfolojik özelliklerini tanımlamak ve bu özelliklerin Lisfranc eklem yaralanmalarına yakınlık oluşturup oluşturmadığını değerlendirmek amaçlanmıştır. Çalışmada, Lisfranc eklem yaralanması tanısı almış 23 hasta ile orta ayakta travma öyküsü bulunmayan 25 sağlıklı bireye ait toplam 48 adet bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüsü analiz edilmiştir. Ossa metatarsi I-III (M1-M3) ve ossa cuneiformia (C1-C3) yapılarının 3B modelleri oluşturularak; kemik uzunluğu, eklem yüzey alanı, hacim, M1-M2 ve M2-M3 derinlik farkı ve “dorsal step-off” (M2’nin C2’ye göre dorsal subluksasyonu) parametreleri ölçülmüştür. Gruplar arasında yapılan karşılaştırmalarda kemik morfolojisi açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0.05$). Korelasyon analizlerinde ise, M2 uzunluğu arttıkça ossa cuneiformia’nın hacimlerinin ve ossa metatarsi ile yaptıkları eklem yüzey alanlarının da arttığı gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Bu bulgular, Lisfranc eklem yaralanmalarında kemik morfolojisinin tek başına belirleyici bir risk faktörü olmadığını göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, kemik yapıların yanı sıra ligamentöz komponentlerin de kapsamlı biçimde değerlendirilmesinin yaralanma mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasını sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Lisfranc eklem yaralanması, Kemik morfolojisi, Bilgisayarlı tomografi, Üç boyutlu rekonstrüksiyon, Risk faktörü

ABSTRACT

Morphometric Evaluation of the Lisfranc Joint: A Three-Dimensional Computed Tomography Study

This study aimed to characterize the bony morphology of the medial and central columns of the Lisfranc joint using three-dimensional (3D) modeling and assess its potential role in predisposing individuals to Lisfranc injuries. We analyzed 48 CT scans from 23 patients with Lisfranc joint injuries and 25 healthy controls without midfoot trauma. 3D models of the first three metatarsals (M1-M3) and cuneiforms (C1-C3) were reconstructed to measure bone length, articular surface area, volume, M1-M2/M2-M3 depth differences, and dorsal step-off (M2 subluxation relative to C2). Group comparisons revealed no significant differences in bony morphometrics ($p > 0.05$). Correlation analysis showed that longer second metatarsals (M2) were associated with greater cuneiform volume and larger metatarsal articular surface areas ($p < 0.05$). Our findings suggest that bony morphology alone does not significantly influence Lisfranc injury risk. Further research integrating ligamentous anatomy is needed to elucidate multifactorial injury mechanisms.

Keywords: Lisfranc joint injury, Bone morphology, Computed tomography, Three-dimensional reconstruction, Risk factor

1 GİRİŞ VE AMAÇ

Lisfranc eklemi (*articulationes tarsometatarsae*), ossa tarsi ve ossa metatarsi arasında yer alan ve orta ayağın stabilizasyonunu sağlayan kompleks bir eklemdir (1, 2). Bu kompleks, özellikle basis ossis metatarsi II'nin ossa cuneiformia arasında kama şeklinde yerleşmesiyle oluşan kilit taşı konfigürasyonu ile karakterizedir. Bu yapısal özellik, yük aktarımı sırasında orta ayağın stabilitesini sağlayarak vücut ağırlığının distal ayak segmentlerine dengeli bir şekilde iletilmesine olanak tanır. Lisfranc ekleminin stabilitesi sadece kemik yapıların anatomik uyumuna değil, aynı zamanda I. ligamentum cuneometatarseum interosseum (interosseöz Lisfranc ligament), ligamentum tarsometatarseum dorsale (dorsal Lisfranc ligament), ligamentum tarsometatarseum plantare'nin (plantar Lisfranc ligament) bütünlüğüne de bağlıdır. Bu nedenle, bu bölgedeki anatomik yapıların morfolojik ve fonksiyonel bütünlüğü, ayak biyomekaniğinin korunması açısından kritik bir rol oynamaktadır (2-6).

Lisfranc eklem yaralanmaları nadir görülmekle birlikte; düşme, yüksek enerjili travmalar, aksiyel ve rotasyonel yüklenme gibi nedenlerle oluşabilir. Yaralanmalar genellikle sadece kemik kırıklarıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda ligamentöz yapılarda da hasara neden olmaktadır. Özellikle yalnızca ligamentöz yapıları etkileyen ve radyolojik olarak minimal bulgularla seyreden vakalar, klinik açıdan tanısı güç yaralanmalar arasında yer almakta ve sıklıkla atlanmaktadır. Bu da uzun dönemde ayak arkının çökmesi, kronik ağrı, fonksiyon kaybı ve posttravmatik osteoartrit (OA) gibi geri dönüşü zor klinik tablolara yol açabilmektedir (7-9).

Tanı sürecinde konvansiyonel radyografi genellikle ilk tercih edilen araçtır ancak sadece ligamentöz yapıların etkilendiği yaralanmalarda yetersiz kalabilir. Bu gibi durumlarda, BT ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi ileri görüntüleme yöntemlerine başvurulmaktadır. Son zamanlarda özellikle 3B BT görüntüleri kullanılarak kemik yapıların detaylı morfometrik analizleri yapılabilmektedir (10-13). Ancak bu gelişen teknolojiye rağmen tanı sürecinde hâlâ zorluklar yaşanması, eklem morfolojik yapısının daha iyi anlaşılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, mevcut literatürde Lisfranc ekleminin morfometrisine ilişkin bilgiler

sınırlıdır. Mevcut çalışmaların çoğu ya kadavra diseksiyonlarına ya da iki boyutlu radyografik ölçümlere dayanmaktadır (2, 14). Bu doğrultuda, alışmamızda Lisfranc eklem kompleksinin medial ve orta kolonlarını oluşturan kemik yapıların morfometrik özelliklerini 3B BT görüntüleri aracılığıyla detaylı biçimde incelemek amaçlanmıştır. Bu inceleme kapsamında, ossa metatarsi ve ossa cuneiformia'ya ait uzunluk, eklem yüzey alanı ve hacim gibi yapısal parametrelerin ölçülmesi ve elde edilen verileri Lisfranc eklem yaralanması geirmış bireyler ile sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubu arasında karşılaştırarak analiz etmek hedeflenmiştir. Bu çalışmayla, kemik morfolojisinin yaralanmalara yatkınlık üzerindeki potansiyel etkisinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.



2 GENEL BİLGİLER

2.1 Lisfranc Eklem Anatomisi

Lisfranc eklemi, ayak iskeletinde orta ayak bölgesinde yer alan ve ön ayak ile arka ayak arasındaki bağlantıyı sağlayan kompleks bir eklemdir (1, 2). Belirsizliği azaltmak adına, bazı araştırmacılar *articulationes tarsometatarsae*'yi ifade etmek için “Lisfranc eklem kompleksi” teriminin kullanılmasını ve “Lisfranc eklemi” teriminin *os cuneiforme mediale* ve *os cuneiforme intermedium* ile *os metatarsi I* ve *os metatarsi II*'yi içeren medial eklemler için kullanılması gerektiğini önermişlerdir (15).

Lisfranc eklemin iskelet elemanları *articulationes tarsometatarsae*, *articulationes intertarsae* ve *articulationes intermetatarsae* eklem yüzeylerinden oluşur. İskelet dışı unsurlar ise eklem kapsülleri, çeşitli bağlar, *musculus tibialis posterior*, *musculus tibialis anterior* ve *musculus peroneus longus* tendon ve uzantılarından oluşur ve bu yapıların tümü lisfranc eklemin stabilitesini korumak için işlev görür (2).

2.1.1 Kemik yapılar

Lisfranc eklem kompleksi, kemik ve bağ yapıların birlikte oluşturduğu anatomik bir yapıdır. Bu kompleksin kemik bileşenlerini proksimalde *ossa cuneiformia* ve *os cuboideum*, distalde ise *basis ossis metatarsi I-V* oluşturur (1).

2.1.1.1 Ossa cuneiformia

Kamamsı kemikler olarak da bilinen *ossa cuneiformia* üç adettir. Medialden laterale doğru sırasıyla *os cuneiforme mediale*, *os cuneiforme intermedium* ve *os cuneiforme laterale* olarak adlandırılırlar. Ayrıca 1. *os cuneiforme*, 2. *os cuneiforme* ve 3. *os cuneiforme* olarak da isimlendirilebilirler (3, 16).

Os cuneiforme mediale: Ossa cuneiformia'nın en büyüğüdür. Geniş medial yüzeyi ligamentlerin tutunduğu pürtüklü bir yapıya sahiptir ve derinin hemen altında yer alır. Kemiğin inferior yüzeyi de benzer şekilde ligamentöz yapıların tutunması nedeniyle pürtüklü bir morfoloji sergiler. Anterior yüzeyi ise böbrek şeklinde bir görünüme sahiptir (3, 16). Distalde os metatarsi I, lateralde os cuneiforme intermedium, proksimalde os naviculare ile eklemleşen fasetlere ve dorsomedialde basis ossis metatarsi II ile eklemleşen kare şeklinde bir fasete sahiptir (17).

Os cuneiforme intermedium: Ossa cuneiformia arasında ortada yer alır ve boyut olarak en küçük olanıdır. Ligamentlerin tutunduğu dorsal yüzeyi kare şeklindeyken, anterior ve posterior yüzeyleri ise üçgen şekillidir. Sırasıyla proksimal ve distalde os naviculare ve os metatarsi II ile, medial ve lateralde ise os cuneiforme mediale ve os cuneiforme laterale ile eklemleşir. Eklem yüzeylerinin dışındaki diğer yüzeyler ligamentlerin tutunma alanı olduğu için pürtüklü bir görünüme sahiptir. Ossa cuneiformia arasında en kısası olduğu için basis ossis metatarsi II ossa cuneiformia arasında tutarak eklem stabilizasyonunu katkıda bulunur (3, 17).

Os cuneiforme laterale: Diğer ossa cuneiformia'lara göre orta büyüklüktedir. Dorsal yüzü dikdörtgen biçiminde, kas ve tendonların tutunduğu plantar yüzeyi ise yuvarlak görünümdedir. Kemiğin lateral yüzeyi medial yüzeyine göre daha geniştir ve orta kısımlara doğru yön değiştirerek posterolaterale doğru eğimlenir. Medial yüzeyinde biri anteriorda, biri posteriorda olmak üzere iki eklem yüzeyi vardır ve bu yüzeyler os cuneiforme intermedium'un lateral yüzeyi ile eklem yapar. Lateral yüzeyinde de aynı şekilde biri anteriorda diğeri posteriorda olmak üzere iki eklem yüzeyi vardır. Os metatarsi IV ile eklem yapan anterior yüzey, oval şeklini almıştır. Posterior eklem yüzeyi ise üçgen veya oval şeklinde ve os cuboideum'un medial yüzeyi ile eklemleşir. Anterior ve posterior yüzeylerinde ise sırasıyla os naviculare ve os metatarsi III ile eklem yapar. Bazen anteriorda eklem yüzeyi iki ayrı yüz hâlinde bulunabilir. Bu durumda, anteriorda yer alan yüz os metatarsi II ile eklem yapar (3, 17, 18).

2.1.1.2 Os cuboideum

Distal ossa tarsi'nin en lateralinde bulunan os cuboideum, kabaca küp şeklinde bir kemiktir. Ligamentlerin tutunduğu dorsal yüzü pürüklü bir görünüme sahiptir. Plantar yüzeyin orta kısmında inferolateral yöne doğru uzanan bir çıkıntı bulunur. Bu çıkıntının belirgin olan lateral kısmına tuberositas ossis cuboidei denir ve anteriorunda musculus peroneus longus tendonunu içeren bir oluk (sulcus tendini musculi fibularis longi ossis cuboidei) bulunur. Proksimalde calcaneus, distalde basis ossis metatarsi IV-V ile eklemleşir. Nadiren caput ossis tali ile de eklemleşebilir. Medialde os cuneiforme laterale ile eklem yapan os cuboideum, bazen os naviculare ile de eklem yapabilir (3, 17, 18).

2.1.1.3 Ossa metatarsi I-V

Ossa metatarsi, ayağın medialinden lateraline doğru Romen rakamı ile "I-V" şeklinde numaralandırılan beş adet kemikten oluşur. Her bir ossa metatarsi'nin proksimalinde basis, ortasında corpus, distalinde caput olmak üzere 3 bölümü vardır. Basis ossis metatarsi I-V, proksimalde ossa cuneiformia ve os cuboideum ile; caput ossis metatarsi I-V ise distalde phalanx proximalis pedis ile eklem yapar. Plantar yüzeylerinde fleksör kas tendonlarının geçişine olanak sağlayan longitudinal oluk yapısı gözlenir. Caput ossis metatarsi I-V'nin lateral ve medial taraflarında bulunan çukurluklar ligamentlerin tutunma bölgelerini oluşturur. Lisfranc eklem kompleksini oluşturan kemikler, ayağın medial ve lateral sınırlarının orta noktalarını birleştiren oblik bir çizgi boyunca yer alır. Bu anatomik yerleşim nedeniyle ossa metatarsi ve phalanges pedis ön ayakta, ossa tarsi ise arka ayakta konumlanır (3, 16, 18).

Os metatarsi I (os primum metatarsi): Ossa metatarsi arasında en kısa ve en kalın olanıdır. Böbrek veya fasülye şeklinde proksimal eklem yüzeyi ile tanınır. Caput ossis metatarsi'nin plantar yüzeyinde medial ve lateral olmak üzere tendonların içine gömülü iki adet ossa sesamoidea pedis bulunur. Ayrıca basis kısmında, tendonların tutunmasına olanak sağlayan belirgin bir çıkıntısı vardır (16, 18). Proksimal ucunda

bazen oval biçimli bir eklem yüzeyi bulunabilir ve bu durumda os metatarsi II ile eklem yapar (3).

Os metatarsi II: Ossa metatarsi arasında en uzun olanıdır. Proksimalde ossa cuneiformia tarafından oluşturulan çatal yapının içine yerleşir ve bu anatomik konumu nedeniyle arcus transversus metatarsalis'e stabilite kazandıran bir kilit taşı görevi görür. Lateral yüzeyinde os metatarsi III ile eklem yapar. Bazen medial yüzeyinde os metatarsi I ile eklem yapan bir eklem yüzeyi bulunabilir (3, 4).

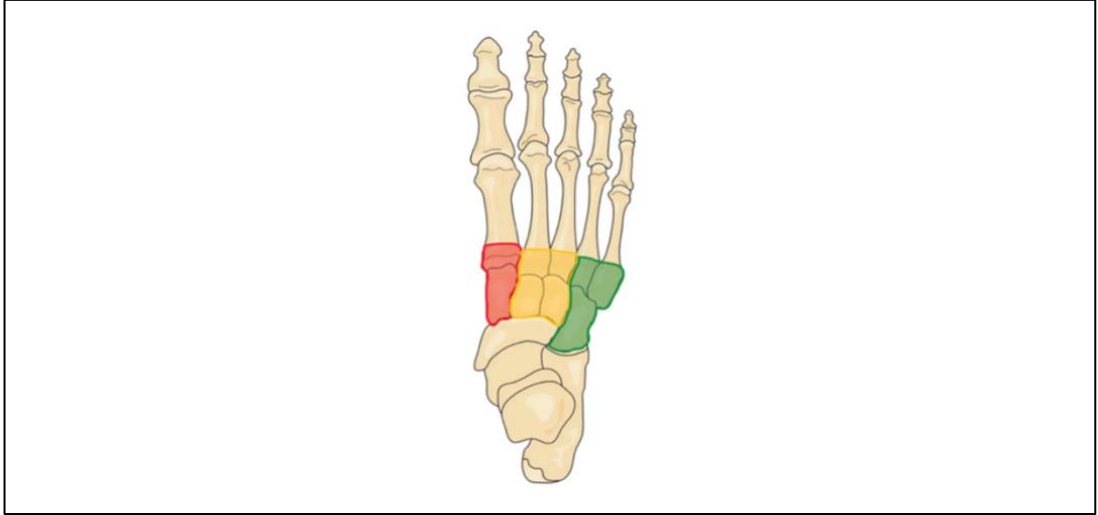
Os metatarsi III: Üçgen şekilli proksimal ucu ile tanınır. Medialinde iki adet eklem yüzeyi bulunur ve burada os metatarsi II ile eklem yapar. Dorsolateral köşesinde bulunan eklem yüzeyi ile de os metatarsi IV eklem yapar.

Os metatarsi IV: Os metatarsi III'ten biraz kısa ve kalındır. Proksimal yüzeyi dörtgene benzer bir yapıdadır. Medial yüzeyinde os metatarsi III, lateral yüzeyinde ise os metatarsi V ile eklem yapar.

Os metatarsi V: Basis kısmında bulunan belirgin çıkıntısı (tuberositas ossis metatarsalis quinti) ile tanınır. Bu çıkıntı, fiziksel muayene sırasında kolaylıkla palpe edilebilir. Çıkıntının posteriorunda Lisfranc eklem çizgisinin lateral ucu bulunur. Kemik, medial yüzeyinde os metatarsi IV ile eklem yapar (3, 16).

2.1.2 Eklem yapısı

Lisfranc eklemi; medial, orta ve lateral olmak üzere üç kolona ayrılır (Şekil 1). Her bir kolon, kendine özgü sinovyal membran yapısına sahiptir. Anatomik olarak kolon sınıflandırılması, Lisfranc eklem yaralanmalarını tanımlamak açısından basit bir yaklaşım sunar (2, 5, 6).



Şekil 1. Lisfranc eklemi oluşturan kolonların şematik gösterimi
Medial kolon kırmızı, orta kolon sarı, lateral kolon yeşil renk ile gösterilmiştir.

Medial kolon: Yalnızca os cuneiforme mediale ve basis ossis metatarsi I arasındaki eklemden oluşur. Bu kemikler arasındaki eklem yüzeyleri hilal görünümü sergiler (6, 19).

Orta kolon: Aşağıdaki kemikler arasındaki eklemlerden oluşur (2, 4):

- Os cuneiforme intermedium ile basis ossis metatarsi II,
- Os cuneiforme laterale ile basis ossis metatarsi III,
- Os cuneiforme mediale ile os cuneiforme intermedium,
- Os cuneiforme intermedium ile os cuneiforme laterale,
- Basis ossis metatarsi II ile basis ossis metatarsi III,
- Os cuneiforme laterale ile basis ossis metatarsi II,
- Os cuneiforme laterale ile basis ossis metatarsi IV.

Orta kolondaki kemikler articulatio cuneonavicularis ile yakından ilişkilidir. Anatomik olarak, ossa cuneiformia ile basis ossis metatarsi arasındaki eklem yüzeyleri farklı düzlemlerde yer alır. Bu nedenle eklem hattı düz bir çizgi oluşturmak yerine girintili çıkıntılı bir yapı gösterir. Bu yapı, basis ossis metatarsi II'nin os cuneiforme mediale ve os cuneiforme laterale arasına sıkıca yerleşerek Roma arklarına benzer bir

kilit taşı işlevi görmesini sağlar (Resim 1). Gelişimsel olarak bu girintinin sığ olması Lisfranc eklem yaralanmaları için bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir (6, 9, 19).



Resim 1. M2'nin ossa cuneiformia arasında oluşturduğu kilit taşı yapısı
Kırmızı çizgi kilit taşı konfigürasyonunu göstermektedir.

