T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ

RADYOLOJİ KLİNİĞİ

TİBİA MEDİAL PLATO STRES KIRIKLARINDA TİBİAL MORFOLOJİNİN ETKİSİ VE MEDİAL MENİSKÜS ARKA KÖK YIRTIĞI BİRLİKTELİĞİ: MRG ÇALIŞMASI

Dr. Turan KAYA

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA 2024

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ

RADYOLOJİ KLİNİĞİ

TİBİA MEDİAL PLATO STRES KIRIKLARINDA TİBİAL MORFOLOJİNİN ETKİSİ VE MEDİAL MENİSKÜS ARKA KÖK YIRTIĞI BİRLİKTELİĞİ: MRG ÇALIŞMASI

Dr. Turan KAYA

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Semra DURAN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA 2024

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca mesleki bilgi ve deneyimlerinden her zaman faydalanma olanağı bulduğum, tez çalışma sürecimde bilgi ve desteğini benden esirgemeyen değerli hocam, tez danışmanım ve ablam Doç. Dr. Semra Duran'a;

Eğitim hayatım boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, üzerimde büyük emekleri bulunan tüm hocalarıma;

Tanımaktan ve birlikte çalışmaktan onur duyduğum, bölüm içerisinde huzurlu ve mutlu bir aile ortamı oluşturan tüm asistan arkadaşlarıma;

Hayatım boyunca bana destek olan, bugünlere gelmemi sağlayan, emeklerinin karşılığını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim değerli babam Basri KAYA ve annem Hamidiye Kaya'ya ve onlarla beraber büyümeyi en büyük öğretmenim ve şansım saydığım kız kardeşlerime;

Hayatıma yeni girmiş olmasına rağmen, tanıdığım ilk andan itibaren hayatıma mana katan, her an varlığını yanımda hissettiğim hayat arkadaşım Afife Merve ÖZCAN'a;

Teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Turan KAYA
Ankara - 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
KISALTMALAR iv
TABLO LİSTESİ v
ŞEKİL LİSTESİ vi
ÖZET viii
ABSTRACT x
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. DİZ EKLEMİ ANATOMİSİ 3
2.1.1. Diz Eklemini Oluşturan Kemik Yapılar 4
2.1.1.1. Femur 4
2.1.1.2. Tibia 6
2.1.1.3. Patella 8
2.1.2. Eklem Kıkırdağı 8
2.1.3. Eklem Kapsülü 9
2.1.4. Sinovyum, Diz Eklemi ile İlişkili Bursalar ve Plikalar 10
2.1.5. Diz Eklemi ile İlgili Kaslar 12
2.1.5.1. Diz eklemine fleksiyon yaptıran kaslar 12
2.1.5.2. Diz eklemine ekstansiyon yaptıran kaslar 14
2.1.5.3. Diz eklemine rotasyon yaptıran kaslar 15
2.1.6. Diz Eklemine Katılan Bağlar 15
2.1.6.1. İntrakapsüler bağlar 15
2.1.6.2. Ekstrakapsüler bağlar 17
2.1.7. Menisküsler 20
2.1.7.1. Medial menisküs 21
2.1.7.2. Lateral menisküs 21
2.1.8. Diz Ekleminin Kanlanması ve İnnervasyonu 22
2.2. STRES FRAKTÜRLERİ 22
2.2.1. Patofizyoloji ve Epidemiyoloji 23

2.2.1.1. Yorgunluk kırıkları 26
2.2.1.2. Yetersizlik kırıkları 28
2.2.2. Klinik Prezentasyon *29*
2.2.3. Stres Fraktürlerinde Görüntüleme *30*
2.2.3.1. Direkt radyografi 31
2.2.3.2. Ultrasonografi (USG) 32
2.2.3.3. Bilgisayarlı tomografi 33
2.2.3.4. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG): 35
2.2.3.5. Kemik sintigrafisi 42
2.2.4. Stres Fraktürlerinde Tedavi Yaklaşımları *44*
2.2.4.1. Yorgunluk kırıklarının yönetimi 44
2.2.4.2. Yetmezlik kırıklarının yönetimi: 45
3. GEREÇ VE YÖNTEM 47
3.1. HASTA SEÇİMİ 47
3.2. MRG ÇEKİM PROTOKOLÜ VE PARAMETRELERİ 48
3.3. HASTALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 49
3.3.1. Stres Fraktürü Varlığının Belirlenmesi *49*
3.3.2. Medial Menisküs Posterior Kök Yırtığı Varlığının Belirlenmesi *49*
3.3.3. Proksimal Tibial Morfoloji Ölçümlerinin Yapılması *51*
3.3.4. Cilt Altı Yağ Doku Kalınlığının Belirlenmesi *52*
3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 53
4. BULGULAR 55
5. TARTIŞMA 61
7. KAYNAKLAR 66
8. EKLER 74
Ek 1: ANKARA ŞEHİR HASTANESİ 2 NOLU KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL ONAYI 74