Os cuneiforme mediale, basis ossis metatarsi II'ye göre yaklaşık 8 mm, os cuneiforme laterale ise 4 mm öne doğru çıkıntı yapar. Bu anatomik yerleşimin plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon miktarında sınırlama sağlayarak eklem stabilitesine büyük ölçüde katkıda bulunduğu düşünülmektedir (20). Basis ossis metatarsi I, II ve III dorsal yönde genişleyen ve plantar yönde daralan üçgen biçimli bir kama şekline sahiptir. Eklem kompleksinin dorsal stabilitesi kemiklerin bu şekli sayesinde desteklenir ve bu sayede orta ayağın arcus transversus metatarsalis oluşumuna katkıda bulunulur (5, 6, 19, 20). Eklem en önemli bölümlerinden biri, basis ossis metatarsi II'nin medial yüzeyi ile os cuneiforme mediale'nin lateral yüzeyinin eklemleştigi

alandır. Bu alanı kaplayan I. ligamentum cuneometatarsium interosseum (interosseöz Lisfranc ligament), Lisfranc eklem kompleksinin stabilitesinde kilit rol oynayan yapılardan biridir (1).

Lateral kolon: Os cuboideum'un basis ossis metatarsi IV ve V ile yaptığı eklemler ile bu iki ossa metatarsi arasındaki eklemden meydana gelir (2, 10). Os cuboideum'un eklem yüzeyinde yer alan dik tepe, ossa metatarsi ile eklemlendiği medial ve lateral fasetleri birbirinden ayırır. Lateral kolon, medial kolona göre daha proksimalde konumlanmıştır. Sinovyal membranı orta kolon ile temas etmez (19).

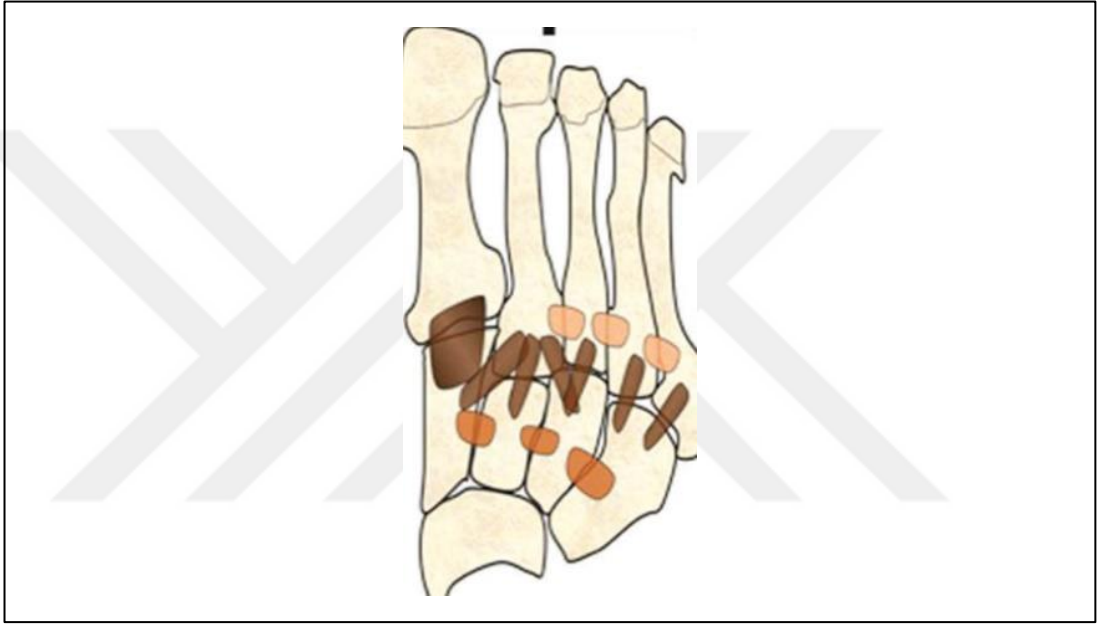
Yapılan çalışmalar sagittal düzlemde orta kolonun yaklaşık 0,6 mm hareketiyle en stabil olduğunu, medial kolonun yaklaşık 3,5 mm hareketle daha büyük bir hareket açıklığına sahip olduğunu, lateral kolonun ise 13 mm hareket ile en yüksek hareket açıklığına sahip olduğunu göstermiştir (4, 21).

2.1.3 Ligamentöz yapılar ve fonksiyonları

Bulundukları yerlere göre isimlendirilen ligamenta tarsometatarsea dorsalia, ligamenta cuneometatarsea interossea ve ligamenta tarsometatarsea plantaria, lisfranc eklem kompleksinin ligamentöz yapısını oluşturur. Her biri longitudinal (veya oblik) ve transvers bağlardan meydana gelir. Longitudinal bağlar aynı veya bitişik kolonda bulunan kemikler arasında bulunurken, transvers bağlar ossa tarsi ve/veya ossa metatarsi arasında bulunur (5, 6, 22). Bağlar, eklem boyunca articulationes intertarseae ve articulationes intermetatarsee boşluklarını kapsayacak şekilde uzanır; ancak basis ossis metatarsi I ile II arasında ligamentöz bir destek bulunmaz. Buradaki destek, medial ve orta kolonu birbirine bağlayan os cuneiforme mediale'den os metatarsi II'ye uzanan I. ligamentum cuneometatarseum interosseum (interosseöz Lisfranc ligament) sayesinde dolaylı olarak sağlanır (23, 24).

Ligamenta tarsometatarsea dorsalia: Sayıları 6 ila 8 arasında değişen kısa, düz, ayağın dorsalinde şerit şeklinde uzanan bağlardır. Longitudinal (veya oblik) ve transvers bir seyir izleyerek distal ossa tarsi ve ossa metatarsi arasında uzanırlar (Şekil

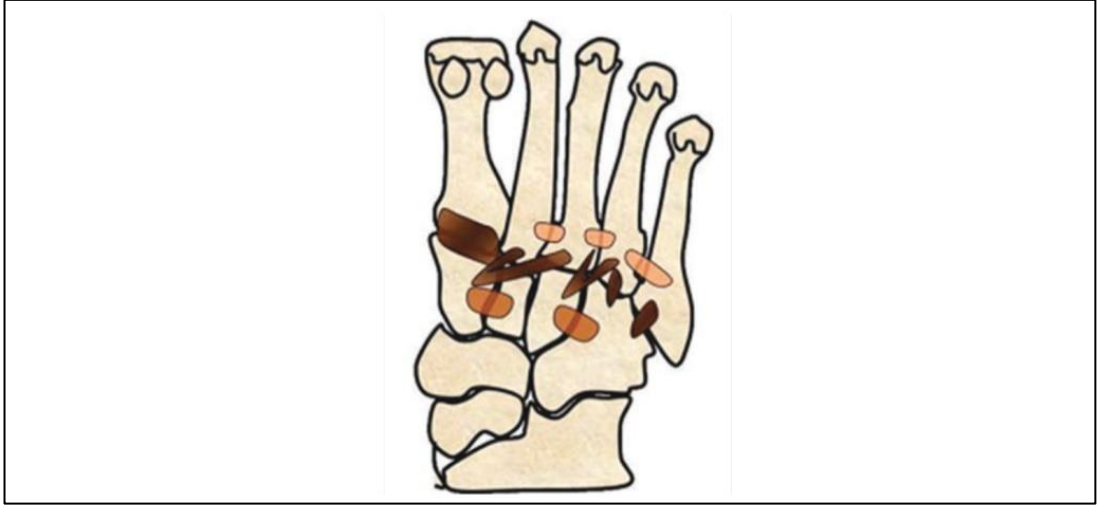
2) (2, 6). Os cuneiforme mediale ve basis ossis metatarsi II arasında tek bir bant halinde uzanan ligamente ligamentum tarsometatarseum dorsale (dorsal Lisfranc ligament) denir. Bu ligament, diğer Lisfranc ligamentler arasında en küçük kesit alanına sahip olup, en ince ve en küçük bağıdır (5, 23). Yapısal olarak en zayıf halka olduğu için travmatik bir güç uygulandığında en önce kopma eğilimindedir. Bu durum, Lisfranc eklem yaralanmalarında dislokasyonun çoğunlukla dorsal yönde gerçekleşmesinin başlıca nedenlerinden biri olarak kabul edilir (25).



Şekil 2. Lisfranc eklemine ait ligamenta tarsometatarsea dorsalia (2)

Kahverengi ile gösterilen yapılar Lisfranc eklem kompleksine ait ligamenta tarsometatarsea dorsalia'yı gösterir. Koyu turuncu ve açık turuncu ile gösterilen yapılar ise sırasıyla ligamenta intertarsea dorsalia ve ligamenta metatarsea dorsalia'yı gösterir.

Ligamenta tarsometatarsea plantaria: Genellikle sayıları beşten fazla; longitudinal ve transvers seyirli dirler. Plantar yüzeyde, tarsal ve metatarsal kemikler arasında karmaşık bir düzenle uzanırlar (Şekil 3). Medialde bulunan bağları lateraldekilere göre daha güçlüdür. Ligamenta tarsometatarsea dorsalia'dan yaklaşık iki kat daha kalındırlar (2, 6). Os cuneiforme mediale'nin lateral yüzeyinden başlayıp basis ossis metatarsi II ve III'ün inferomedial yüzeylerine bağlanan ve iki banttan oluşan ligamente ligamentum tarsometatarseum plantare (plantar Lisfranc ligament denir. Ligamentum tarsometatarseum plantare, ligamentum tarsometatarseum dorsale'den iki kat daha büyüktür (5, 23, 24).



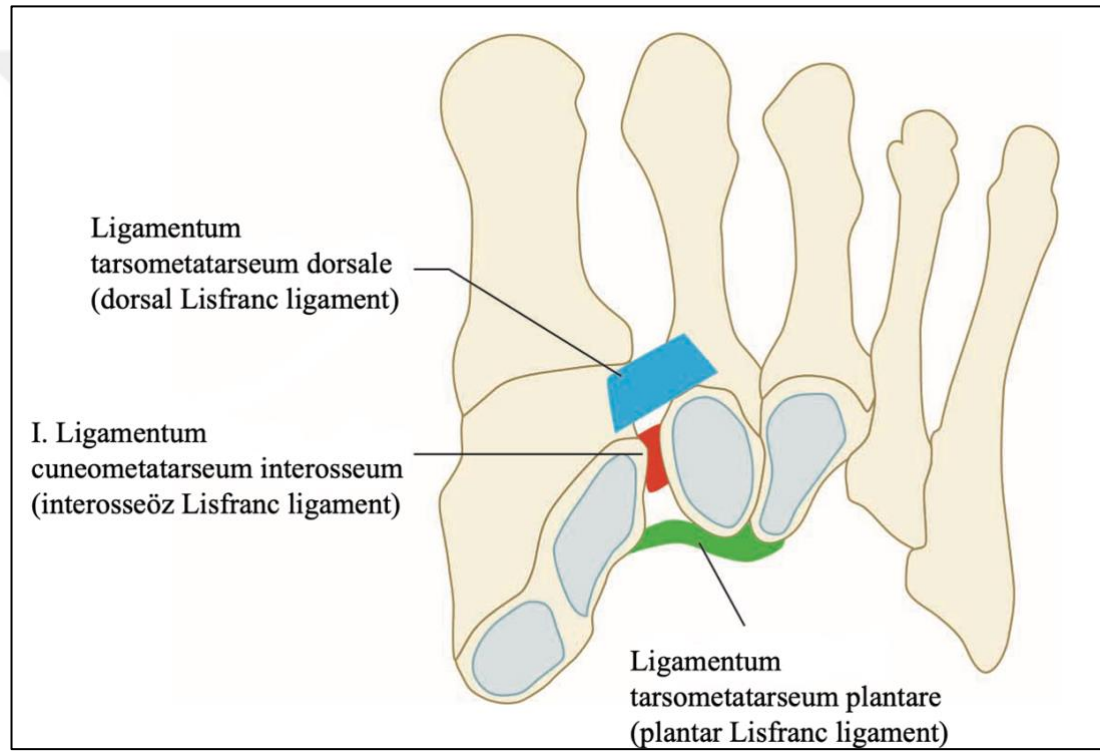
Şekil 3. Lisfranc eklemine ait ligamenta tarsometatarsea plantaria (2)

Kahverengi ile gösterilen yapılar Lisfranc eklem kompleksine ait ligamenta tarsometatarsea plantaria'yı gösterir. Koyu turuncu ve açık turuncu ile gösterilen yapılar ise sırasıyla ligamenta intertarsalia plantaria ve ligamenta metatarsea plantaria'yı gösterir.

Ligamenta cuneometatarsea interossei: Lisfranc eklem kompleksinin en güçlü ligamentöz yapısıdır ve üç farklı ligamentten meydana gelir (Tablo 1). Bu gruptaki en önemli yapı yaygın olarak “interosseöz Lisfranc ligament” adıyla anılan ve eklem birincil stabilizatörü kabul edilen I. ligamentum cuneometatarseum interosseum'dur (1, 4). I. ligamentum cuneometatarseum interosseum, os cuneiforme mediale'nin lateral yüzeyinden distale ve laterale doğru oblik bir şekilde uzanarak plantar yüzeyde os metatarsi II'nin medialine tutunur. Ligamentum tarsometatarseum plantare (plantar Lisfranc ligament) ve ligamentum tarsometatarseum dorsale (dorsal Lisfranc ligament) arasında koronal düzlemde uzanır. 2013 yılında yapılan bir çalışmaya göre interosseöz I. ligamentum cuneometatarseum interosseum'un os cuneiforme mediale'ye tutunma şekli ve bant sayısına göre varyasyon gösterdiği ve biri anterior diğeri posterior olmak üzere iki ayrı bant şeklinde izlendiği belirtilmiştir (24). 8-10 mm uzunluğunda ve 5-6 mm kalınlığında olan I. ligamentum cuneometatarseum interosseum, eklem kompleksinde yer alan diğer ligamentler arasında en büyük ve en kalın olanıdır. Ortalama olarak ligamentum tarsometatarseum dorsale'den 4.5 kat, ligamentum tarsometatarseum plantare'den iki kat daha büyüktür (2, 5, 6).

Tablo 1. Lisfranc eklemine ait ligamenta cuneometatarsea interossei tablosu (2, 6)

Lisfranc Eklemine Ait Ligamenta Cuneometatarsea Interossei	
I. Ligamentum cuneometatarseum interosseum (Interosseöz Lisfranc ligament)	Os cuneiforme mediale ve os metatarsi II arasında bulunur.
II. Ligamentum cuneometatarseum interosseum	Os cuneiforme intermedium-laterale ve os metatarsi II-III arasında bulunur.
III. Ligamentum cuneometatarseum interosseum (Lateral longitudinal ligament)	Os cuneiforme laterale ve os metatarsi III arasında bulunur.

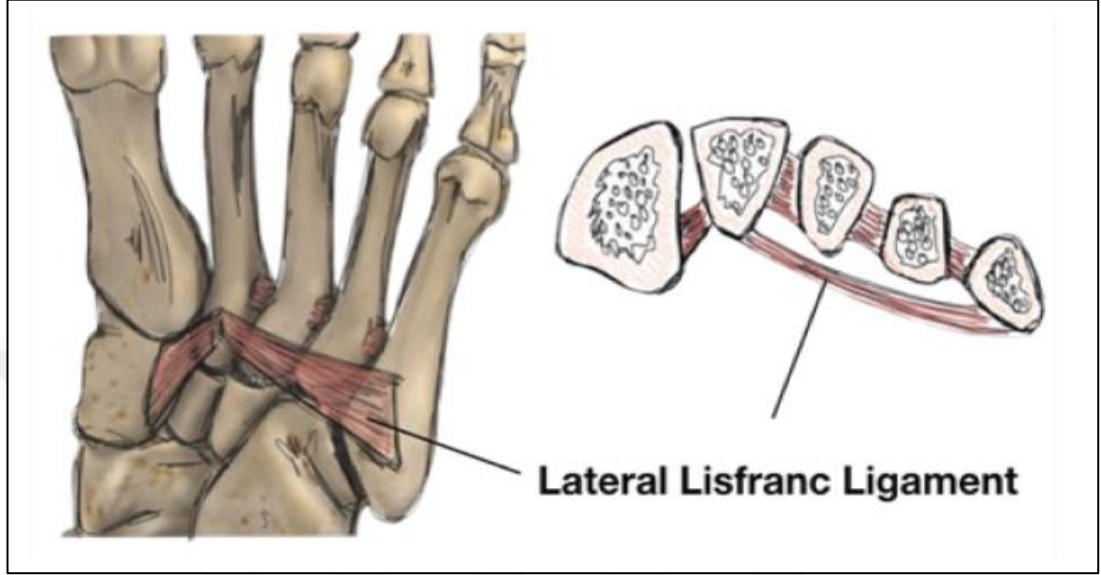


Şekil 4. Lisfranc eklemine ait ligamentlerin şematik gösterimi (26)

(Bliss ve diğerlerinden uyarlanmıştır.)

2019 yılında Mason ve diğerlerinin yaptığı çalışmada basis ossis metatarsi II ve V'nin lateral plantar yüzeyleri arasında uzanan bir ligament tanımlanmış ve bu ligamente "lateral Lisfranc ligament" adı verilmiştir (Şekil 5). Arcus transversus metatarsalis boyunca bir askı etkisi yaratan bu bağın, ligamentum plantare longum ile birleşerek hem arcus transversus metatarsalis hem de arcus longitudinalis metatarsalis'in bütünlüğünü sağlamada önemli bir rol oynadığı ve bu nedenle kırık

veya dislokasyon sonucu oluşabilecek ark kaybının bu yapının gevşemesine yol açabileceği düşünülmektedir. Bu aynı zamanda os metatarsi II'nin arcus transversus metatarsalis'teki önemini de göstermektedir (4).