KISALTMALAR

AÇB	**:**	Arka Çapraz Bağ
BT	**:**	Bilgisayarlı Tomografi
FOV	**:**	Field of View
FSE	**:**	Fast Spin Eko
LAPU	**:**	Lateral Anteroposterior Uzunluk
LKL	**:**	Lateral Kollateral Ligaman
MAPU	**:**	Medial Anteroposterior Uzunluk
MKL	**:**	Medial Kollateral Ligaman
MLU	**:**	Mediolateral Uzunluk
MRG	**:**	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MTEA	**:**	Medial Tibial Eğim Açısı
ÖÇB	**:**	Ön Çapraz Bağ
PDA	**:**	Proton Dansite Ağırlıklı
CAYDK	**:**	Cilt Altı Yağ DokuKalınlığı
STIR	**:**	Short tau Inversion Recovery
Tc-99m-MDP	**:**	Teknesyum-99m-metilen difosfonat
TE	**:**	Echo Time
TR	**:**	Repetetion time
USG	**:**	Ultrasonografi
VKİ	**:**	Vücut Kitle İndeksi

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Yorgunluk ve yetmezlik kırıklarının karşılaştırılması 29
Tablo 2. Stres fraktüründe görüntüleme modaliteleri 44
Tablo 3. Diz MRG çekim parametreleri 48
Tablo 4. Demografik özelliklerin hastaların gruplarına göre karşılaştırılması 55
Tablo 5. Yapılan ölçümlere ilişkin sınıf içi korelasyon katsayıları tablosu 56
Tablo 6. Hastaların ölçümlerine göre tanımlayıcı istatistikler 56
Tablo 7. Stres fraktürü grubu ve kontrol grubunda MAPU, LAPU, MLU ölçümlerinin karşılaştırılması 56
Tablo 8. Stres fraktürü grubu ve kontrol grubunda MTEA ölçümünün karşılaştırılması 57
Tablo 9. MTEA ölçümü için ROC sonucu 57
Tablo 10. Stres fraktürü grubu ve kontrol grubunda CAYDK ölçümünün karşılaştırılması 58
Tablo 11. Hastaların cinsiyetine göre ölçümlerin karşılaştırılması 58
Tablo 12. Stres fraktürü bulunan gruptaki ve kontrol grubundaki hastaların cinsiyetine göre ölçümlerin karşılaştırılması 59
Tablo 13. Medial menisküs posterior kök yırtığının çalışma grubunda karşılaştırılması 59
Tablo 14. Stres fraktürlü hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığının yaşlara göre karşılaştırılması 60
Tablo 15. Stres fraktürlü hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığının cinsiyetlere göre karşılaştırılması 60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Sağlıklı diz ekleminin yapısı 4
Şekil 2. Distal femur anatomisi 5
Şekil 3. Proksimal tibia anatomisi 7
Şekil 4. Patella anatomisi..... 8
Şekil 5. Eklem kapsülü A: anterior bakı, B: posterior bakı. 10
Şekil 6. Diz eklemindeki sinovyal plikalar..... 11
Şekil 7. Diz ekleminde bulunan bursal yapılar..... 12
Şekil 8. Diz eklemine fleksiyon yaptıran kaslar 13
Şekil 9. Diz eklemine ekstansiyon yaptıran kaslar 14
Şekil 10. Diz ekleminin intrakapsüler bağları 17
Şekil 11. Diz ekleminin ekstrakapsüler bağları (anterior bakı) 18
Şekil 12. Diz ekleminin ekstrakapsüler bağları (posterior bakı) 20
Şekil 13. Lateral ve medial menisküs anatomisi 22
Şekil 14. Trabeküler ve kompakt kemik yapısının şematik gösterimi 24
Şekil 15. Kemik hücrelerinin şematik gösterimi 25
Şekil 16. 3 farklı hastada stres fraktürlerinin radyografi bulguları..... 32
Şekil 17. Metatarsalji ile gelen 24 yaşındaki kadın hastada 2. metatars şaftının dorsal yüzünün longitudinal (A ve B) ve transvers (C ve D) akstaki sonografik görünümleri..... 33
Şekil 18. Diz ağrısı ile gelen 40 yaşındaki kadın hastada proksimal tibianın BT görüntüsü..... 35
Şekil 19. Ayak ağrısı ile gelen 29 yaşındaki amatör futbol oyuncusunun MR ve BT görüntüleri 35
Şekil 20. Stres fraktürleri için Fredericson MR evreleme sisteminin şematik gösterimi..... 38
Şekil 21. Grade 1 stres yaralanması olan 24 yaşında kadın uzun mesafe koşucusunun aksiyel (A) ve koronal (B) yağ baskılı T2 ağırlıklı MR görüntüleri..... 39
Şekil 22. Grade 2 stres yaralanması olan 21 yaşında, erkek futbolcunun MR görüntüleri 39

Şekil 23. Grade 3 stres yaralanması olan 23 yaşında kadın uzun mesafe koşucusunun MR görüntüleri 40
Şekil 24. Grade 4 stres yaralanması olan 17 yaşında kadın koşucunun MR görüntüleri 41
Şekil 25. Çeşitli stres kırıklarına ait sintigrafi görüntüleri 43
Şekil 26. Hasta seçimi diagramı 48
Şekil 27. Tibia medial plato stres fraktürü MRG bulguları 49
Şekil 29. Medial menisküs posterior kök yırtığı MR bulguları 50
Şekil 30. Medial anteroposterior uzunluk, lateral anteroposterior uzunluk ve mediolateral uzunluk ölçümü 51
Şekil 31. Medial tibial eğim açısı (MTEA) ölçümü 52
Şekil 32. CAYDK ölçümü 53
Şekil 33. MTEA ölçümü için ROC eğri grafiği 57

ÖZET

Amaç: Bu çalışmadaki amacımız tibia medial platoda stres fraktürü bulunan hastalarda manyetik rezonans görüntüleme ile tibial morfolojiyi değerlendirmek ve stres fraktürü varlığı ile medial menisküs arka kök yırtığı birlikteliğini araştırmaktır.

Gereç Yöntem: Hastanemizde Ocak 2023- Aralık 2023 tarihleri arasında diz MRG çekimi yapılan hastalar retrospektif olarak değerlendirildi. Tibia medial platoda stres fraktürü bulunan 72 hasta stres fraktürü grubu olarak çalışmaya dahil edildi. Stres fraktürü/tibial morfoloji ilişkisini incelemek amacıyla bu tarihler arasında diz MRG incelemesinde kemik ve bağ patolojisi saptanmayan yaş, cinsiyet ve taraf eşleştirmeli 72 hasta ile kontrol grubu oluşturuldu. Proksimal tibial morfoloji dahilinde aksiyal kesitlerden medial anteroposterior uzunluk (MAPU), lateral anteroposterior uzunluk (LAPU), mediolateral uzunluk (MLU) ve sagittal kesitlerden medial tibial eğim açısı (MTEA) ölçüldü. Aksiyal kesitler üzerinden cilt altı yağ doku kalınlığı (CAYDK) ölçümü yapıldı. Ölçümler iki grup arasında karşılaştırıldı.

Medial tibial plato stres fraktürü-medial menisküs posterior kök yırtığı birlikteliğini araştırmak amacıyla aynı tarihler arasında çekilen bütün diz MRG'ler ile kontrol grubu oluşturuldu. İki grup medial menisküs posterior kök yırtığı varlığı açısından karşılaştırıldı.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen stres fraktürü grubu ile kontrol grubu karşılaştırıldığında; yaş, cinsiyet ve sağ/sol diz dağılımı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. Stres fraktürü bulunan hastalarda medial tibial eğim açısı (MTEA) kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı büyük ($p<0,001$) bulundu. Bu iki grup arasında MAPU, LAPU ve MLU ölçümleri açısından istatistiksel anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$). Stres fraktürü bulunan grup ile kontrol grubu CAYDK açısından karşılaştırıldığında aralarında anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$). Stres fraktürü bulunan grupta kadın hastaların MTEA değerleri erkek hastalara göre anlamlı olarak büyük (p 0,001) bulunmuşken kontrol grubunda kadın ve erkek hastaların MTEA değerleri arasında anlamlı fark saptanmadı. Her iki grupta da erkek hastaların

MAPU, LAPU ve MLU değerleri kadın hastalara göre anlamlı olarak büyük ($p<0,001$) iken kadın hastaların SKYDK ölçümleri erkek hastalara göre daha fazla idi ($p<0,001$). Stres fraktürü grubundaki posterior kök yırtığı sıklığı kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak daha yüksek bulundu ($p<0.001$). Stres fraktürü bulunan hastalar içinde kadınlarda ($p<0.001$) ve 50 yaşın üzerindeki hastalarda ($p<0.05$) medial menisküs posterior kök yırtığı görülme oranı anlamlı olarak daha yüksek idi.

Sonuç: Tibia medial plato posterior eğiminin artması medial tibial plato stres fraktürüne yatkınlık oluşturur. Ayrıca medial tibial platoda stres fraktürü bulunan hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığı birlikteliği daha sıktır.

Anahtar Kelimeler: Stres fraktürü, yetmezlik kırığı, yorgunluk kırığı, tibial morfoloji, menisküs kök yırtığı, manyetik rezonans görüntüleme

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to evaluate the tibial morphology by magnetic resonance imaging in patients with stress fracture of the medial plateau of the tibia and to investigate the association between stress fracture and posterior root tear of the medial meniscus.