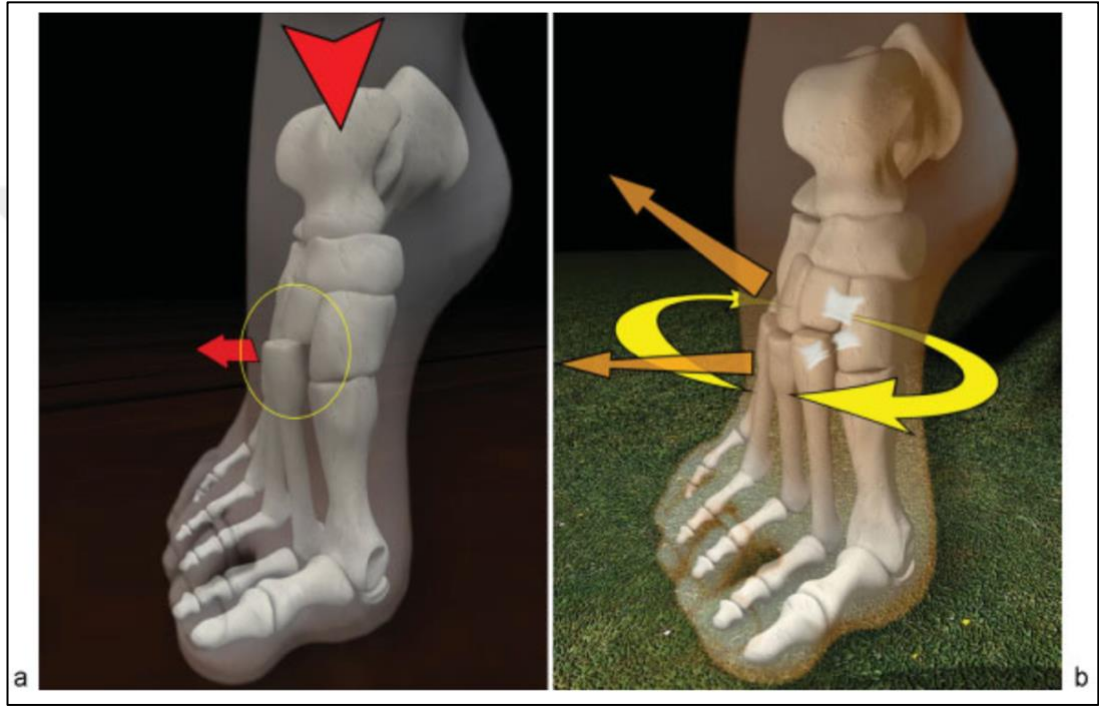
Şekil 5. “Lateral Lisfranc ligament” illüstrasyonu (4)

2.2 Lisfranc Eklem Yaralanmaları

2.2.1 Yaralanma mekanizması

Lisfranc eklem yaralanmaları; motorlu taşıt kazaları (%43), yüksekten düşme (%24), ezilme (%13) ve spor yaralanmaları (%9,7) gibi çeşitli travmatik mekanizmalar sonucu gelişebilir. Travmanın şiddetine göre yüksek enerjili (motorlu araç kazaları, ezilme yaralanmaları) ve düşük enerjili (spor aktiviteleri, ayakta burkulma) yaralanmalar olarak iki ana gruba ayrılır. Düşük enerjili yaralanmalar genellikle basketbol, futbol veya rugby gibi sporlarda meydana gelir. Plantar fleksiyon pozisyonundaki bir ayağa aksiyel ve/veya rotasyonel kuvvetlerin uygulanmasıyla meydana gelen indirekt travmatik mekanizmalardan kaynaklanırlar (Şekil 6). Aksiyel kuvvet ayağın aşırı plantar fleksiyonuna neden olarak zayıf olan ligamenta tarsometatarsea dorsalia'nın gerilmesine yol açar. Bu durum basis ossis metatarsi I-V'ün plantar yüzeylerinde kırıklar veya dorsal yönde dislokasyonlarıyla

sonuçlanabilir. Rotasyon ya da abduksiyon kuvvetleri ise, özellikle atlı veya rotasyonel sporlarda görüldüğü gibi, basis ossis metatarsi II'nin kırıldığı ve ossa metatarsi'nin laterale doğru yer değiştirdiği transvers tipte yaralanmalara yol açabilir. Bu tür düşük enerjili yaralanmalar genellikle hafif olmakla birlikte, Lisfranc eklem kompleksinin mekanik yüklenmesinde değişikliğe yol açarak posttravmatik osteoartrit (OA) gelişimine sebep olabilir (7, 8, 27).



Şekil 6. Lisfranc eklem yaralanma mekanizması (19)

(a: Ayak plantar fleksiyon pozisyonundayken uygulanan aksiyel kuvvet, b: Ayak plantar fleksiyon pozisyonundayken uygulanan rotasyonel kuvvet)

Yüksek enerjili yaralanmalar daha kötü prognoz ve sonuçlarla ilişkilidir ve kompartman sendromu, vasküler bozulmalar, açık yaralar gibi komplikasyonlara yol açabilir. Orta ayağa direkt kuvvet uygulanması indirekt travmaların yol açtığı lezyonlara kıyasla genellikle daha kapsamlı kemik, eklem ve yumuşak doku yaralanmalarıyla ilişkilidir. Ligamentöz yaralanmalardan; ossa metatarsi, ossa cuneiformia, os cuboideum, os naviculare ve bu kemikler arasındaki eklemleri içeren artiküler ve ekstraartiküler kırıklara kadar çok çeşitli anatomik lezyonlar görülür. Lezyonun yayılımı değişkenlik gösterebilir; bazen yalnızca eklemi oluşturan tek bir kolon yapısı etkilenirken bazı durumlarda tüm kolonlar (medial, orta, lateral) etkilenir

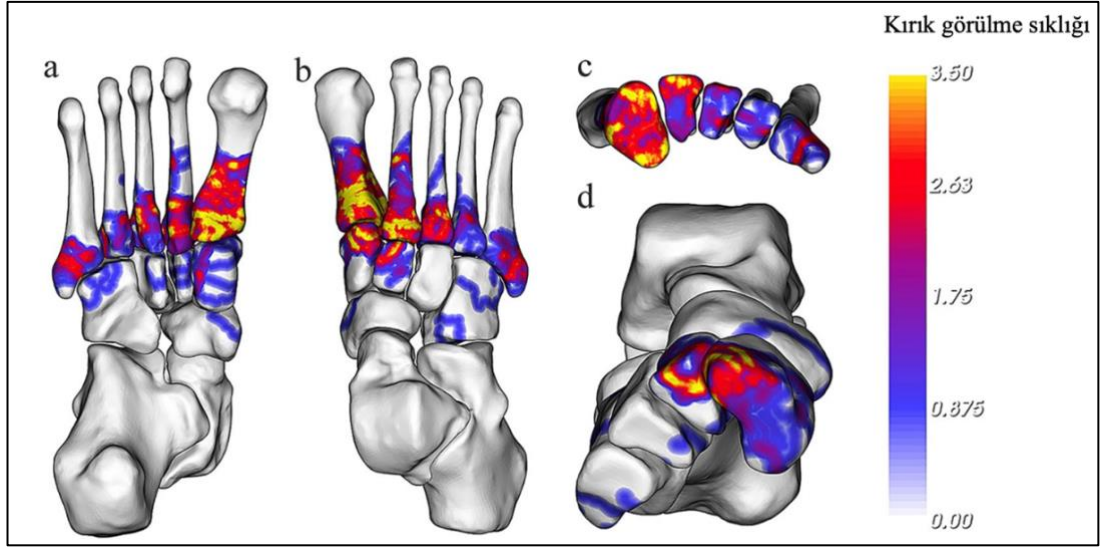
ve lezyonlar proksimale doğru ilerleyebilir. Aynı kolon içerisinde yer alan ossa metatarsi genellikle birlikte hareket eder; örneğin os metatarsale II'nin disloke olduğu bir durumda, os metatarsale III'ün yerinde kalması olağan dışıdır. Bu tür yaralanmalar, eklem kompleksinin anatomik bütünlüğünü bozarak orta ayakta instabilite ve fonksiyon kaybıyla sonuçlanır (7-9, 11, 28, 29).

2.2.2 Epidemiyoloji

Lisfranc eklem yaralanmaları, Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda 55.000 kişiden 1'inde görülür ve tüm kırıkların yaklaşık %0,2'sini oluşturur. Ancak radyografilerde lezyonların %24'e varan oranlarda gözden kaçabildiği ve bu nedenle gerçek insidansın daha yüksek olabileceği düşünülmektedir (30, 31). Bu duruma karşın, BT ve MRG teknolojilerindeki gelişmeler günümüzde Lisfranc eklem yaralanmalarının daha yüksek oranda teşhis edilebilmesini sağlamaktadır (11).

Lisfranc eklem yaralanmaları özellikle yaşamın üçüncü dekatında daha sık görülür. Yüksek enerjili aktivitelere daha sık katıldıkları için erkeklerin bu yaralanmalara maruz kalma olasılığı kadınlara göre 2 ila 4 kat daha fazladır (25, 32).

Literatür, yaralanmaların büyük çoğunluğunun (%87,5) kapalı yaralanmalar olduğunu ve bu yaralanmaların üçte birinin düşük enerjili spor travmaları sırasında sporcularda meydana geldiğini göstermektedir (32) Mart 2025'te yayımlanan bir çalışmada, kırık hatlarının en yoğun olarak basis ossis metatarsi I-II ile os cuneiforme mediale ve intermedium bölgelerinde yer aldığı bildirilmiştir (Şekil 7) (33).

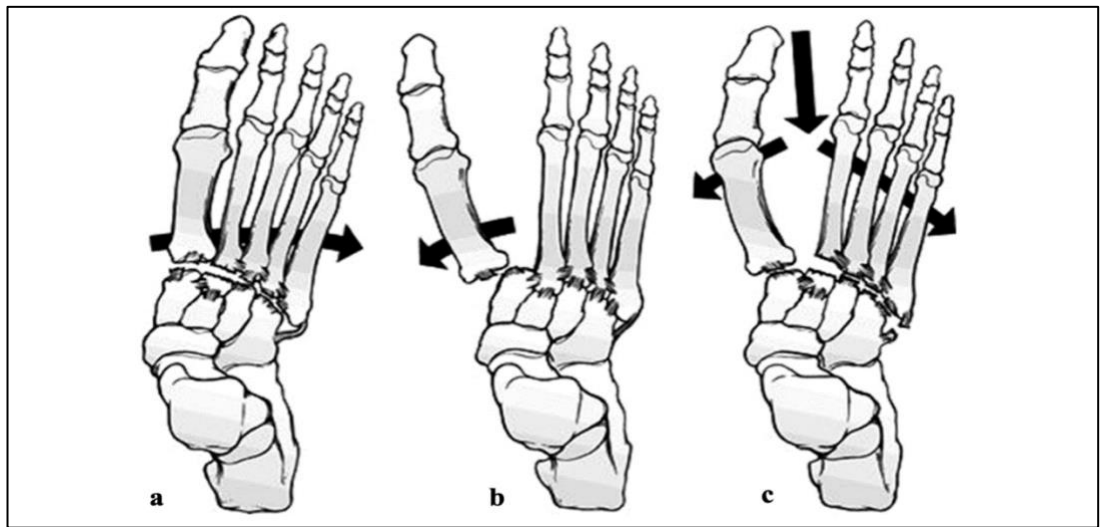


Şekil 7. Lisfranc eklem kompleksinde kırık görülme sıklığının 3B temsili (33)

Renk skalası, kırıkların görülme sıklığını temsil etmektedir. Kırmızı tonlar daha sık görülen bölgeleri, mavi tonlar ise daha az sıklıkta görülen bölgeleri göstermektedir. (a: ayak plantar görünüm; b: ayak dorsal görünüm; c: metatars kemiklerin proksimal görüntüsü; d: distal tarsal kemiklerin distal görüntüsü) (Zhang ve diğerlerinden uyarlanmıştır.)

2.2.3 Sınıflandırmalar

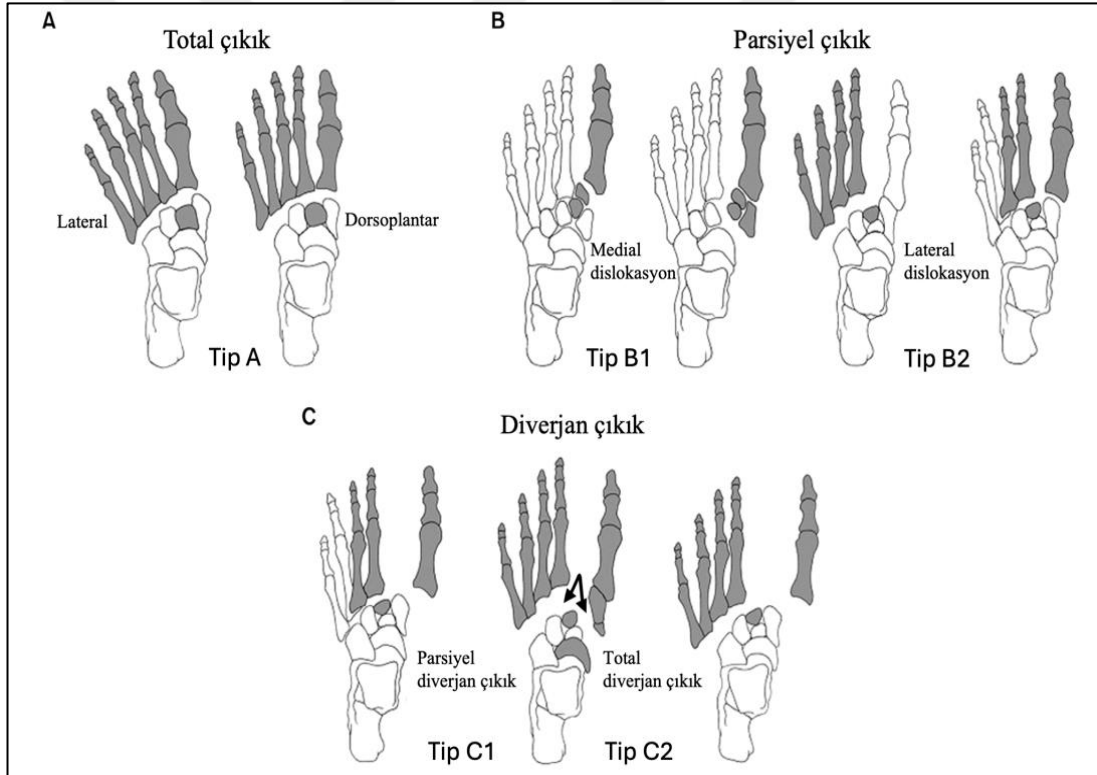
Lisfranc eklem yaralanmalarının sınıflandırılması ilk olarak 1909 yılında Quenu ve Kuss tarafından dislokasyon yönüne göre homolateral, izole ve diverjan şeklinde sınıflandırılmıştır (Şekil 8) (34).



Şekil 8. Quenu ve Kuss sınıflandırılması (35)

(a: homolateral, b: izole, c: diverjan)

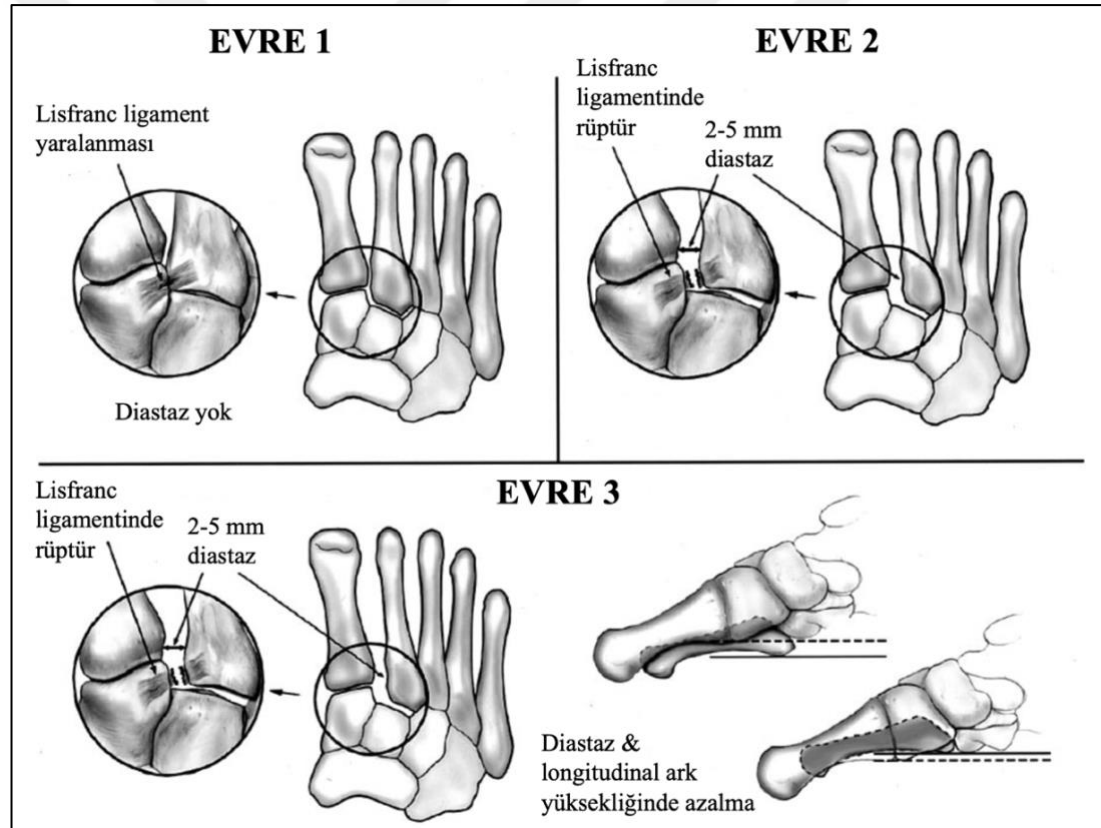
Daha sonra, Hardcastle (36) ve Myerson (37) bu sınıflandırmayı modifiye etmişler, yaralanmanın yönü ve kapsamına göre Lisfranc eklem yaralanmalarını üç ana tipe ayırmışlardır. Tip A (total çıkık), tüm ossa metatarsi'nin ossa tarsi'ye göre toplu olarak yer değiştirdiği tiptir. Bu yer değiştirme herhangi bir düzlemde olabilir ve genellikle ciddi instabilite ile ilişkilidir. Tip B (parsiyel çıkık) kendi içerisinde medial ve lateral parsiyel çıkık olarak ikiye ayrılır. Medial parsiyel çıkık, sadece os metatarsi I'in medial yönde yer değiştirmesi; lateral parsiyel çıkık ise ossa metatarsi II-V'in lateral yönde yer değiştirmesidir. Tip C (diverjan çıkık) ossa metatarsi'nin farklı yönlerde ayrıldığı, yani bir kısmının medial diğer kısmının lateral veya dorsoplantar yönde yer değiştirdiği kompleks yaralanmalardır. Bu tip, hem total hem de parsiyel çıkıkları içerebilir ve genellikle ciddi ligamentöz hasarlarla ilişkilidir (Şekil 9).



Şekil 9. Hardcastle ve Myerson sınıflandırması (37)
(Myerson ve diğerlerinden uyarlanmıştır.)

2002 yılında Nunley ve Vertullo 3 evreli bir klinik/radyolojik sınıflandırma sunmuştur:

- Evre I: Klinik olarak ağrı ve ligament hasarı var. Pozitif kemik sintigrafisi mevcut.
- Evre II: Basis ossis metatarsi I ve II arasında 1-5 mm diastaz var. Arcus longitudinalis medialis yüksekliğinde azalma yok. Gerilme ya da kopma ile karakterize ligament hasarı var.
- Evre III: Basis ossis metatarsi I ve II arasında 5 mm'den fazla diastaz var. Arcus longitudinalis medialis yüksekliğinde azalma var. Evre II'nin ciddi bir şekilde ilerlemiş halidir (Şekil 10) (38).

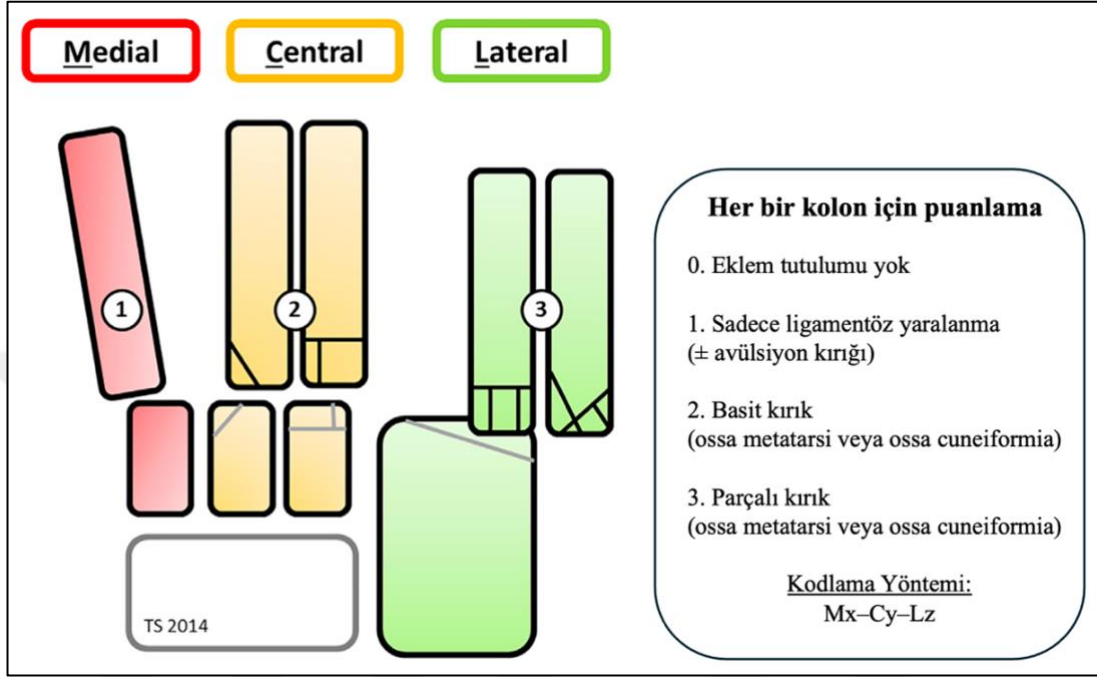


Şekil 10. Nunley ve Vertullo sınıflandırması (38)

(Nunley ve diğerlerinden uyarlanmıştır.)