Materials and Methods: Patients who underwent knee MRI between January 2023 and December 2023 in our hospital were evaluated retrospectively. Seventy-two patients with stress fracture of the medial plateau of the tibia were included in the study as stress fracture group. In order to investigate the relationship between stress fracture/tibial morphology, an age, gender and side-matched control group was formed with 72 age, gender and side-matched patients who had no bone and ligament pathology on knee MRI examination between these dates. Proximal tibial morphology included medial anteroposterior length (MAPU), lateral anteroposterior length (LAPU), mediolateral length (MLU) and medial tibial tilt angle (MTEA) on axial sections and sagittal sections, respectively. Subcutaneous adipose tissue thickness (CAYDK) was measured on axial sections. The measurements were compared between the two groups.

In order to investigate the association of medial tibial plateau stress fracture-medial meniscal posterior root tear, a control group was formed with all knee MRI scans performed between the same dates. The two groups were compared for the presence of medial meniscal posterior root tear.

Results: There were no statistically significant differences between the stress fracture group and the control group in terms of age, gender and right/left knee distribution. Medial tibial tilt angle (MTEA) was found to be statistically significantly greater ($p<0.001$) in patients with stress fracture compared to the control group. No statistically significant difference was found between these two groups in terms of MAPU, LAPU and MLU measurements ($p>0.05$). There was no significant difference between the group with stress fracture and the control group in terms of CWADC

($p>0.05$). In the group with stress fracture, the MTEA values of female patients were found to be significantly greater than those of male patients ($p<0.001$), while no significant difference was found between the MTEA values of male and female patients in the control group. In both groups, the MAPU, LAPU and MLU values of male patients were significantly greater than those of female patients ($p<0.001$), whereas the CAYDK measurements of female patients were greater than those of male patients ($p<0.001$). The frequency of posterior root tear in the stress fracture group was statistically higher than in the control group ($p<0.001$). Among the patients with stress fractures, the incidence of medial meniscal posterior root tears was significantly higher in women ($p<0.001$) and in patients older than 50 years ($p<0.05$).

Conclusion: Increased posterior slope of the medial plateau of the tibia predisposes to medial tibial plateau stress fracture. In addition, the association of medial meniscal posterior root tear is more common in patients with stress fracture of the medial tibial plateau.

Keywords: Stress fracture, insufficiency fracture, fatigue fracture, tibial morphology, meniscal root tear, magnetic resonance imaging

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Stres frakürleri; normal kemik üzerindeki anormal strese yanıt olarak ortaya çıkan yorgunluk kırıkları ve anormal kemik üzerindeki normal strese bağlı olarak ortaya çıkan yetmezlik kırıkları olarak iki gruba ayrılmaktadır [1, 2]. Her iki stres fraktürü de stres hasarı olarak isimlendirilen bir sürecin sonunda ortaya çıkmaktadır. Çoğu zaman benzer kliniğe ve görüntüleme özelliklerine sahip olan bu iki stres fraktürü tipi arasında ayrım yapmak kolay değildir. Çünkü her ikisi de aynı hastada aynı anda ortaya çıkabilmektedir ve yorgunluğun yanında yetmezlik de bir kırığın ortaya çıkmasına katkıda bulunabilmektedir [3].

Alt ekstremite ve pelvis kemikleri genel olarak stres fraktürlerinin en sık görüldüğü kemiklerdir [2]. Özellikle tibia diafizi koşu ve yürüyüş aktiviteleri sırasında ortaya çıkan stres kırığının en sık görüldüğü yer iken, medial tibial plato stres fraktürleri nadirdir [4]. Ayrıca medial tibial platonun diz eklemine katılması ve eklem içi patolojiler ile benzer kliniği oluşturması stres fraktürü tanısının gecikmesine neden olabilmektedir [5].

Stres kırığı tanısında bilgisayarlı tomografi (BT), sintigrafi ve direkt radyografi rol almakla birlikte manyetik rezonans görüntüleme (MRG) stres kırığını tespit etmek için altın standart yöntemdir. MRG'nin stres fraktürü tanısındaki duyarlılığı yaklaşık %100 iken, sensitivitesi yaklaşık %85' tir [2, 6]. MRG ayrıca menisküs ve bağ gibi intraartiküler yapıların ve bunların patolojilerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu da stres fraktürlerinin tanısı ile birlikte eşlik eden eklem içi patolojilerin saptanmasını mümkün kılmaktadır.

Proksimal tibial platonun geometrisi ya da proksimal tibial morfoloji diz ekleminin biyomekaniği ve işlevi üzerinde etkilidir [7, 8]. Proksimal tibial geometrinin en önemli komponentlerinden birisi tibial eğimdir ve bunu değerlendirmek amacı ile çalışmalarda en sık kullanılan ölçüm ise posterior tibial eğim açısıdır [9-12]. Ön çapraz bağ (ÖÇB) zedelenmeleri ve menisküs yırtıkları ile medial tibial eğim açısını ilişkilendiren çalışmalar mevcuttur [11-13]. Ancak bilgimiz dahilinde tibial medial

plato stres kırığı ile proksimal tibial morfolojiyi ilişkilendiren çalışma literatürde yer almamaktadır.

Bizim bu çalışmadaki amacımız tibia medial plato stres fraktürü bulunan hastalarda tibial morfolojiyi değerlendirmek ve medial menisküs arka kök yırtığı ile birlikteliğini araştırmaktır.

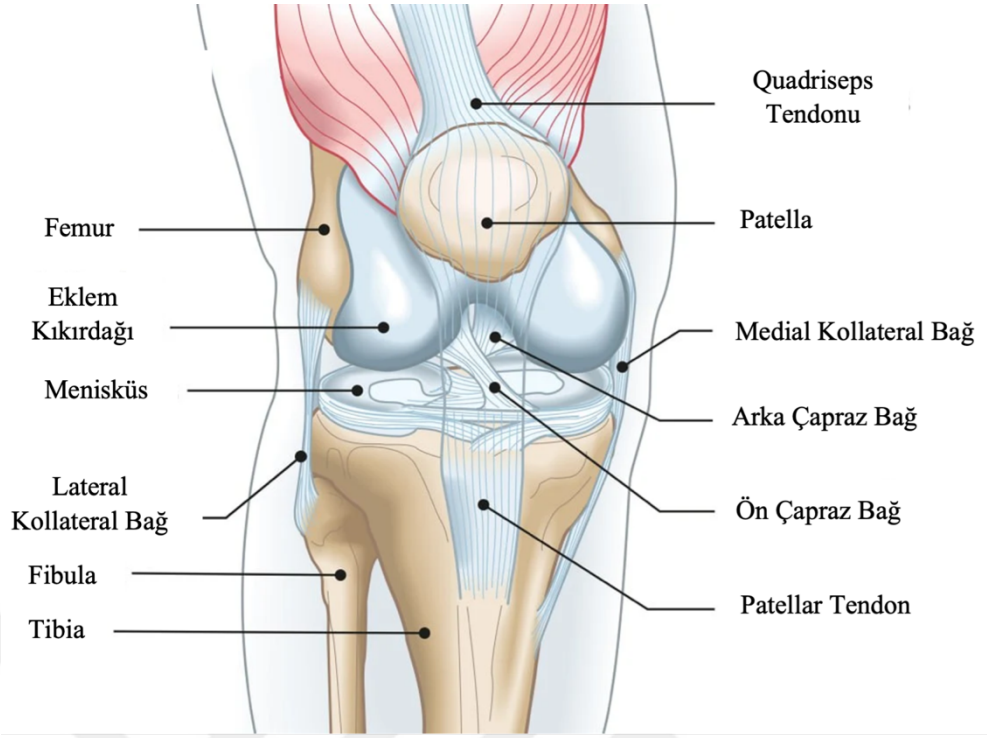
2. GENEL BİLGİLER

2.1. DİZ EKLEMİ ANATOMİSİ

Diz eklemi (articulatio genus) vücuttaki en büyük ve kompleks sinoviyal eklem olup içerisindeki eklem yüzeylerinin şekline göre menteşe veya ginglimus tipi eklem grubuna dahil edilebilir [14, 15]. Diz eklemi femur, tibia ve patella kemikleri ile çok sayıda yumuşak doku destek elemanından meydana gelmektedir. Diz ekleminin temel rolü vücut ağırlığının bacak ve ayağa iletimi olmakla birlikte geniş bir aralıkta harekete de izin vermektedir [16, 17].

Diz eklemini oluşturan eklem yüzeylerinin birbiriyle uyumlu olmasına rağmen bu yüzeylerin düzensiz şekilli olmaları sebebiyle diz ekleminin stabilizasyonuna çok sayıda yumuşak doku elemanı katılmaktadır. Diz eklemi de diğer menteşe tipi eklemlerde olduğu gibi önden ve arkadan kaslar ile çevrelenmiş olup bu durum dizin dinamik stabilizasyonunda önemli rol oynamaktadır. Kaslar dışında eklem kapsülünün kendisi, medial ve lateral kollataral bağlar, çeşitli ligamanlar ve menisküsler; diz eklemini içeriden ve dışarıdan sarmakta ve uygun organizasyon ile diz ekleminin stabilizasyonunda görev almaktadır [16-18].