2018 yılında Schepers ve arkadaşı (39) Lisfranc eklem yaralanmalarını daha sistematik ve klinik açıdan uygulanabilir bir şekilde sınıflandırmak amacıyla yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Bu sınıflandırmaya göre; medial, orta ve lateral kolonların her

biri için yaralanma şiddeti dört derecede değerlendirilir (Şekil 11). Diğer sınıflandırmalardan farklı olarak, hafif yaralanmalardan açık kırık-çıkıklara kadar tüm yaralanma türlerinin sınıflandırılmasına olanak tanımaktadır.



Şekil 11. Schepers ve arkadaşının önerdiği yaralanma sınıflandırması (39)

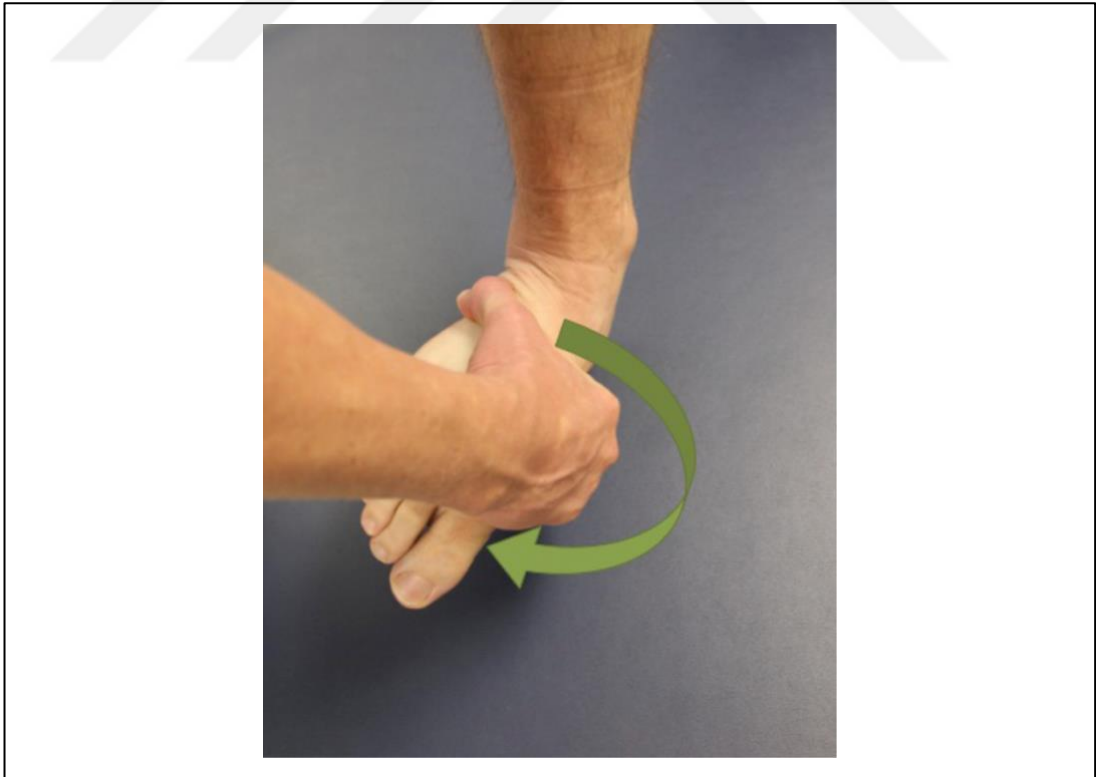
Örneğin M2-C1-L0 kodlaması; medial kolonda basit kırık, central (orta) kolonda sadece bağ yaralanması, lateral kolon sağlam anlamına gelir. (Schepers ve diğerlerinden uyarlanmıştır.)

2.2.4 Fiziksel değerlendirme

Lisfranc eklem yaralanmalarında fiziksel muayene bulguları, tanı sürecinde kritik öneme sahiptir. Yaralanmanın tipi ve şiddetine bağlı olarak çeşitli klinik belirtiler ortaya çıkabilir. Orta ayak seviyesinde özellikle ezilme ile ilişkili yaralanmalarda plantar ekimoz, belirgin şişlik, Lisfranc eklemin palpasyonunda veya manipülasyonunda ağrı gibi bulgular sıklıkla gözlemlenir ve bu belirtiler genellikle patognomonik kabul edilir. Hastaların büyük çoğunluğu etkilenen ekstremiteye ağırlık veremezken, ağırlık verebilen hastalarda orta ayağın stabilitesi tek ayak üzerinde parmak ucunda yükselme testi ile değerlendirilebilir. Yaralanma anında ayağın pozisyonu ve kuvvetin yönünün belirlenmesi de tanı sürecini destekler. Yüksek enerjili travmalar sonrasında kompartman sendromu gelişebileceğinden bu olasılık da mutlaka

göz önünde bulundurulmalıdır. Kompartman sendromunun tanısı; travma öyküsü, ayakta gözlemlenen morfolojik değişiklikler, pasif parmak dorsifleksiyonunda hissedilen ağrı ve yüksek kompartman basıncı gibi klinik bulgulara dayanır. Ayrıca birinci intermetatarsal boşluğun dorsalindeki duyu hassasiyet değişiklikleri erken tanıya yardımcı olur. Bu bölgedeki değişimler, nervus peronealis profundus'un medial dalının travmatik nöropatisi ve iki nokta diskriminasyonunda azalma ile ilişkilendirilmektedir (7, 9, 10, 12).

Lezyon tespiti için bazı özel testler kullanılabilir. Lezyon, arka ayak sabitken ön ayağa pasif abdüksiyon ve/veya pronasyon manevraları uygulanarak provoke edilebilir (Resim 2) (10). Orta ayak ve arka ayağın manuel olarak sabitlendiği ve her bir basis ossi metatarsi'ye sanki piyano tuşuna vurur gibi plantar kuvvetin uygulandığı “piyano tuşu testi”, etkilenen kolonun belirlenmesi ve izole edilmesinde önemli bir değerlendirme yöntemidir. Testin ilgili kolonda bulunan eklem/eklemlerde ağrıyla sonuçlanması pozitif anlamına gelir (7, 9, 30).



Resim 2. Pronasyon-abdüksiyon testi (40)



Resim 3. Piyano tuşu testi (41)

2.2.5 Radyolojik değerlendirme

Büyük kırık-çıkıkların radyolojik tanıları genellikle kolaydır ancak daha küçük subluksasyonların tanısı sıklıkla gözden kaçmaktadır (10). Şüpheli bir Lisfranc eklem yaralanmasının ilk radyolojik görüntülemesi, orta ayak eklemlerine paralel olarak çekilmeli ve ayağın rutin antero-posterior (AP), oblik ve lateral radyografilerini içermelidir. Stabil yaralanmaların (eklemde $<2\text{mm}$ dislokasyon olan) teşhisine yardımcı olmak için her iki ayağın da bulunduğu ağırlık verilerek çekilen radyografi görüntüleri kullanılabilir. Bu radyografilerde belirlenen daha fazla kırık ve dislokasyon kanıtı yaralanmanın instabil (eklemde $>2\text{mm}$ dislokasyon olan) olduğunu gösterir (11, 12).

- AP radyografide:
 - 1) Os metatarsi II ve os cuneiforme intermedium'un medial kenarları arasındaki hizalama kontrol edilmelidir.
 - 2) Basis ossis metatarsi I ve II arasındaki mesafe 2 mm 'yi geçmemelidir.

- 3) Birinci intermetatarsal boşlukta bulunan küçük bir kemik fragmanı olan 'fleck sign', I. ligamentum cuneometatarseum interosseum (interosseöz Lisfranc ligament) avülsiyonunu gösterir.
 - 4) Basis ossis metatarsi V yer değiştirmemelidir.
- Oblik radyografide:
 - 1) Os cuboideum ve os metatarsi IV'ün medial kenarları arasındaki hizalama kontrol edilmelidir.
 - Lateral radyografide:
 - 1) Ossa metatarsi'nin dorsal ve plantar yönlerde subluksasyonu değerlendirilmelidir.
 - 2) Talometatarsal açı < 10 derece olmalıdır.
 - 3) Os cuneiforme mediale'nin plantar kenarı basis ossis metatarsi V'in plantar kenarının dorsalinde yer almalıdır (9, 19, 42).



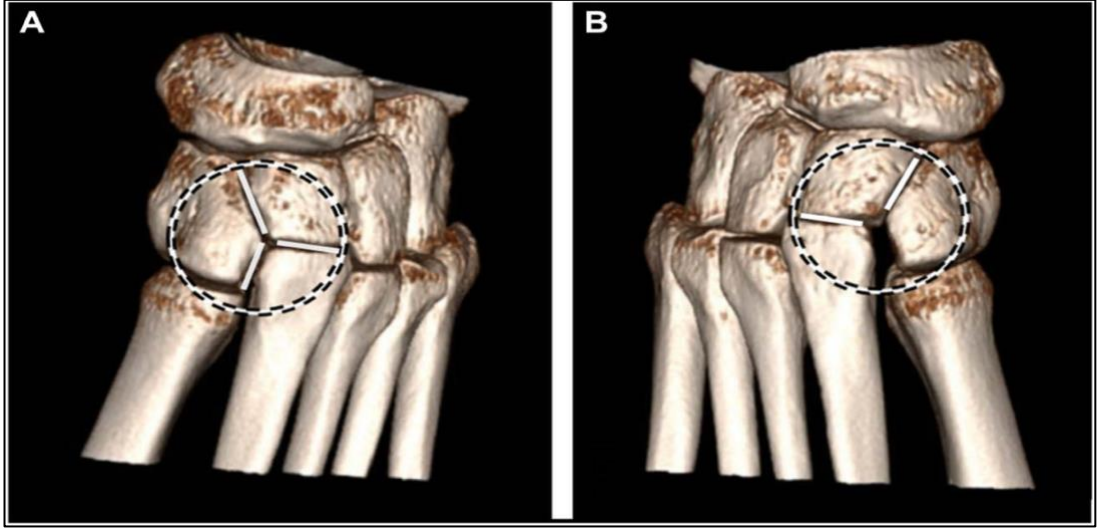
Şekil 12. Lisfranc eklem yaralanmalı bir kişinin ayak/ayak bileği radyografi görüntüleri (9)

(a) Os metatarsi II ve os cuneiforme intermedium'un medial kenarları arasındaki hizalanmanın bozulduğunu, (b) fleck sign, I. ligamentum cuneometatarseum interosseum (interosseöz Lisfranc ligament) avülsiyonunu, (c) os cuboideum ve os metatarsi IV'ün medial kenarları arasındaki hizalanmayı, (d) ossa metatarsi'nin dorsal subluksasyonunu gösterir.

BT görüntüleri, eklemin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Basit radyografilerde gözlenemeyen non-deplase kırıkların ve minimal kemik subluksasyonların teşhis edilmesini sağlar. BT görüntülemesi genellikle cerrahi planlama için kullanılır. Yapılan sistematik bir incelemede, BT'nin radyografiye kıyasla %60 daha fazla ossa metatarsi kırığı ve iki kat daha fazla ossa tarsi kırığı tespit ettiği belirtilmiştir (9, 12, 25, 43).

MRG yumuşak doku ve ligament yaralanmalarını tespit etmek için yararlıdır. Lisfranc ekleminin instabilitesini belirlemede %94'e varan bir duyarlılığa sahiptir ve bu nedenle hafif Lisfranc eklem yaralanmalarının teşhisi için yararlı olabilir. Özellikle kırık içermeyen olgularda, yalnızca ligamentöz yapılarda meydana gelen yaralanmaların saptanmasında MRG'nin önemli rolü vardır (9, 44). Bunun yanı sıra, ultrasonografi de Lisfranc eklem kompleksinin ligamentlerinin değerlendirilmesinde faydalı bir görüntüleme yöntemi olarak kullanılabilir. Özellikle ligamenta tarsometatarsea plantaria ve ligamenta cuneometatarsea interossei'nin bütünlüğü ve kalınlığı gibi detaylar hakkında bilgi sağlayarak ligamentöz yaralanmaların tespitinde yardımcı olabilir. Yüksek çözünürlüklü lineer prob kullanımıyla ligamentlerin dinamik olarak incelenmesine olanak tanır. Literatürde ultrasonografinin non-invaziv, hızlı ve kolay erişilebilir olması nedeniyle, özellikle erken dönemde ligament hasarlarının belirlenmesinde tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (45, 46).

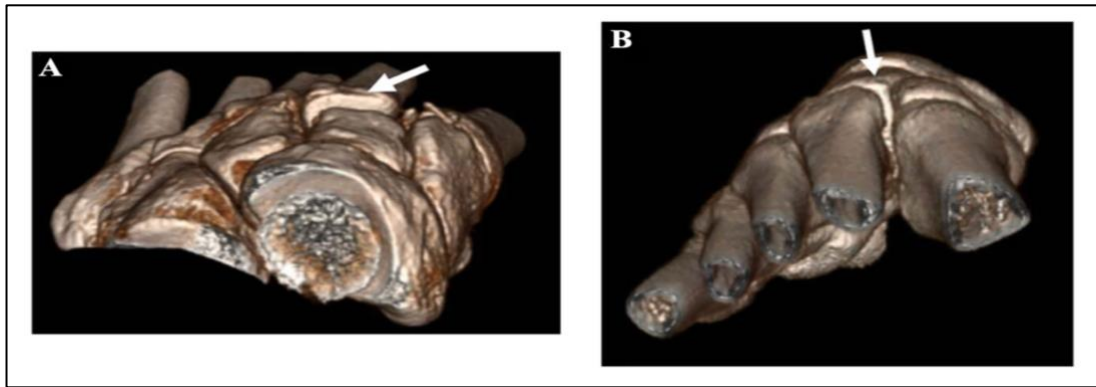
Son zamanlarda tanısal doğruluğu arttırmak amacıyla Lisfranc eklem yaralanmalarının değerlendirilmesinde 3B BT kullanımına başvurulmaktadır. Bu doğrultuda Lisfranc eklem yaralanmaları için belirli radyolojik işaretler tanımlanmıştır. Bu işaretlerden biri olan Mercedes-Benz bulgusu; os cuneiforme mediale, os cuneiforme intermedium ve os metatarsale II'nin tabanı arasındaki anatomik ve simetrik tripod konfigürasyonunun bozulması olarak tanımlanır. Normal ayakta bu tripod yapısının her üç uzvu da eşit genişliktedir. Ancak, basis ossis metatarsi II'de lateral subluksasyon geliştiğinde distal uzuv daha geniş görünür (Şekil 13) (28).



Şekil 13. 3B BT görüntüsünde Mercedes Benz bulgusu (28)

(A) Normal anatomik konfigürasyonu, (B) os cuneiforme mediale ile basis ossis metatarsi II arasındaki eklem aralığının genişlediğini göstermektedir.

Bir diğer işaret “Peeking metatarsal sign”, basis ossis metatarsi II'nin dorsal subluksasyonu sonucu radyografide normal konturun dışına taşmış gibi görünmesine denir (Şekil 14). “Peeking cuneiform sign” ise, basis ossis metatarsi II'nin dorsal subluksasyonu sonucu os cuneiforme intermedium'un normal hizasından saparak belirgin şekilde dışa doğru yer değiştirmesi ve bu durumun radyografik olarak izlenmesidir (Şekil 14). Bu doğrultuda, Lisfranc eklem yaralanmasından şüphelenilen hastalarda, özellikle bilateral ağırlık verilerek çekilen AP radyografilerin elde edilemediği akut dönemde, 3B BT'nin rutin kullanımının tanısal açıdan önemli katkılar sağlayabileceği düşünülmektedir (28, 47).



Şekil 14. 3B BT görüntüsünde peeking metatarsal bulgusu (A) ve peeking cuneiform bulgusu (B) (28)

2.2.6 Tedavi yaklaşımları

Yaralanmanın erken teşhisi, klinikteki güncel sorunlardan biridir. Özellikle acil serviste yapılan ilk değerlendirmelerde yaralanma sıklıkla gözden kaçmaktadır (48). Gözden kaçırılan veya doğru şekilde tedavi edilmeyen Lisfranc eklem yaralanmaları, instabilite ve deformiteye yol açarak zamanla posttravmatik OA gelişimine ve hastada ciddi morbiditeye sebep olabilir (12). Komenda ve diğerleri posttravmatik OA'nın en sık basis ossis metatarsi II'de görüldüğünü göstermiştir (49). Sagittal düzlemde en fazla harekete sahip olan lateral kolon ise posttravmatik OA'nın en az görüldüğü yerdir ve bu da hareketin bir şekilde koruyucu işlevi olduğu ihtimalini arttırmaktadır. Dolayısıyla, herhangi bir medial (özellikle orta) kolon uyumsuzluğu dikkatle incelenmelidir (50). Lisfranc eklem yaralanmaları klinik tabloya bağlı olarak cerrahi veya konservatif tedavi edilebilir. Yaklaşım ne olursa olsun, tedavi hedefleri arasında stabilitenin yeniden sağlanması, uzun vadeli komplikasyonların en aza indirgenmesi ve normal ayak fonksiyonu ve hareketliliğinin geri kazanılması yer alır (11, 51).

2.2.6.1 Konservatif tedavi

Literatürde, stabil Lisfranc eklem yaralanmalarının konservatif yöntemler ile tedavi edilebileceği konusunda bir fikir birliği mevcuttur. Bu yaralanmalar Nunley ve Vertillo sınıflandırma sisteminin evre I'ine karşılık gelmektedir, yani ayağın ağırlık verilerek çekilen radyografi görüntülerine göre herhangi bir dislokasyon yoktur. Bu hastalar 6 hafta boyunca diz altı alçı ile tedavi edilebilir, 6 haftalık aşamada ağırlık verme ağırlıysa 4 hafta daha yürüme botu sağlanabilir. Bu tedavi yöntemiyle %93 hasta memnuniyeti bildirilmiştir. Diastaz oluşmadığından emin olmak için hastaları yakından takip etmek ve bu immobilizasyon dönemi boyunca seri radyografiler çekmek önemlidir. Hastaların çoğunluğu 8 ila 16 hafta içinde iyileşir ancak bazı vakalarda bu süre 6 aya kadar uzayabilir (7, 12).