Diz eklemi 3 ayrı eklemden meydana gelen bileşik bir sinoviyal eklemdir. Femur ve tibia arasında bulunan lateral ve medial tibiofemoral eklemler (art. tibiofemoralis) ile patella ve femur arasında bulunan patellofemoral eklem (pars patellaris articulations genus) birlikte diz eklemini meydana getirmektedir. Tibiofemoral eklemlerin konveks eklem yüzlerini femur kondilleri, konkav yüzlerini ise tibia kondillerinin superior yüzleri oluşturmaktadır [19]. Tibiofemoral eklem bikondiler tipte olup menteşe tipi eklemler gibi hareket eder. Normalde menteşe tipi sinoviyal eklemler tek bir eksende fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine izin verirken diz eklemi bacak fleksiyonda iken bacağın bir miktar rotasyon ve sirkümdiksiyon hareketine de müsade etmektedir. Bu yönüyle diz eklemi diğer menteşe tipi sinovyal eklemlerden ayrılmaktadır. Diz eklemini oluşturan ikinci eklem ise femurun patellar yüzü ile patellanın posterior eklem yüzü arasındaki patellofemoral eklemdir [14, 15].



Şekil 1. Sağlıklı diz ekleminin yapısı

2.1.1. Diz Eklemini Oluşturan Kemik Yapılar

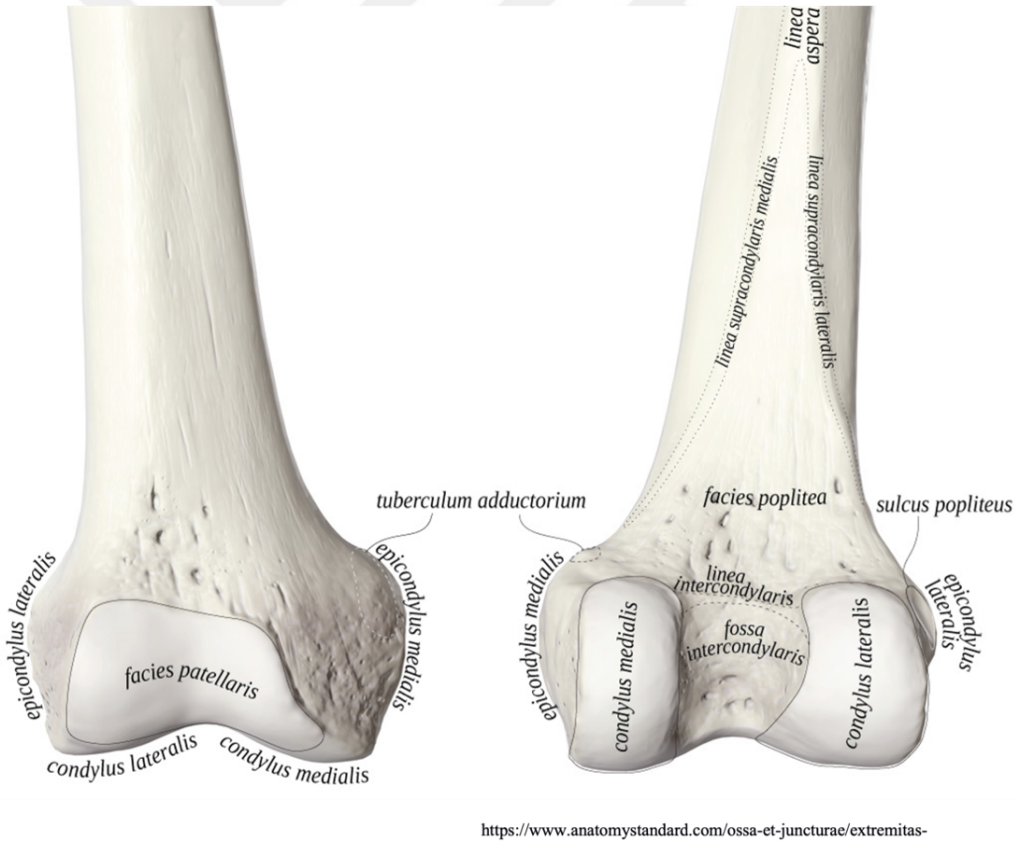
Diz eklemi oluşumuna iki adet uzun kemik (femur ve tibia) ile vücudun en büyük sesamoid kemiği olan patella katılmaktadır [15, 19].

2.1.1.1 Femur

Femur uyluk iskeletinin temelini oluşturan, vücutta bulunan en uzun ve en kalın kemiktir [15]. Vücut duruşunun en büyük desteklerinden biri olması yanında kalça ve diz eklemi vasıtasıyla birçok hareketin yapılmasını da sağlamaktadır [20-22]. Femurun distal ucunda tibia kondilleri ile eklem yapan ve aralarında interkondiler çentik ya da çukur (fossa intercondylaris) adı verilen bir boşluk bulunan lateral ve medial kondiller (condylus lateralis ve medialis ossis femoris) yer almaktadır (Şekil 2). İnterkondiler çentiğin A, U ya da W şeklinde olabileceği gösterilmiş olup çentik posteriorda daha geniştir [20, 21]. Medial kondil ön-arka ve transvers çapı lateral kondile göre daha kısa olup medial kondilin konveksitesi lateral kondilden daha azdır [17]. Femur kondilleri ile femur gövdesi arasında yaklaşık 6 derecelik (5-8 derece) bir

valgus açısı bulunmakta olup bu açılanma sebebiyle medial kondil lateral kondile oranla distale biraz daha fazla uzanmaktadır [20, 23].