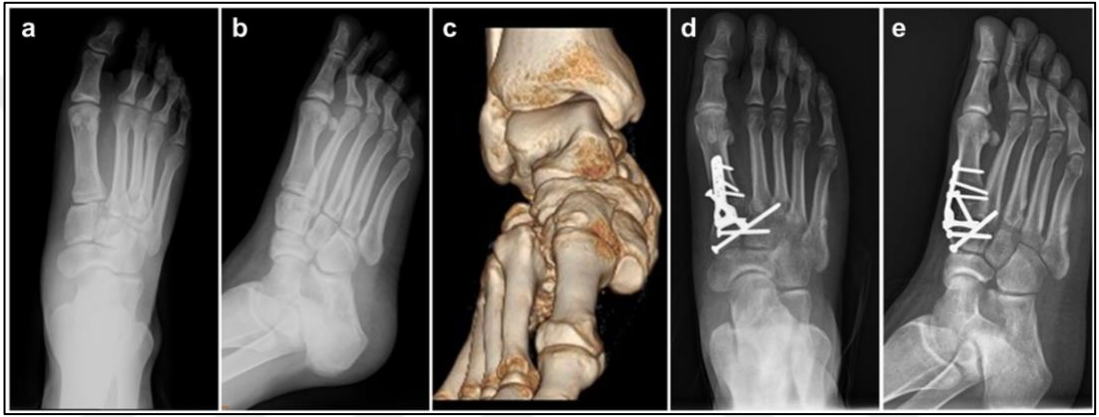
2.2.6.2 Cerrahi tedavi

Stabil olmayan (instabil) Lisfranc eklem yaralanmaları çoğunlukla cerrahi yöntemlerle tedavi edilir (12). Bu yaralanmalarda dislokasyon, kapalı veya minimal invaziv tekniklerle geçici olarak stabilize edilmelidir. 1,6 veya 2,0 mm çapındaki Kirschner telleri (K-telleri) kullanılarak yapılan sabitlemenin, yaralanmanın ilk stabilizasyonu için basit ve etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir (Şekil 15) (52). Geçici stabilizasyon amacıyla bir diğer alternatif yöntem, kırık ve çıkıklar için güvenli ve etkili olduğu gösterilen eksternal fiksatör uygulamasıdır (7). Ayrıca özellikle geç dönem ve yüksek enerjili lisfranc eklem yaralanmalarının tedavisinde aşamalı redüksiyon ve ekstra-artiküler fiksasyonun etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir (47).



Şekil 15. Lisfranc eklem yaralanması sonrası yapılan K-teli fiksasyonunu gösteren intra-operatif AP floroskopik görüntü (52)

Sadece ligamentöz Lisfranc eklem yaralanmalarında genellikle geleneksel açık redüksiyon ve internal fiksasyon (ARİF) yerine primer artrodez tercih edilir (Şekil 16) (7, 12). Primer artrodez uygulamasının kısa ve orta vadede daha iyi sonuçlar sağladığı gösterilmiştir (53). Bunun yanında, açık cerrahi tekniklerin yumuşak doku komplikasyonları gibi riskleri göz önüne alındığında, perkütan yöntemle yapılan redüksiyon ve fiksasyon yönteminin düşük enerjili yaralanmalarda güvenli ve etkili bir alternatif olduğu söylenmiştir. Bu yöntem, yumuşak dokuya verilen zararı en aza indirerek başarılı klinik sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (54).



Şekil 16. Lisfranc eklem yaralanması olan hastaya uygulanan primer artrodez öncesi ve sonrası radyografi görüntüleri (55)

(a) ve (b) primer artrodez öncesi Lisfranc eklem yaralanmasını gösteren (basis ossis metatarsi'nin dorsal dislokasyonu, os cuneiforme mediale ve os metatarsi II arasında >2 mm'lik diastaz) AP ve oblik grafileri gösterir. (d) ve (e) os cuneiforme mediale, os cuneiforme intermedium ve os metatarsi II'nin stabilize edildiği primer artrodez AP ve oblik grafilelerini gösterir. (c) ise operasyondan 2 yıl sonra eklemin 3B görüntüsünü göstermektedir.

3 GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız retrospektif çalışma şeklinde tasarlandı ve Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi Tıbbi Araştırmaları Değerlendirme Komisyonu (ATADEK) tarafından 2023-13/45 sayılı karar ile 17 Ağustos 2023 tarihinde onaylandı.

2021–2023 yılları arasında Prof. Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'ne ağrı, travma gibi şikayetlerle başvuran ve radyolojik değerlendirmeler sonucunda Lisfranc eklem yaralanması tanısı alan 57 adet ayak veya ayak bileği ağırlık verilmeden çekilen bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri retrospektif olarak toplandı. Sağlıklı kontrol grubunu oluşturmak üzere, 2009-2023 yılları arasında Acıbadem Altunizade Hastanesi'ne çeşitli sebeplerle başvuran ve herhangi bir Lisfranc eklem yaralanması saptanmayan 57 adet ayak veya ayak bileği BT görüntüleri retrospektif olarak toplandı.

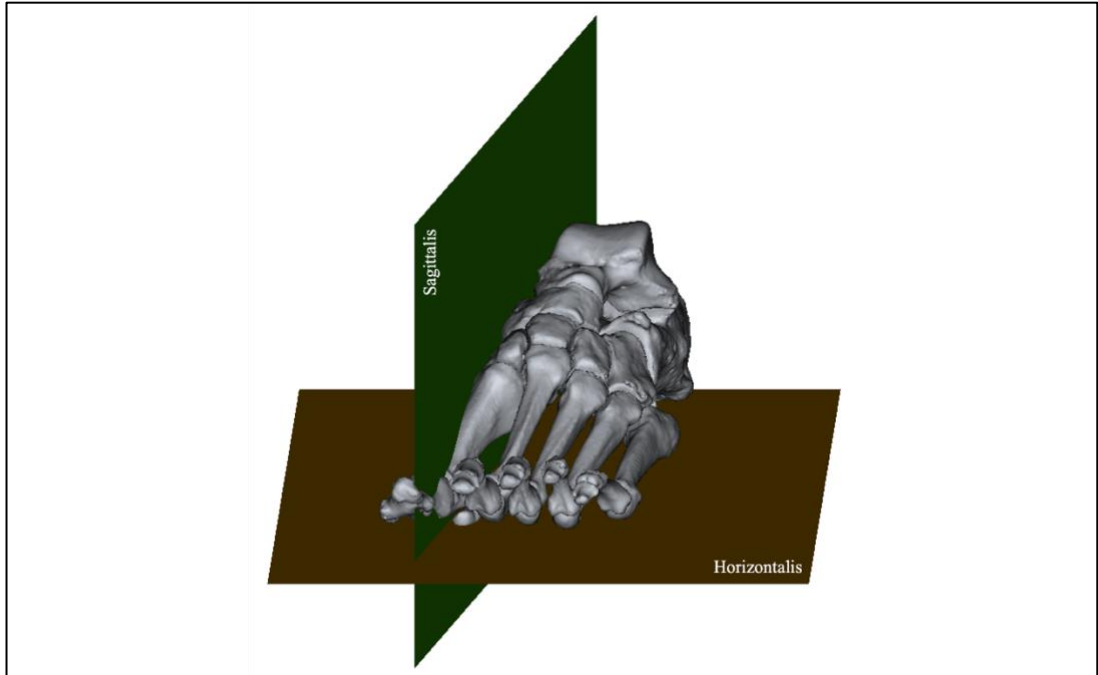
Yapılan çalışmalarda M1 ve M2 arası mesafenin >2 mm olmasının Lisfranc eklem yaralanması için bir risk faktörü olduğu belirtilmekte ve bu kriter instabil Lisfranc eklem yaralanması olarak kabul edilmektedir (11, 12, 31).

Çalışmamızda literatürde sıkça kullanılan bu tanısal kritere dayanarak hasta grubunda M1-M2 mesafesi >2 mm olarak ölçülen görüntüler, yani instabil Lisfranc eklem yaralanmalı olgular hasta grubuna dahil edildi. Bu, Hardcastle ve Myerson sınıflandırmasında B1 tip, Nunley ve Vertullo sınıflandırmasında ise evre 2 yaralanmayı ifade etmektedir (36-38). Böylece hasta grubunun, ligament yaralanmasına bağlı parsiyel instabilite içeren ancak ileri düzey dislokasyon veya deplase kırık içermeyen, daha homojen bir yapıya sahip olması sağlandı. Kontrol grubunda ise M1-M2 mesafesi ≥ 2 mm olarak ölçülen görüntüler dışlandı; Lisfranc eklem kompleksini oluşturan yapılarda herhangi bir kırık ve/veya dislokasyon bulunmayan BT görüntüleri çalışmaya dahil edildi. Her iki grupta da 18 yaş altı kişilerin BT görüntüleri çalışmaya dahil edilmedi. Bu kriterler sonucunda; kontrol grubunda 25, hasta grubunda 23 olmak üzere toplam 48 BT görüntüsü çalışmaya alındı. Alınan BT görüntülerinin tamamı anonimleştirildi.

3.1 Morfometrik Ölçümler

Ölçümler için Mimics (Versiyon 21.0, Materialise NV, Leuven, Belçika, 2018) ve Image J (Versiyon 1.54g, National Institutes of Health, ABD, 2024) programları kullanıldı. DICOM formatındaki BT görüntüleri Mimics programına aktarıldı. Ayak ve ayak bileği BT görüntüleri, Mimics programında kemik segmentasyon özelliği kullanılarak 3B görüntülere dönüştürüldü. Her bir BT görüntüsünde standardizasyon için horizontal ve sagittal olmak üzere iki adet düzlem çizildi. Horizontal düzlem; calcaneus, caput ossis metatarsi I ve V'ten geçecek şekilde, sagittal düzlem ise horizontal düzleme dik ve tuberositas naviculare'den geçecek şekilde çizildi ve ölçümler bu referans düzlemler esas alınarak yapıldı (Resim 4).

Ölçümler, özellikle kırık ve dislokasyonların en sık görüldüğü ve eklemin stabilitesinde kritik rol oynayan kilit taşı konfigürasyonunun bulunduğu medial ve orta kolonu oluşturan kemikler yapılar üzerinde gerçekleştirildi. Alan ölçümleri 3B görüntülerin Image J'ye aktarılması ile, uzaklık ve hacim gibi ölçümler ise direkt olarak Mimics aracılığıyla ölçüldü. Her iki grup için de aynı ölçümler yapıldı.



Resim 4. Referans düzlemler

3.1.1 Uzunluk ölçümleri

Uzunluk ölçümleri, Mimics programı kullanılarak aşağıda belirtilen parametreler doğrultusunda gerçekleştirildi:

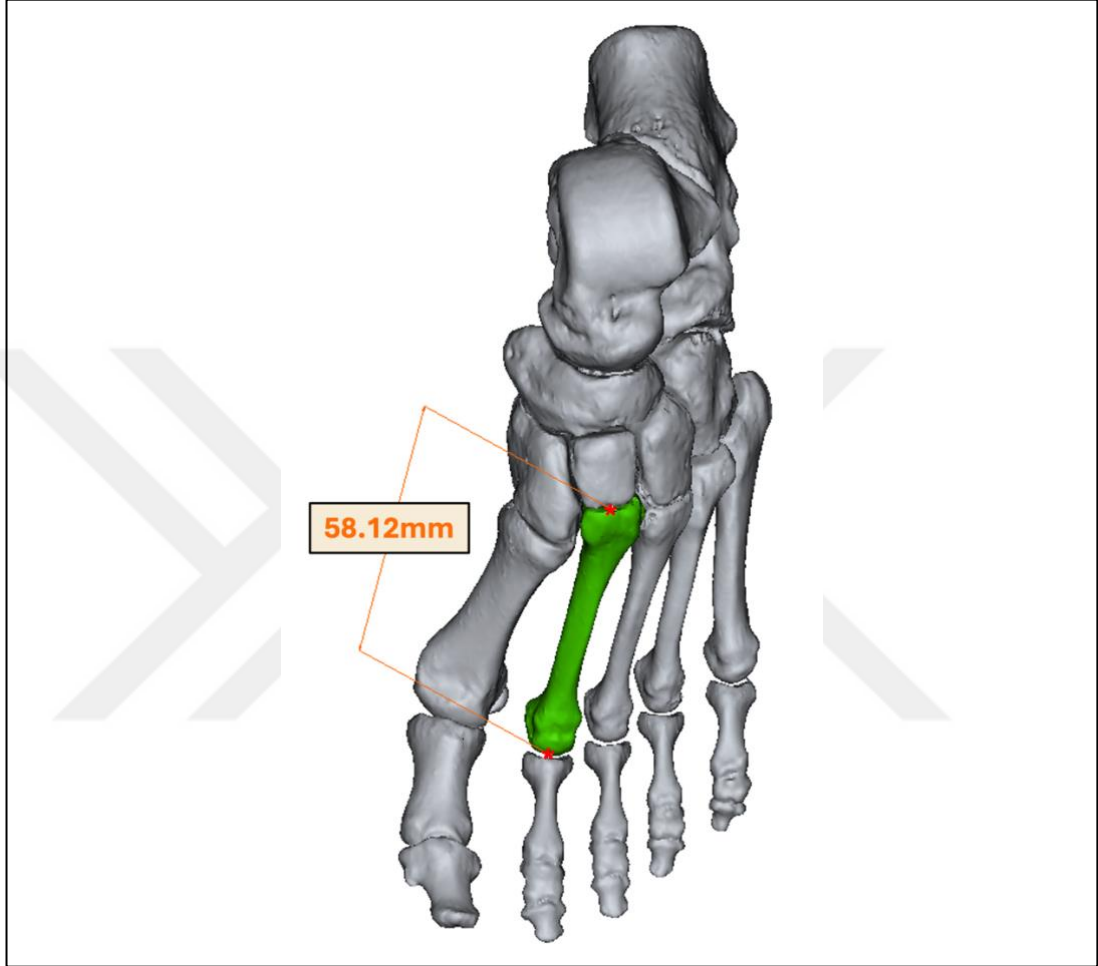
a) M1 ve M2 arasındaki mesafeyi ölçmek için ilk olarak referans horizontal ve sagittal düzlemler esas alınarak ayak modeli tam dorsal görünüme getirildi. M1'in C1 ile yaptığı eklem sonlandığı seviyede horizontal bir düzlem tanımlanarak bu düzlem üzerinden kesit alındı. Elde edilen kesit görüntüsü, aynı referans düzlemler kullanılarak tam distal görünüme alındı. Ölçüm, M1 ve M2 arasındaki mesafenin en dar olduğu noktadan yapılarak mm cinsinden kaydedildi (Resim 5).



Resim 5. M1 ve M2 arası mesafe ölçümü

Şekilde, alınan ayak kesitinin tam distal görünümü gösterilmektedir.

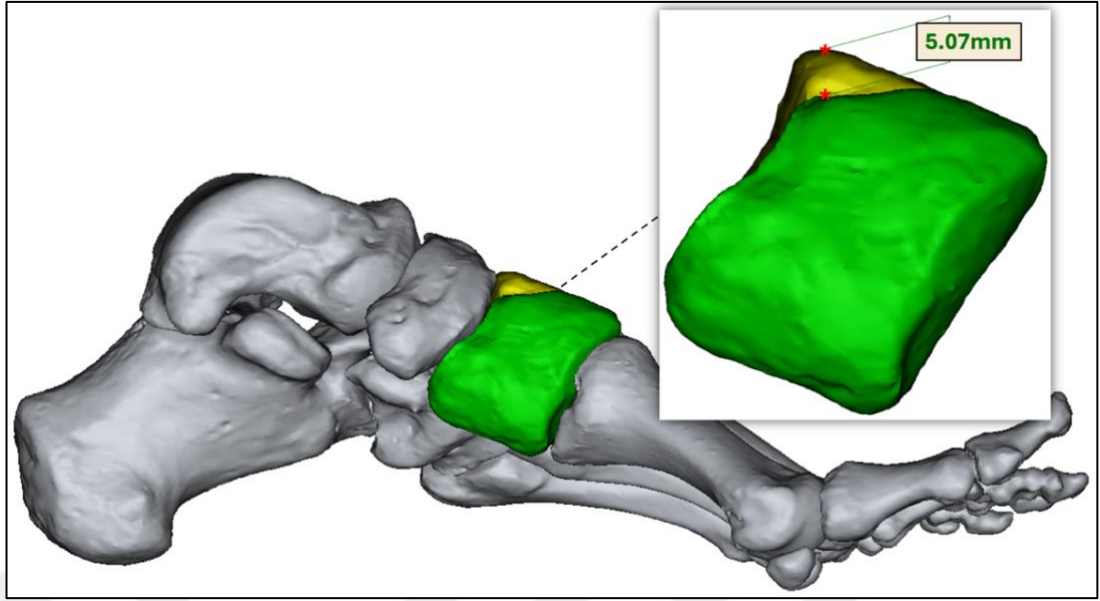
b) M2 uzunluk ölçümü için, referans düzlemler kullanılarak ayak modeli tam dorsal görünüme alındı. Basis ossis metatarsi II ve caput ossis metatarsi II orta noktaları arası ölçüldü ve mm cinsinden kaydedildi (Resim 6).



Resim 6. M2 uzunluk ölçümü

Şekilde ayak modelinin tam dorsal görünümü gösterilmektedir.

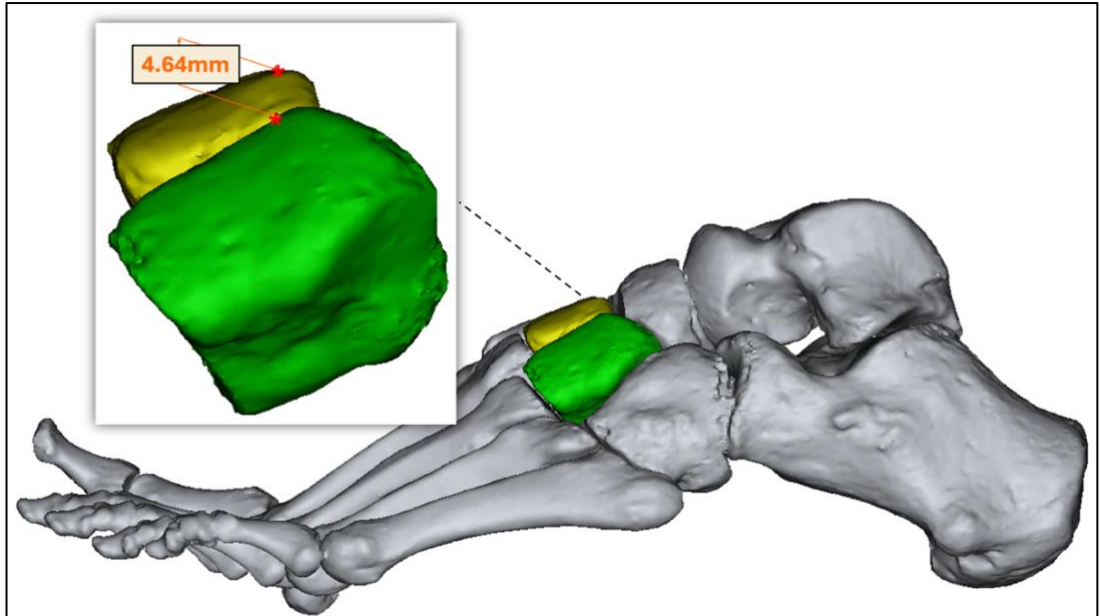
c) C1 ve C2 arasındaki yükseklik farkı ölçümü için, referans düzlemler kullanılarak ayak modeli tam medial görünüme getirildi. C2'nin en yüksek olduğu nokta ile C1 arası vertikal doğrultuda ölçüldü ve mm cinsinden kaydedildi (Resim 7).



Resim 7. C1 ve C2 yükseklik farkı ölçümü

Şekilde ayak modelinin tam medial görünümü gösterilmekte; yeşil renkle belirtilen kemik yapı C1'i, sarı renkle belirtilen kemik yapı C2'yi ifade etmektedir.

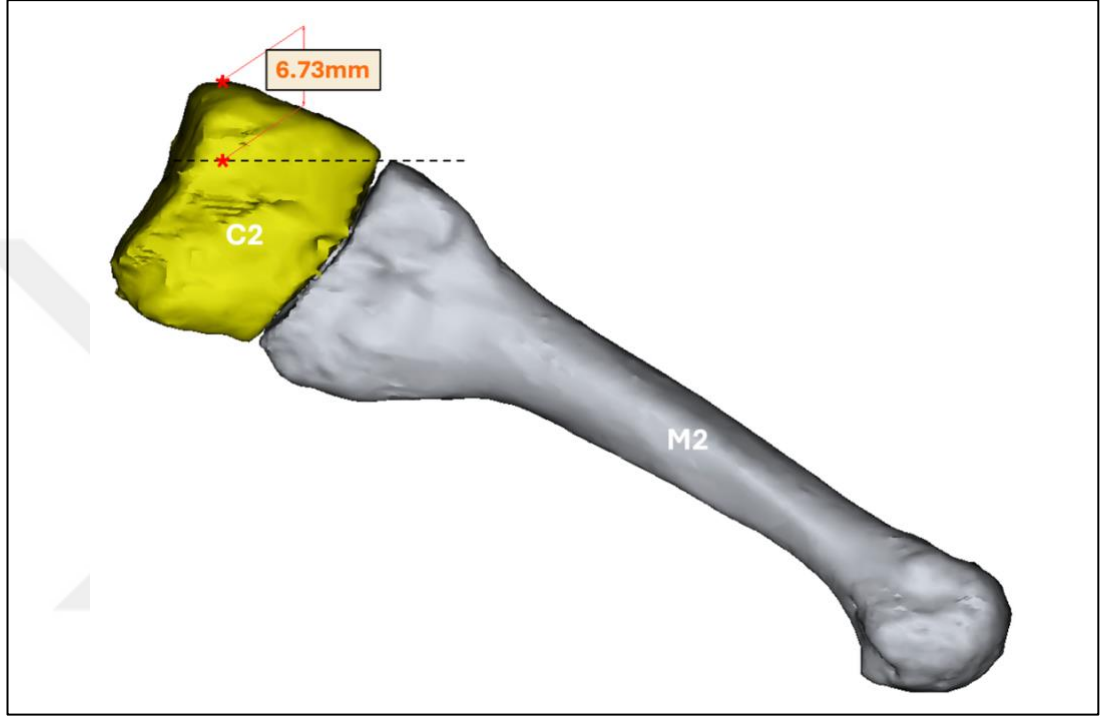
d) C2 ve C3 arasındaki yükseklik farkı için, referans düzlemler kullanılarak ayak modeli tam lateral görünüme getirildi. C2'nin en yüksek olduğu nokta ile C3 arası vertikal doğrultuda ölçüldü ve mm cinsinden kaydedildi (Resim 8).



Resim 8. C2 ve C3 yükseklik farkı ölçümü

Şekilde ayak modelinin tam lateral görünümü gösterilmekte; yeşil renkle belirtilen kemik yapı C3'ü, sarı renkle belirtilen kemik yapı C2'yi ifade etmektedir.

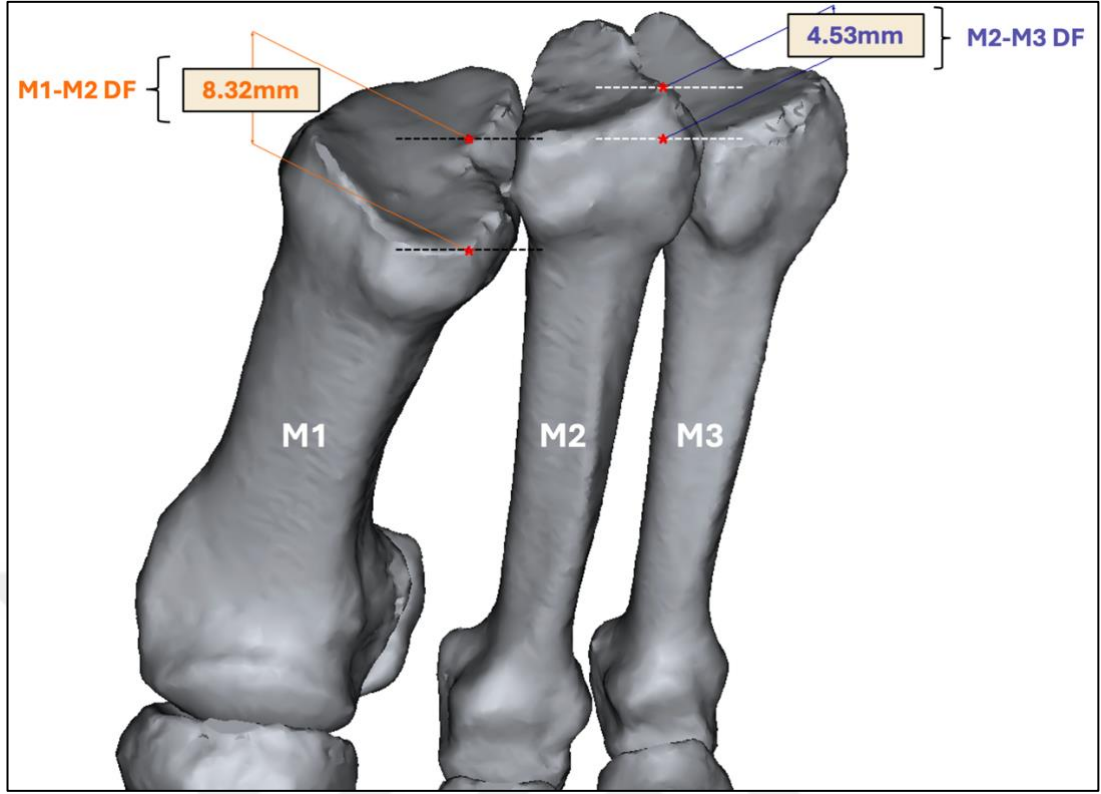
e) “Dorsal step-off” (M2’nin C2’ye göre dorsal yönde subluksasyonu) ölçümü için, referans düzlemler kullanılarak izole M2 ve C2 kemik modelleri tam medial görünümüne getirildi. Bu görünümde C2’nin en yüksek olduğu nokta ve M2’nin en yüksek olduğu noktadan transvers doğrultuda çekilen çizgi arası vertikal doğrultuda ölçüldü ve mm cinsinden kaydedildi (Resim 9).



Resim 9. “Dorsal step-off” ölçümü

Şekilde C2 ve M2’nin medial izole görünümleri gösterilmektedir. Siyah kesikli çizgi, M2’nin en yüksek olduğu noktadan transvers doğrultuda çekilen çizgiyi ifade etmektedir.

f) M2’nin ossa cuneiformia arasında oluşturduğu kilit taşı görünümünde ne kadar derine yerleştiğini belirlemek için M1-M2 ve M2-M3 derinlik farkları ölçüldü. Bu ölçümler için, referans düzlemler kullanılarak izole M1, M2 ve M3 kemik modelleri tam dorsal görünümüne getirildi. M1-M2 derinlik farkı ölçümü için, M1’in ve M2’nin sırasıyla en dorsolateral ve dorsomedial noktalarından transvers doğrultuda çekilen çizgiler arası ölçüldü. Benzer şekilde, M2-M3 derinlik farkı ölçümü için, M2 ve M3’ün sırasıyla en dorsolateral ve dorsomedial noktalarından transvers doğrultuda çekilen çizgiler arası ölçüldü ve mm cinsinden kaydedildi (Resim 10).



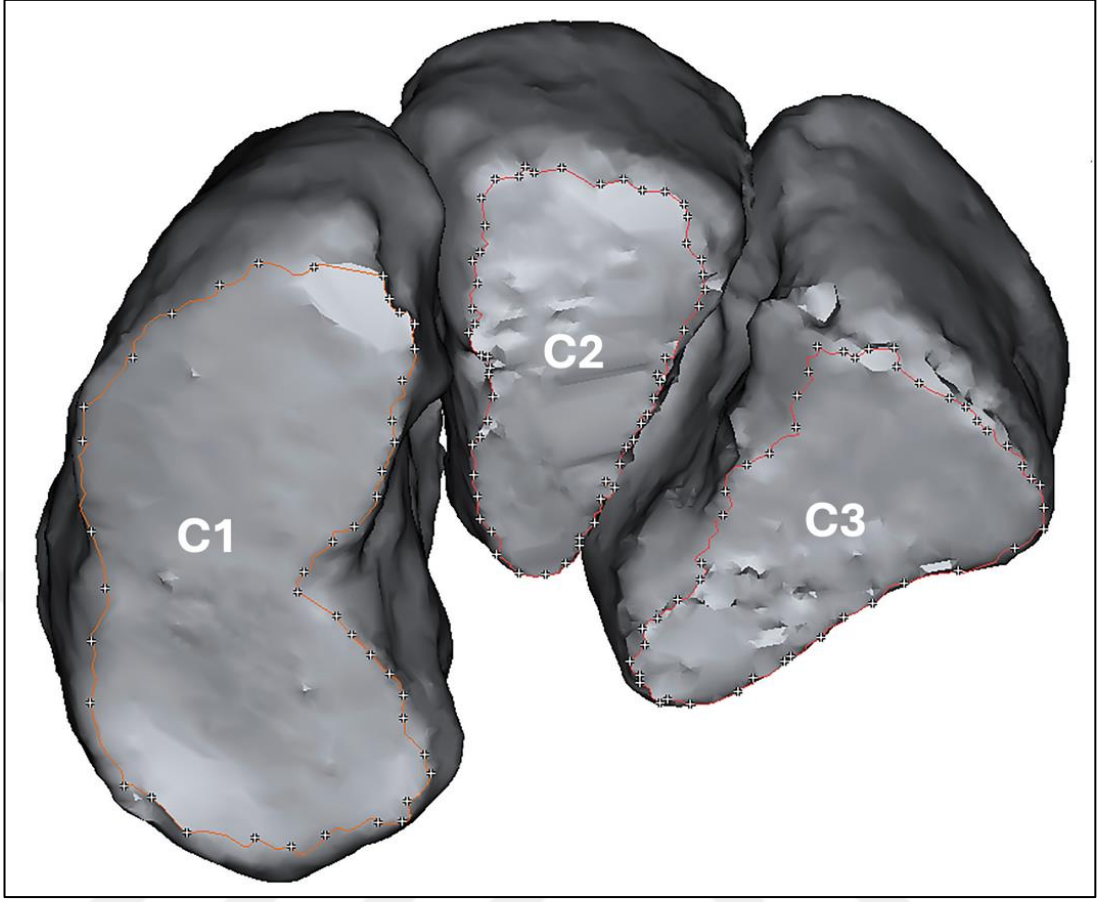
Resim 10. M1-M2 ve M2-M3 derinlik farkları ölçümü

Şekilde M1, M2 ve M3'ün dorsal izole görünüşleri gösterilmektedir. Siyah kesikli çizgiler M1 ve M2'nin sırasıyla en dorsolateral/dorsomedial noktalarından çekilen transvers doğrultuda çizgileri, beyaz kesikli çizgiler ise M2 ve M3'ün sırasıyla en dorsolateral/dorsomedial noktalarından çekilen transvers doğrultuda çizgileri göstermektedir. (DF: derinlik farkı)

3.1.2 Alan ölçümleri

Alan ölçümleri, Mimics ve Image J programları kullanılarak aşağıda belirtilen parametreler doğrultusunda gerçekleştirildi:

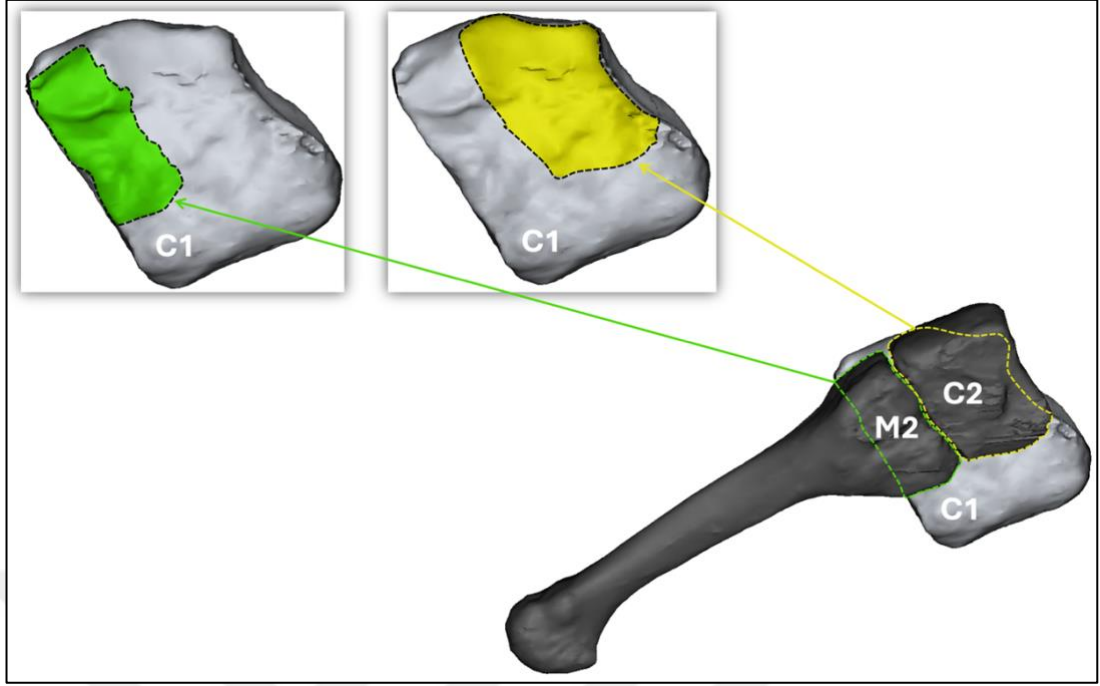
a) C1'in M1 ile, C2'nin M2 ile, C3'ün M3 ile distalde yaptığı eklem yüzey alanları ossa cuneiformia (C1-C3) üzerinde Image J aracılığıyla ölçüldü ve mm² cinsinden kaydedildi (Resim 11).



Resim 11. C1, C2 ve C3 eklem yüzeyleri

Şekilde ossa cuneiformia'nın distal izole görünümleri gösterilmektedir.

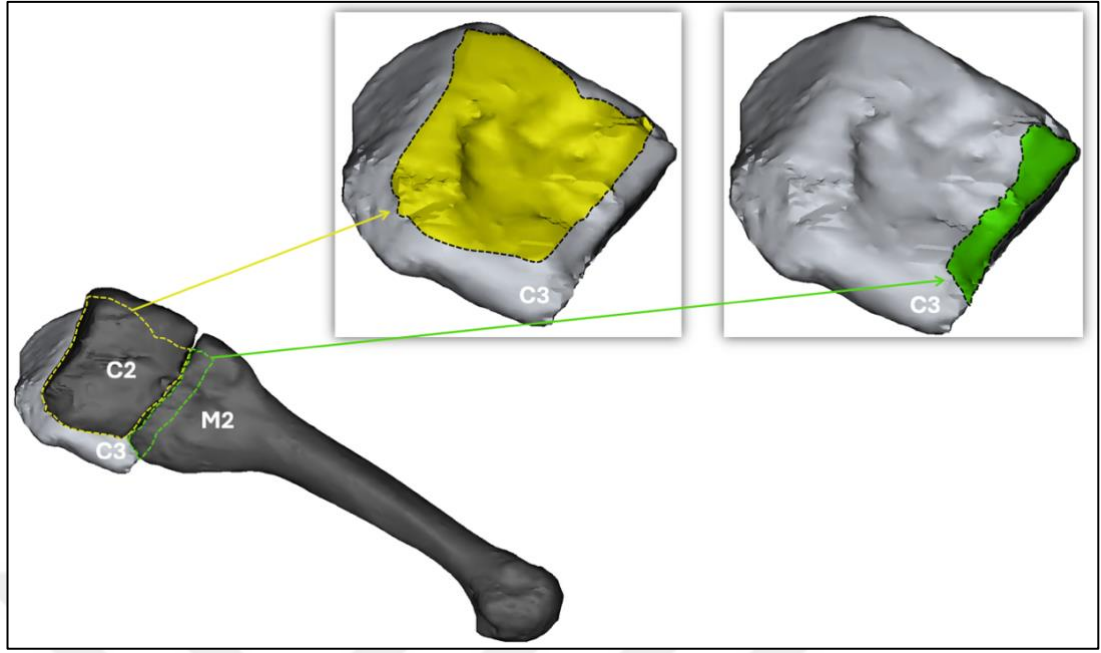
b) C1'in lateralde M2 ve C2 ile eklem yaptığı eklem yüzey alanları ölçümü için, referans düzlemler kullanılarak C1, C2 ve M2 kemik modelleri tam lateral görünüme getirildi. Eklem yüzey alanları C1 üzerinde Image J aracılığıyla ölçüldü ve mm² cinsinden kaydedildi (Resim 12).



Resim 12. C1'in M2 ve C2 ile eklem yapan eklem yüzeyleri

Şekilde C1, C2 ve M2'nin lateral izole görünümü gösterilmektedir. C1 üzerindeki yeşil renkli alan M2 ile eklem yaptığı eklem yüzeyini, sarı renkli alan ise C2 ile eklem yaptığı eklem yüzeyini belirtmektedir.

c) C3'ün medialde M2 ve C2 ile eklem yaptığı eklem yüzey alanları referans düzlemler kullanılarak C2, C3 ve M2 kemik modelleri tam lateral görünüme getirildi. Eklem yüzey alanları C1 üzerinde Image J aracılığıyla ölçüldü ve mm^2 cinsinden kaydedildi (Resim 13).



Resim 13. C3'ün M2 ve C2 ile eklem yapan eklem yüzeyleri

Şekilde C2, C3 ve M2'nin medial izole görünümü gösterilmektedir. C3 üzerindeki yeşil renkli alan M2 ile eklem yaptığı eklem yüzeyini, sarı renkli alan ise C2 ile eklem yaptığı eklem yüzeyini belirtmektedir.

3.1.3 Hacim ölçümleri

C1, C2 ve C3 kemik hacimleri Mimics üzerinden otomatik hesaplandı ve kaydedildi.

3.2 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler, IBM SPSS™ (Versiyon 24, IBM Corp., Armonk, NY, ABD, 2016) ve Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, ABD) yazılımları kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk Testi ve Box Plot grafiği ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren hasta ve kontrol grubu ölçümleri bağımsız örneklem t-testi (independent t-test) ile karşılaştırıldı. Değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi ile incelendi. Tüm analizlerde %95 güven aralığı kullanıldı ve $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

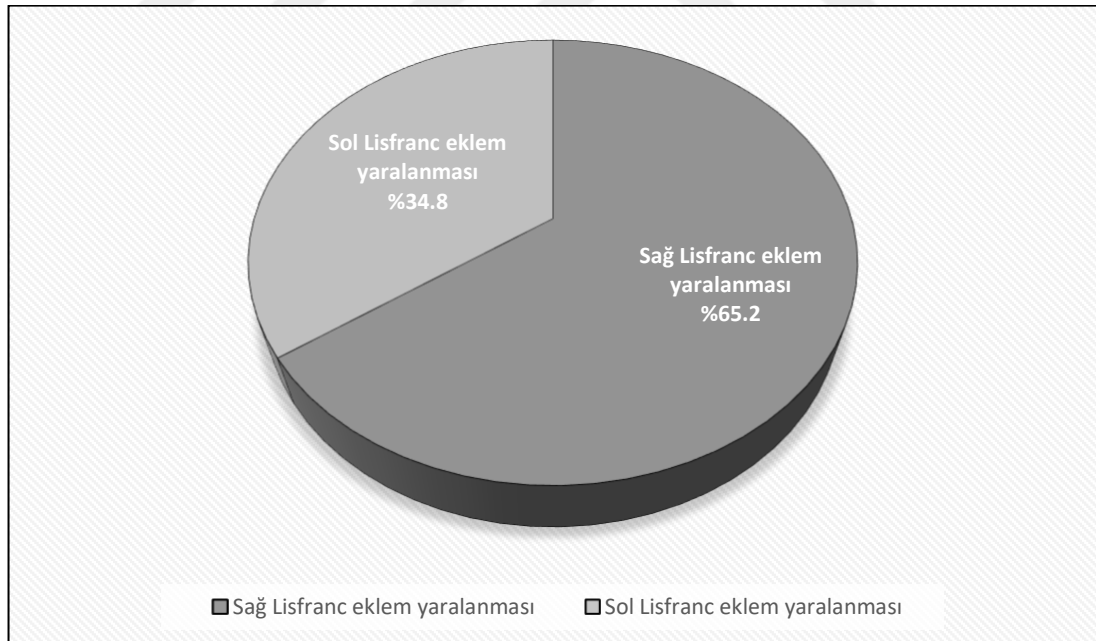
4 BULGULAR

Grupların cinsiyet dağılımları ve yaş durumları Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Demografik özellikler tablosu

	Kontrol grubu (n=25)		Hasta grubu (n=23)	
Cinsiyet	Kadın	44% (n = 11)	Kadın	30.4% (n = 7)
	Erkek	56% (n = 14)	Erkek	69.6% (n = 16)
Yaş	36,9 ± 12,4		34,9 ± 12,3	
Ort. ± SS	(21-60)		(20-66)	
(min-maks değer)				

Hasta grubunda 15 olguda sağ, 8 olguda ise sol taraf Lisfranc eklem yaralanması mevcuttu (Şekil 17).