Femur distal kesiminin patella ile eklem yapan anterior yüzeyi troklea olarak isimlendirilir ve bir oluk ile ikiye ayrılır [24]. Troklear oluk olarak adlandırılan bu oluk distale doğru derinleşme eğilimindedir. Oluğun lateralinde bulunan eklem yüzü lateral troklear faset olarak isimlendirilirken, medialde kalan kısım medial troklear faset olarak adlandırılır [21]. Lateral troklear faset medial fasetten daha geniş olup lateral kondil ile daha dar bir açı ile eklem yapar. Medial troklear faset daha küçük olup medial kondil ile daha geniş bir açı ile eklem yapar [21, 25]. Daha büyük olan ve daha dar açı ile eklemleşen lateral troklear faset patellanın yerinde tutulması için önemli bir bariyer vazifesi görür [26].

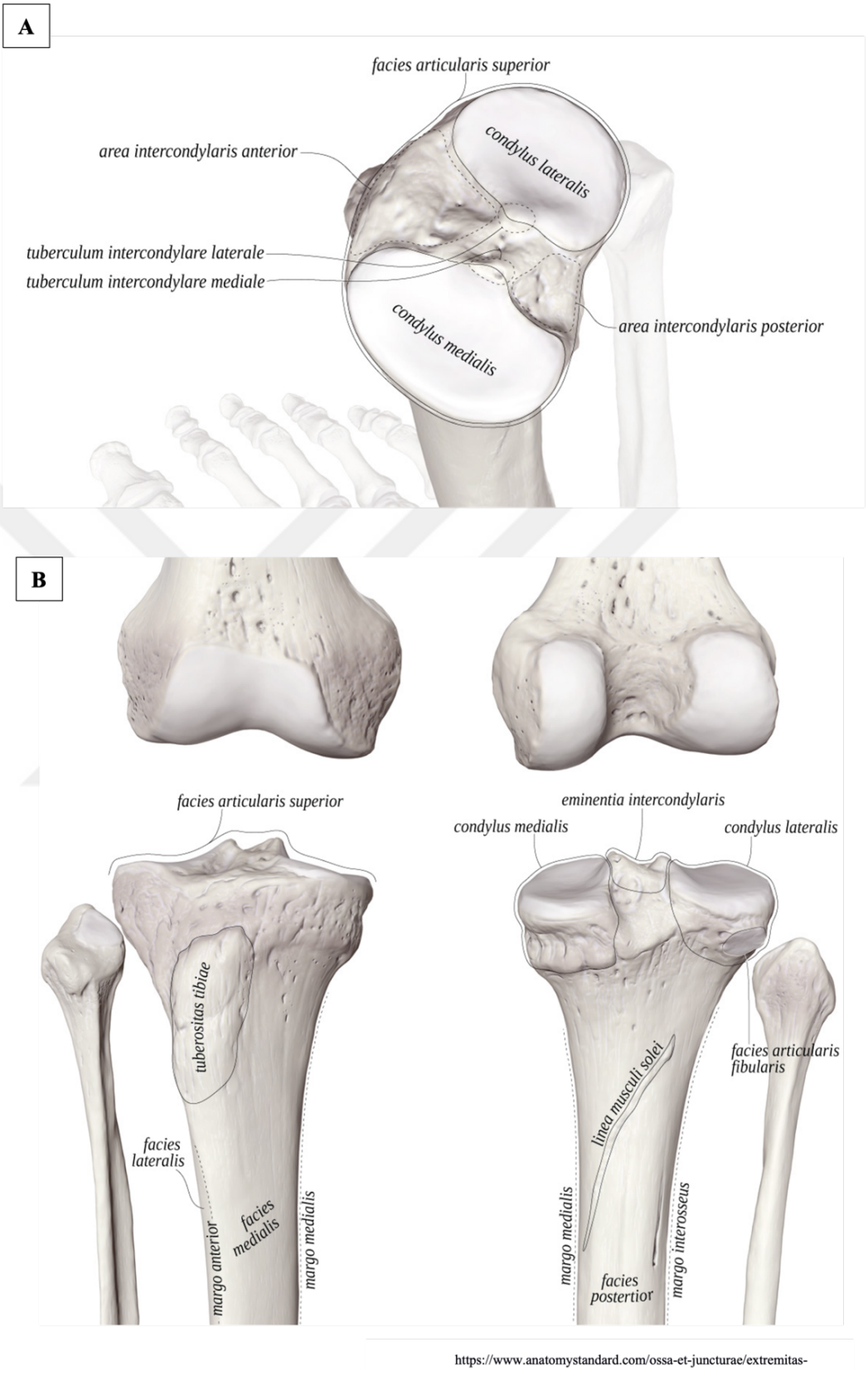


Şekil 2. Distal femur anatomisi

2.1.1.2. Tibia

Tibia, fibula ile birlikte bacak iskeletini oluşturan iki uzun kemikten biri olup vücut ağırlığının taşınmasına destek vazifesi görmekle birlikte vücut ağırlığını diz ve ayak bileği eklemi vasıtasıyla femurdan talusa iletmede de rol almaktadır [27]. Tibianın proksimal ya da üst ucu, distal uca oranla daha kalın olup diz eklemine katılan tibial kondillerden meydana gelir [22] (Şekil 3). Distal ya da alt uç ise daha ince olup ayak bileği seviyesinde troklea tali ile eklem yapmaktadır [23]. Tibial kondillerin süperiorunda diz eklemine katılan eklem yüzeylerinin de bulunduğu lateral ve medial tibial platolar bulunmaktadır [26]. Her iki eklem yüzeyi de konkav şekilli olmakla birlikte medial eklem yüzeyi lateral eklem yüzeyine oranla daha oval, büyük ve derindir ve medial menisküs ile uyumludur. Bu sebeple medial femoral kondil ile daha sıkı bir eklemleşme mümkün