Şekil 17. Hasta grubunda Lisfranc eklem yaralanmasının taraf dağılımı

Kontrol ve hasta grubuna ait M1 ve M2 arasındaki mesafe ölçümünün ortalama, standart sapma, minimum-maksimum ve iki yönlü p değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. M1-M2 arası mesafe ölçüm tablosu

	Kontrol grubu		Hasta grubu		<i>p değeri</i>
	<i>Ort ± SS</i>	<i>Min-Maks</i>	<i>Ort ± SS</i>	<i>Min-Maks</i>	
M1-M2 mesafe (mm)	1,34 ± 0,45	0,33-1,99	2,78 ± 0,58	2,12-4,37	<0,001

Kontrol ve hasta gruplarına ait uzunluk ölçümlerinin ortalama, standart sapma, minimum-maksimum ve iki yönlü p değerleri Tablo 4’de belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, iki grup arasında uzunluk açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Tablo 4. Uzunluk ölçümleri

	Kontrol grubu	Hasta grubu	<i>p değeri</i>
	<i>Ort ± SS (min-maks)</i>	<i>Ort ± SS (min-maks)</i>	
M2 uzunluğu (mm)	63,00 ± 6,21 (55,10-75,50)	61,84 ± 4,55 (50,13-70,48)	0,46
C1-C2 YF (mm)	5,55 ± 1,44 (2,99-7,88)	5,36 ± 1,62 (2,83-9,15)	0,67
C2-C3 YF (mm)	4,59 ± 1,35 (1,16-6,95)	5,47 ± 1,90 (1,22-8,92)	0,07
Dorsal step-off (mm)	6,88 ± 1,08 (4,27-8,88)	6,73 ± 1,71 (2,99-9,46)	0,72
M1-M2 DF (mm)	8,49 ± 1,93 (4,84-11,82)	8,22 ± 2,34 (4,59-12,87)	0,67
M2-M3 DF (mm)	4,02 ± 1,54 (0,62-6,09)	4,33 ± 1,10 (2,21-6,69)	0,42

YF: yükseklik farkı, DF: derinlik farkı

Kontrol ve hasta gruplarına ait alan ölçümlerinin ortalama, standart sapma, minimum-maksimum ve iki yönlü p değerleri Tablo 5’de belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, iki grup arasında alan açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Tablo 5. Alan ölçümleri

	Kontrol grubu	Hasta grubu	<i>p değeri</i>
	<i>Ort ± SS</i> (<i>min-maks</i>)	<i>Ort ± SS</i> (<i>min-maks</i>)	
C1 EYA (mm²)	351,54 ± 67,82 (264,92-514,45)	345,53 ± 63,30 (220,96-476,66)	0,75
C2 EYA (mm²)	167,74 ± 32,79 (104,33-244,19)	172,01 ± 30,46 (111,50-223,10)	0,64
C3 EYA (mm²)	182,52 ± 37,77 (104,84-262,26)	190,11 ± 35,70 (119,21-248,89)	0,47
C1-M2 EYA (mm²)	184,27 ± 37,84 (107,27-265,95)	184,38 ± 39,91 (87,39-257,77)	0,99
C1-C2 EYA (mm²)	318,91 ± 59,13 (218,60-483,16)	326,55 ± 54,41 (236,23-437,34)	0,64
C3-M2 EYA (mm²)	46,38 ± 19,66 (3,19-87,23)	55,45 ± 57,59 (7,30-89,13)	0,46
C3-C2 EYA (mm²)	265,64 ± 63,33 (163,73-432,83)	250,52 ± 50,73 (136,86-339,24)	0,36

EYA: eklem yüzey alanı

Kontrol ve hasta gruplarına ait hacim ölçümlerinin ortalama, standart sapma, minimum-maksimum ve iki yönlü p değerleri Tablo 6’da belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, iki grup arasında hacim açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Tablo 6. Hacim ölçümleri

	Kontrol grubu	Hasta grubu	<i>p değeri</i>
	<i>Ort ± SS</i> (<i>min-maks</i>)	<i>Ort ± SS</i> (<i>min-maks</i>)	
C1 hacim (mm³)	10.144,06 ± 2.797,00 (6.471,33-17.855,09)	10.416,73 ± 1.721,93 (7.904,07-14.319,63)	0,68
C2 hacim (mm³)	3.917,65 ± 1.059,53 (2.199,12-6.808,33)	4.092,33 ± 778,85 (2.786,45-5.733,68)	0,52
C3 hacim (mm³)	5.664,89 ± 1.603,00 (3.035,03-9.612,57)	5.720,49 ± 1.116,57 (4.156,31-7.642,26)	0,89

Kontrol grubunda M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayısı ve iki yönlü p değerleri ile istatistiksel anlamlılık değerlendirilmiştir. M2 uzunluğu ile M1-M2 mesafesi, C2-C3 yükseklik farkı, M2-M3 derinlik farkı ve “dorsal step-off” ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Buna karşılık, C1-C2 yükseklik farkı ve M1-M2 derinlik farkı, M2 uzunluğu ile pozitif yönde anlamlı korelasyon göstermiştir. Eklem yüzey alanı açısından değerlendirildiğinde C1, C2 ve C3 kemiklerine ait alanlar ile M2 uzunluğu arasında güçlü pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. Benzer şekilde, C1-M2, C1-C2 ve C3-C2 arasındaki eklem yüzey alanları da anlamlı pozitif ilişki göstermiştir. C3-M2 eklem yüzey alanı ile M2 uzunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Hacimsel ölçümler incelendiğinde, C1, C2 ve C3 kemiklerinin hacmi ile M2 uzunluğu arasında yüksek düzeyde pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

Tablo 7. Kontrol grubunda M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasındaki korelasyonlar

	M2 uzunluğu	
	Pearson korelasyon katsayısı (r)	p değeri
M1-M2 mesafe (mm)	-0,02	0,896
C1-C2 YF (mm)	0,44	0,025
C2-C3 YF (mm)	0,14	0,483
Dorsal step-off (mm)	0,04	0,820
M1-M2 DF (mm)	0,56	0,004
M2-M3 DF (mm)	0,29	0,154
C1 EYA (mm ²)	0,70	<0,001
C2 EYA (mm ²)	0,75	<0,001
C3 EYA (mm ²)	0,65	<0,001
C1-M2 EYA (mm ²)	0,61	0,001
C1-C2 EYA (mm ²)	0,75	<0,001
C3-M2 EYA (mm ²)	0,25	0,218
C3-C2 EYA (mm ²)	0,59	0,002
C1 hacim (mm ³)	0,75	<0,001
C2 hacim (mm ³)	0,74	<0,001
C3 hacim (mm ³)	0,76	<0,001

YF: yükseklik farkı, DF: derinlik farkı, EYA: eklem yüzey alanı

Hasta grubunda M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayısı ve p değerleri ile istatistiksel anlamlılık değerlendirilmiştir. M2 uzunluğu ile M1-M2 mesafesi, C2-C3 yükseklik farkı, M2-M3 derinlik farkı, M1-M2 derinlik farkı, C1-M2 ve C3-M2 eklem yüzey alanları ile “dorsal step-off” ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Buna karşılık, C1, C2 ve C3 eklem yüzey alanları ile M2 uzunluğu arasında pozitif yönde anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Ayrıca C1-C2 ve C3-C2 arasındaki eklem yüzey alanları da M2 uzunluğu ile anlamlı şekilde ilişkili bulunmuştur. Hacimsel ölçümler açısından değerlendirildiğinde ise, C1, C2 ve C3 kemiklerinin hacmi ile M2 uzunluğu arasında anlamlı düzeyde pozitif korelasyonlar bulunmuştur.

Tablo 8. Hasta grubunda M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasındaki korelasyonlar

	M2 uzunluğu	
	Pearson korelasyon katsayısı (r)	p değeri
M1-M2 mesafe (mm)	-0,25	0,244
C1-C2 YF (mm)	0,37	0,076
C2-C3 YF (mm)	-0,12	0,562
Dorsal step-off (mm)	-0,00	0,974
M1-M2 DF (mm)	0,19	0,385
M2-M3 DF (mm)	0,01	0,951
C1 EYA (mm ²)	0,58	0,004
C2 EYA (mm ²)	0,47	0,024
C3 EYA (mm ²)	0,58	0,004
C1-M2 EYA (mm ²)	0,35	0,096
C1-C2 EYA (mm ²)	0,56	0,005
C3-M2 EYA (mm ²)	0,29	0,173
C3-C2 EYA (mm ²)	0,52	0,011
C1 hacim (mm ³)	0,64	0,001
C2 hacim (mm ³)	0,55	0,006
C3 hacim (mm ³)	0,61	0,002

YF: yükseklik farkı, DF: derinlik farkı, EYA: eklem yüzey alanı

5 TARTIŞMA

Çalışmamızda, Lisfranc eklemi ilk kez literatürde daha önce tanımlanmamış morfometrik parametreler ışığında kapsamlı olarak değerlendirilmiş ve bu parametrelerin eklem yaralanmalarının oluşumundaki potansiyel rolü sorgulanmıştır.

Literatürde, Lisfranc eklemının morfometrik değerlendirmesi farklı görüntüleme yöntemleri ve farklı ölçümlerle gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, özellikle os metatarsi I ve os metatarsi II arasındaki mesafe (M1-M2 mesafe), M2 uzunluğu, ossa cuneiformia'nın eklem yüzey alanları, M2'nin ossa cuneiformia arasında oluşturduğu kilit taşı görünümünde ne kadar derine yerleştiğini belirlemek için M1-M2 ve M2-M3 derinlik farkları ve M2'nin os cuneiforme intermedium'a (C2) göre dorsal sublüksasyonunu gösteren "dorsal step-off" adı verilen ölçümler öne çıkmaktadır. Bu çalışmaların bazıları kadavra diseksiyonları ile yapılmışken bazıları radyografi ya da BT temellidir (43, 56, 57). Ayrıca, bu araştırmaların bazıları yalnızca sağlıklı (herhangi bir Lisfranc eklem yaralanması olmayan) bireylerden elde edilen verilerle sınırlıyken, bazıları hem sağlıklı hem de hasta (Lisfranc eklem yaralanması tanısı almış) olgular üzerinde karşılaştırmalı morfometrik analizler içermektedir.

Yalnızca sağlıklı bireylerde gerçekleştirilen çalışmalarda Lisfranc eklemının morfometrik özelliklerine dair çeşitli referans değerler tanımlanmıştır. Örneğin, Yu-Kai ve diğerleri, Lisfranc eklem kompleksinin morfometrik değerlendirmesini yapmak amacıyla M1-M2 ve M2-M3 arası derinlik farklarını radyografik olarak herhangi bir Lisfranc eklem yaralanması olmayan bireylerde ölçmüş ve bu değerleri sırasıyla ortalama $11,2 \pm 1,4$ mm ve $6,0 \pm 0,9$ mm olarak bulmuşlardır (14). De Luca ve diğerleri kadavra örneklerinde M1-M2 derinlik farkını ortalama $10,52 \pm 1,04$ mm olarak ölçerken, de Palma ve diğerlerinin kadavra çalışmasında bu farklar sırasıyla 8 mm ve 4 mm olarak rapor edilmiştir (6, 23). Bizim çalışmamızda ise sağlıklı bireylerde bu değerler M1-M2 derinlik farkı açısından ortalama $8,49 \pm 1,93$ mm, M2-M3 derinlik farkı açısından ortalama $4,02 \pm 1,54$ mm olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar de Palma'nın kadavra çalışmasındaki değerlerle uyumlu olmakla birlikte, diğer literatür verileriyle uyumluluk göstermemektedir.

Literatürde M2 uzunluğu da Lisfranc eklem morfolojisinin değerlendirilmesinde sıkça kullanılan parametrelerden biridir. Bu bağlamda, yine Yu-Kai ve diğerleri bu değeri radyografik olarak sağlıklı bireylerde ortalama $24,5 \pm 2,3$ mm olarak raporlamışlardır (14). Buna karşın; kadavra örnekleri üzerinde De Luca ve diğerleri bu uzunluğu ortalama $84,39 \pm 4,06$ mm, Peicha ve diğerleri ise ortalama $73,39$ mm olarak ölçerek, oldukça yüksek değerler bildirmişlerdir (23, 58). Bizim çalışmamızda ise M2 uzunluğu sağlıklı bireylerde ortalama $63,00 \pm 6,21$ mm olarak bulunmuştur. Bu değer, radyografik ve kadavra temelli ölçümler arasında ara bir konumda yer almaktadır.

Literatürde Lisfranc eklemine yapısal değerlendirmesinde ele alınan bir diğer parametre ise eklem yüzey alanı ölçümleridir. Panchbavi ve diğerleri kadavra üzerinde yaptıkları çalışmalarında, C1'in M1 ile yaptığı eklem yüzey alanını ölçmüş ve sonucu ortalama $795,2 \pm 171,5$ mm² olarak bulmuşlardır (24). Bir diğer çalışmada ise, Requist ve diğerleri kadavra örneklerini mikro-BT ile görüntüleyerek Lisfranc eklemine incelemişlerdir. C1 ve C2'nin M1 ve M2 ile yaptıkları eklem yüzey alanlarını sırasıyla ortalama $346,31 \pm 24,26$ mm² ve $180,15 \pm 36,90$ mm² olarak bulmuşlardır (59). Clement ve diğerleri ise BT görüntüleri üzerinde C1, C2 ve C3'ün ossa metatarsi ile yaptığı eklem yüzey alanlarını ölçmüşlerdir. C1 eklem yüzey alanını ortalama $477,1 \pm 80,9$ mm², C2 eklem yüzey alanını $246,3 \pm 51,1$ mm², C3 eklem yüzey alanını $266,8 \pm 55,4$ mm² olarak belirtmişlerdir (60). Bizim çalışmamızda ise, ölçümler BT görüntüleri üzerinde 3B modelleme yöntemi kullanılarak yapılmış; C1 eklem yüzey alanı ortalama $351,54 \pm 67,82$ mm², C2 eklem yüzey alanı $167,74 \pm 32,79$ mm², C3 eklem yüzey alanı $182,52 \pm 37,77$ mm² olarak bulunmuştur. Sonuçlar, BT görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalar ile benzerlik gösterirken kadavra çalışmaları ile uyumluluk göstermemektedir.

Literatürde bildirilen bu morfometrik parametrelerin değerleri ve bizim değerlerimiz arasında gözlenen farklılıkların, kullanılan görüntüleme yöntemlerindeki çeşitlilikten (iki boyutlu radyografi, BT, mikro-BT, 3B modelleme) ve ölçüm tekniklerine dair yöntemsel farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bazı çalışmaların kadavra örnekleri, bazılarının ise in vivo örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş olması ve buna bağlı yapısal farklılıklar, ölçüm sonuçları arasında

gözlenen varyasyonların bir diğer olası nedeni olabilir. Bu durum, morfometrik verilerin yorumlanmasında metodolojik farklılıkların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Çalışmamızda, literatürde sıklıkla kullanılan bu ölçümlere ek olarak, bildiğimiz kadarıyla daha önce herhangi bir çalışmada değerlendirilmemiş farklı parametreler 3B modelleme yöntemi ile BT görüntüleri üzerinden elde edilerek ölçülmüştür. Bu bilgiler doğrultusunda, C1, C2 ve C3'ün bireysel hacim ölçümleri, C1 ve C3'ün C2 ve M2 ile yaptıkları eklem yüzey alanları, C1-C2 ve C2-C3 yükseklik farkları gibi yeni tanımlanmış ölçümlerin morfometrik analizleri yapılarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu özgün parametrelerin, morfolojik yapıyı daha ayrıntılı biçimde ortaya koyabileceği ve Lisfranc eklem yaralanmalarında yapısal faktörlerin rolünü aydınlatmada fayda sağlayabileceğini düşünmekteyiz. Bu yönüyle çalışmamızın, Lisfranc eklem kompleksinin kemiksel morfolojisine ilişkin literatüre anlamlı bir katkı sunduğu kanaatindeyiz.

Çalışmamızda, literatürde daha önce ortaya konmayan diğer bir parametre ise M2 uzunluğu ile diğer morfometrik parametreler arasında ilişki olup olmadığının değerlendirilmesidir. Bu değerlendirmenin amacı, metatars uzunluğunun Lisfranc ekleminin morfolojik yapısı hakkında öngörü sağlayıp sağlayamayacağını ortaya koymaktır. Bu ilişki, hasta ve kontrol gruplarında korelasyon analizi ile değerlendirilmiş, her iki grupta da, M2 uzunluğu ile “dorsal step-off” ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Ayrıca, hasta grubunda M2 uzunluğu ile derinlik farkı ve ossa cuneiformia'nın yükseklik farkları arasında da anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Buna karşılık, her iki grupta da M2 uzunluğundaki artışa paralel olarak, ossa cuneiformia'nın ossa metatarsi ile oluşturduğu eklem yüzey alanlarında artış gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, M2 uzunluğu ile ossa cuneiformia'nın hacimleri arasında da pozitif yönde bir korelasyon saptanmıştır. Bu sonuçlar, metatars uzunluğundaki artışın Lisfranc eklem bölgesindeki eklem yüzey alanı ve hacim değerlerinde de artışla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Literatürde, Lisfranc eklemının morfolmetrik özelliklerini hem sağlıklı bireylerde hem de Lisfranc eklem yaralanması tanısı almış olgularında karşılaştırmalı olarak değerlendiren çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Peicha ve diğerleri derinlik farkı ölçümlelerini her iki grupta değerlendirerek karşılaştırmıştır. M1-M2 derinlik farkını hasta grubunda ortalama olarak 8,95 mm, kontrol grubunda ise 11,61 mm olarak raporlamışlardır. M2-M3 derinlik farkını ise hasta grubunda 4,74 mm, kontrol grubunda 5,00 mm olarak belirtmişlerdir. M1-M2 derinlik farkı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanırken, M2-M3 derinlik farkı açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (58). Bizim çalışmamızda ise bu sonuçlar M1-M2 derinlik farkı açısından hasta grubunda ortalama 8,22 mm, kontrol grubunda ortalama 8,49 mm; M2-M3 derinlik farkı açısından hasta grubunda 4,33 mm, kontrol grubunda ortalama 4,02 mm olarak bulunmuştur. Her iki parametre açısından da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Kontrol grubunda elde ettiğimiz değerler literatürde bildirilen kontrol grubu verileriyle uyum göstermektedir. Hasta grubunda ise literatürde bu değerlerin kontrol grubuna göre daha az olduğu, M2'nin daha sık bir girinti oluşturduğu görülmektedir. Buna karşın, bizim çalışmamızda hasta grubunda bu ölçümlerin kontrol grubu ile benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Daha önce tanımını yaptığımız “dorsal step-off” ölçümleri literatürde değerlendirildiğinde birtakım farklılıklar olduğu, bu ölçüm için ortak referans noktaları olmadığını görmekteyiz. Örneğin, Bhimani ve diğerleri ölçümlelerini lateral BT görüntüleri üzerinde M2'nin dorsal yüzeyde en yüksek noktası ile, C2'nin distal yüzeyde en yüksek noktası arasında ölçerek gerçekleştirmişlerdir. Ölçümleri, kontrol ve hasta gruplar arasında kıyasladıklarında iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmuşlar, hasta grupta M2'nin C2'ye göre daha dorsalde yer aldığını belirtmişlerdir (61). Bir diğer çalışmada ise, de Bruijn ve diğerleri lateral radyografiler üzerinde M2'nin proksimal köşesi ile C2'nin distal köşesi arasında ölçmüşlerdir. Ölçümleri, kontrol ve hasta gruplar arasında kıyasladıklarında Bhimani ve arkadaşlarının çalışmasıyla benzer şekilde, iki grup arasında anlamlı bir fark saptamışlardır (13). Biz ise çalışmamızda bu parametreyi, belirlediğimiz referans düzlemleri esas alarak ayak modelinin tam medial görünümünde M2 ve C2'nin dorsal

yüzeylerinde en yüksek olduğu noktalar arasını ölçerek değerlendirdik (Resim 9). Ölçümleri kontrol ve hasta gruplar arasında kıyasladığımızda yapılan çalışmalardan farklı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamakla birlikte, 3B rekonstrüksiyon yöntemiyle modelleme temelli farklı ölçüm tekniği sunarak literatüre çeşitlilik kazandırdığımızı düşünmekteyiz.

Lisfranc eklemi karşılaştırmalı olarak morfolojik değerlendiren çalışmalar ile bizim çalışmamızın bulguları arasındaki farklılıkların en önemli nedenlerinden birinin, kullanılan görüntüleme yöntemlerinin çeşitliliği olduğu düşünülmektedir. Literatürde, BT görüntüleme yönteminin Lisfranc ekleminde minimal osseöz subluksasyonlar ile non-deplase kırıkları tespit etmede konvansiyonel radyografiye kıyasla daha duyarlı olduğu, ayrıca yüksek enerjili yaralanmalarda veya radyografik görüntülerin belirsiz olduğu durumlarda gizli kırıkları ortaya çıkarma konusunda tamamlayıcı bir rol üstlendiği gösterilmiştir. Aynı zamanda, Lisfranc eklemi oluşturan kemiklerin hizalanmasını değerlendirme açısından da BT'nin konvansiyonel radyografilerde gözden kaçabilecek patolojileri ortaya koymada daha etkili olduğu belirtilmiştir (9, 43). Bu bağlamda, çalışmamızda görüntüleme yöntemi olarak BT tercih edilmiş; görüntüler 3B rekonstrükte edilerek yeniden oluşturulmuştur. Literatürde Lisfranc eklemi değerlendirmek için 3B rekonstrüksiyon yöntemi kullanımı sınırlıdır. Bhimani ve arkadaşları bu yöntemi kullanarak sadece hacim ölçümü yapmışlar, diğer parametreleri iki boyut üzerinden değerlendirmişlerdir (61). Bizim çalışmamızda ise, 3B rekonstrüksiyon yöntemi ile oluşturduğumuz ayak modeli üzerinde ilk defa uzunluk ve eklem yüzey alanı ölçümleri gerçekleştirilmiş, böylece kemik morfolojisi daha detaylı ve hassas bir biçimde değerlendirilmiştir.

Ayrıca mevcut literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu, ileri derecede deplase kırıklar ve dislokasyon bulunan vakalar üzerine yoğunlaşırken, bizim çalışmamızda şiddetli dislokasyon ve/veya deplase kırıklı olguların hasta gruba dahil edilmemesinin, kontrol ve hasta grubunda kemik morfometrisi açısından farklılıkların bulunamamasında etkili olabileceğini düşünmekteyiz. Örneğin, Peicha ve diğerleri yukarıda daha önce tanımladığımız Hardcastle ve Myerson sınıflandırmasına göre çalışmalarına B1 ve B2 tip Lisfranc eklem yaralanmalı kişilerin radyografilerini dahil

ederek hasta popülasyonunu çeşitli tutmuşlardır. Değerlendirdikleri aynı uzunluk parametrelerinden bizim çalışmamıza göre farklı sonuçlar elde etmişler, hasta grubunda bu değerlerin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (58). Bu durum, hasta grubunun klinik özelliklerinin yapılan ölçümler üzerindeki belirleyici etkisini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, çalışmamız hem hasta hem de kontrol gruplarını içeren tasarımı ve 3B modelleme gibi daha hassas ölçüm tekniklerinin kullanılmasıyla, literatürdeki klasik yöntemlere kıyasla daha ayrıntılı ve karşılaştırmalı veriler sunma potansiyeline sahiptir. Bu yönüyle çalışmamızın, mevcut literatüre metodolojik açıdan katkı sunabileceği ve gelecekte yapılacak kapsamlı araştırmalara temel oluşturabileceği düşünülmektedir.

Literatürde, Lisfranc eklem yaralanmalarının yalnızca kemiksel deformasyonlarla değil, ligamentöz yapıların zedelenmesiyle de meydana gelebileceği belirtilmiştir (12, 62). Bu durum, kemiksel morfolojide belirgin bir anormallik olmadan da Lisfranc yaralanmasının gelişebileceğini ve bu tür yaralanmaların tanısında ligamentöz yapıların değerlendirilmesinin büyük önem taşıdığını göstermektedir. Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmalarda kemik yapılarla birlikte ligamentöz yapıların da değerlendirmeye dahil edilmesinin tanısal bütünlüğü arttırabileceğini düşünmekteyiz.

6 SONUÇ

1. Bu çalışmada, Lisfranc eklem kompleksinin morfometrik özellikleri BT görüntüleri üzerinde literatürde nadiren kullanılan 3B rekonstrüksiyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve eklem kemik morfolojisi ayrıntılı biçimde ortaya konmuştur. Çalışmada, daha önce literatürde tanımlanmış ölçümlerle birlikte yeni ve özgün morfometrik parametreler de değerlendirilmiştir. Bu yönüyle çalışmamızın, Lisfranc eklemine ilişkin mevcut bilgi birikimine katkı sağlayacağı ve literatüre yeni parametreler kazandırarak ileride yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.
2. Morfolojik olarak değerlendirilen parametreler hasta ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldığında, iki grup arasında kemik morfolojisi açısından anlamlı bir fark olmadığı ortaya konmuştur.
3. Ölçülen morfometrik değerlerin hem hasta hem de kontrol grubunda metatars uzunluğu ile ilişkisi araştırılmış; metatars uzunluğunun eklem yüzey alanı ve hacim gibi morfometrik parametrelerle pozitif korelasyon gösterdiği görülmüştür. Bu korelasyonların yaralanma durumu ile anlamlı bir ilişkisi olmadığı ortaya konmuştur.

7 KAYNAKLAR

1. Chaney DM. The Lisfranc joint. Clin Podiatr Med Surg. 2010;27(4):547-60.
2. Castro M, Melão L, Canella C, Weber M, Negrão P, Trudell D, et al. Lisfranc joint ligamentous complex: MRI with anatomic correlation in cadavers. AJR Am J Roentgenol. 2010;195(6):W447-55.
3. Arıncı K. Anatomi 1. Cilt. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2014.
4. Mason L, Jayatilaka MLT, Fisher A, Fisher L, Swanton E, Molloy A. Anatomy of the Lateral Plantar Ligaments of the Transverse Metatarsal Arch. Foot Ankle Int. 2020;41(1):109-14.
5. Johnson A, Hill K, Ward J, Ficke J. Anatomy of the Lisfranc ligament. Foot & Ankle Specialist. 2008;1(1):19-23.
6. de Palma L, Santucci A, Sabetta SP, Rapali S. Anatomy of the Lisfranc joint complex. Foot & ankle international. 1997;18(6):356-64.
7. Chen J, Sagoo N, Panchbhavi VK. The Lisfranc Injury: A Literature Review of Anatomy, Etiology, Evaluation, and Management. Foot Ankle Spec. 2021;14(5):458-67.
8. Cenatiempo M, Buzzi R, Bianco S, Iapalucci G, Campanacci DA. Tarsometatarsal joint complex injuries: A study of injury pattern in complete homolateral lesions. Injury. 2019;50 Suppl 2:S8-s11.
9. Moracia-Ochagavía I, Rodríguez-Merchán EC. Lisfranc fracture-dislocations: current management. EFORT Open Rev. 2019;4(7):430-44.
10. Myerson MS. The diagnosis and treatment of injury to the tarsometatarsal joint complex. J Bone Joint Surg Br. 1999;81(5):756-63.
11. Watson TS, Shurnas PS, Denker J. Treatment of Lisfranc joint injury: current concepts. J Am Acad Orthop Surg. 2010;18(12):718-28.
12. Grewal US, Onubogu K, Southgate C, Dhinsa BS. Lisfranc injury: A review and simplified treatment algorithm. Foot (Edinb). 2020;45:101719.
13. De Bruijn J, Hagemeyer NC, Rikken QGH, Hussein JS, Saengsin J, Kerkhoffs G, et al. Lisfranc injury: Refined diagnostic methodology using weightbearing and non-weightbearing radiographs. Injury. 2022;53(6):2318-25.
14. Yu-Kai Y, Shiu-Bii L. Anatomic Parameters of the Lisfranc Joint Complex in a Radiographic and Cadaveric Comparison. J Foot Ankle Surg. 2015;54(5):883-7.
15. Burroughs KE, Reimer CD, Fields KB. Lisfranc injury of the foot: a commonly missed diagnosis. American family physician. 1998;58(1):118-24.
16. Arifoğlu PDY. Her Yönüyle Anatomi. İstanbul: İstanbul Medikal Sağlık ve Yayıncılık Hiz. Tic. Ltd. Şti; 2021.
17. MacGregor R, Byerly DW. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb: Foot Bones. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.
18. Keith L. Moore AFD, Anne Agur. Clinically oriented anatomy. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2018.

19. Llopis E, Carrascoso J, Iriarte I, Serrano Mde P, Cerezal L. Lisfranc Injury Imaging and Surgical Management. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2016;20(2):139-53.
20. DiDomenico LA, Cross D. Tarsometatarsal/Lisfranc joint. *Clin Podiatr Med Surg*. 2012;29(2):221-42, vii-viii.
21. Ouzounian TJ, Shereff MJ. In vitro determination of midfoot motion. *Foot Ankle*. 1989;10(3):140-6.
22. Sripanich Y, Steadman J, Krähenbühl N, Rungprai C, Saltzman CL, Lenz AL, et al. Anatomy and biomechanics of the Lisfranc ligamentous complex: A systematic literature review. *J Biomech*. 2021;119:110287.
23. DeLuca MK, Boucher LC. Morphology of the Lisfranc joint complex. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2023;62(2):261-6.
24. Panchbhavi VK, Molina IV D, Villarreal J, Curry MC, Andersen CR. Three-dimensional, digital, and gross anatomy of the Lisfranc ligament. *Foot & ankle international*. 2013;34(6):876-80.
25. Mascio A, Greco T, Maccauro G, Perisano C. Lisfranc complex injuries management and treatment: current knowledge. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2022;14(3):161-70.
26. Bliss J, Albert S, Nithyananth M. Lisfranc Fracture Dislocation: A Review. *Journal of Foot and Ankle Surgery (Asia-Pacific)*. 2023;10(1):39.
27. Lewis JS, Jr., Anderson RB. Lisfranc Injuries in the Athlete. *Foot Ankle Int*. 2016;37(12):1374-80.
28. Tamir E, Essa A, Levi A, Beit Ner E, Kachko E, Finestone AS. Lisfranc Injury Diagnosis: What Is the Diagnostic Reliability of New Radiographic Signs Using Three-dimensional CT? *Clin Orthop Relat Res*. 2023;481(11):2271-8.
29. Stødle AH, Hvaal KH, Enger M, Brøgger H, Madsen JE, Ellingsen Husebye E. Lisfranc injuries: Incidence, mechanisms of injury and predictors of instability. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(5):535-40.
30. Rossi M, Wallace GF. The piano key test: When and How, a survey. *Foot & Ankle Surgery: Techniques, Reports & Cases*. 2021;1(2):100022.
31. Seow D, Yasui Y, Chan LYT, Murray G, Kubo M, Nei M, et al. Inconsistent radiographic diagnostic criteria for lisfranc injuries: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1):915.
32. Sobrado MF, Saito GH, Sakaki MH, Pontin PA, Santos A, Fernandes TD. EPIDEMIOLOGICAL STUDY ON LISFRANC INJURIES. *Acta Ortop Bras*. 2017;25(1):44-7.
33. Zhang L, Jiang S, Wang R, Cheng X, Wu W, Wang G. Classification in 157 patients with Lisfranc injuries using three-dimensional fracture lines and heat map. *J Orthop Surg Res*. 2025;20(1):266.
34. Stavlas P, Roberts CS, Xypnitos FN, Giannoudis PV. The role of reduction and internal fixation of Lisfranc fracture-dislocations: a systematic review of the literature. *Int Orthop*. 2010;34(8):1083-91.
35. Yim HS, Hong SH, Sung KS. Lisfranc Joint Injuries: Diagnosis and Treatment. *J Musculoskelet Trauma*. 2016;29(4):283-93.
36. Hardcastle P, Reschauer R, Kutscha-Lissberg E, Schoffmann W. Injuries to the tarsometatarsal joint. Incidence, classification and treatment. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 1982;64(3):349-56.

37. Myerson MS, Fisher RT, Burgess AR, Kenzora JE. Fracture dislocations of the tarsometatarsal joints: end results correlated with pathology and treatment. *Foot Ankle*. 1986;6(5):225-42.
38. Nunley JA, Vertullo CJ. Classification, investigation, and management of midfoot sprains: Lisfranc injuries in the athlete. *Am J Sports Med*. 2002;30(6):871-8.
39. Schepers T, Rammelt S. Classifying the Lisfranc injury: literature overview and a new classification. *Fuß & Sprunggelenk*. 2018;16(3):151-9.
40. Beutler A, Taylor C. Tarsometatarsal (Lisfranc) joint complex injuries.
41. Gotha HE, Lareau CR, Fellars TA. Diagnosis and management of lisfranc injuries and metatarsal fractures. *R I Med J* (2013). 2013;96(5):33-6.
42. Graef J, Tsitsilonis S, Niemann M, Gehlen T, Nadler P, Graef F. Retrospective analysis of treatment decisions and clinical outcome of Lisfranc injuries: operative vs. conservative treatment. *Int Orthop*. 2021;45(12):3213-9.
43. Sripanich Y, Weinberg MW, Krähenbühl N, Rungprai C, Mills MK, Saltzman CL, et al. Imaging in Lisfranc injury: a systematic literature review. *Skeletal Radiol*. 2020;49(1):31-53.
44. Rankine JJ, Nicholas CM, Wells G, Barron DA. The diagnostic accuracy of radiographs in Lisfranc injury and the potential value of a craniocaudal projection. *AJR Am J Roentgenol*. 2012;198(4):W365-9.
45. Woodward S, Jacobson JA, Femino JE, Morag Y, Fessell DP, Dong Q. Sonographic evaluation of Lisfranc ligament injuries. *J Ultrasound Med*. 2009;28(3):351-7.
46. Rettedal DD, Graves NC, Marshall JJ, Frush K, Vardaxis V. Reliability of ultrasound imaging in the assessment of the dorsal Lisfranc ligament. *J Foot Ankle Res*. 2013;6(1):7.
47. Essa A, Levi A, Ron TG, Ner EB, Finestone AS, Tamir E. The role of three dimension computed tomography in Lisfranc injury diagnosis. *Injury*. 2022;53(10):3530-4.
48. Vuori J-P, Aro HT. Lisfranc joint injuries. Trauma mechanisms and associated injuries. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1993;35(1):40-5.
49. Komenda GA, Myerson MS, Biddinger KR. Results of arthrodesis of the tarsometatarsal joints after traumatic injury. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78(11):1665-76.
50. Chiodo CP, Myerson MS. Developments and advances in the diagnosis and treatment of injuries to the tarsometatarsal joint. *Orthop Clin North Am*. 2001;32(1):11-20.
51. Buchanan BK, Donnally IC. Lisfranc Dislocation. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.
52. Herscovici D, Jr., Scaduto JM. Acute management of high-energy lisfranc injuries: A simple approach. *Injury*. 2018;49(2):420-4.
53. O'Connor KP, Tackett LB, Riehl JT. Primary arthrodesis versus open reduction internal fixation for acute Lisfranc injuries: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2024;145(1):49.
54. Vosbikian M, O'Neil JT, Piper C, Huang R, Raikin SM. Outcomes After Percutaneous Reduction and Fixation of Low-Energy Lisfranc Injuries. *Foot Ankle Int*. 2017;38(7):710-5.

55. Sun C, Miao X, Zhang M, Yang Y, Zhao H, Tang X, et al. Lisfranc injuries with dislocation the first tarsometatarsal joint: primary arthrodesis or internal fixation (a randomized controlled trial). *Int Orthop*. 2022;46(11):2529-37.
56. Knijnenberg LM, Dingemans SA, Terra MP, Struijs PAA, Schep NWL, Schepers T. Radiographic Anatomy of the Pediatric Lisfranc Joint. *J Pediatr Orthop*. 2018;38(10):510-3.
57. Kennelly H, Klaassen K, Heitman D, Youngberg R, Platt SR. Utility of weight-bearing radiographs compared to computed tomography scan for the diagnosis of subtle Lisfranc injuries in the emergency setting. *Emerg Med Australas*. 2019;31(5):741-4.
58. Peicha G, Labovitz J, Seibert FJ, Grechenig W, Weiglein A, Preidler KW, et al. The anatomy of the joint as a risk factor for Lisfranc dislocation and fracture-dislocation. An anatomical and radiological case control study. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(7):981-5.
59. Requist MR, Rolvien T, Barg A, Lenz AL. Morphologic analysis of the 1st and 2nd tarsometatarsal joint articular surfaces. *Sci Rep*. 2023;13(1):6473.
60. Clements JR, Whitmer K, Nguyen H, Rich M. Cross-Sectional Area Measurement of the Central Tarsometatarsal Articulation: A Review of Computed Tomography Scans. *J Foot Ankle Surg*. 2018;57(4):732-6.
61. Bhimani R, Sornsakrin P, Ashkani-Esfahani S, Lubberts B, Guss D, De Cesar Netto C, et al. Using area and volume measurement via weightbearing CT to detect Lisfranc instability. *J Orthop Res*. 2021;39(11):2497-505.
62. Sain A, Prendergast E, Wattage K, Elkilany A, Metry A. Lisfranc Injury: Recent Trends in Management. *Cureus*. 2023;15(8):e43182.

8 EKLER

EK 1. Etik Kurul Kararı



EK 1. Etik Kurul Kararı (devam)



9 ÖZGEÇMİŞ