olur [20]. Lateral eklem yüzeyi ise daha sığ ve yuvarlak olup femoral kondille uyumu azdır ve sagittal planda hafif konveks görünümdedir. Ancak bu konveksite lateral femoral kondilin fleksiyon sırasında yeterli kayma hareketini yapmasına izin verir [20, 21].Kondillerin medial kenarlarında medial ve lateral interkondiler tüberküller bulunmakta olup bu iki tüberkül birlikte ‘’interkondiler eminens’’ ismini almaktadır. İnterkondiler eminens femur distal uçta bulunan interkondiler fossa ile uyumludur. İnterkondiler eminensin anteriorunda ‘’area interkondilaris anterior’’, posteriorunda ise ‘’area interkondilaris posterior’’ bulunmaktadır. Tibia proksimal kesimde anterior yüzde ise patellar tendonun tutunduğu ‘’tuberositas tibia’’ olarak isimlendirilen çıkıntı yer almaktadır [16, 21, 27].

Tibia proksimalde diz ekleminin yapısına katılmak için femur ile eklemleşirken, aynı zamanda fibula ile de eklem yapmaktadır. Proksimal tibiofibular eklem olarak isimlendirilen eklem yüzü tibia lateral kondil posterolateralinde yer almaktadır [22]. Yine lateral kondil anterolateralinde bir çıkıntı bulunmakta olup ‘’Gerdy tüberkülü’’ olarak isimlendirilmiştir ve bu nokta iliotibial bandın insersiyo lokalizasyonudur [17]. Medial tibial kondil posterolateralinde ise semimembranosus kasının insersiyo noktası yer almaktadır [28].



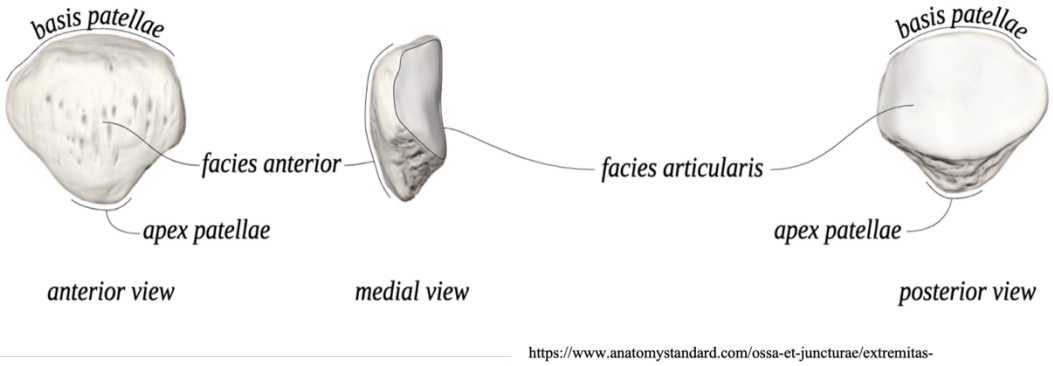
Şekil 3. Proksimal tibia anatomisi

A. eklem yüzlerine superiordan bakış, B. anterior ve posteriordan bakış

2.1.1.3. Patella

Vücudun en büyük sesamoid kemiği olan patella, tabanı yukarıda üçgen yapıda bir kemik olup quadriceps tendonunun derin lifleri arasında yerleşmiştir [21]. Üst kısmı ‘’basis patella’’, alt uç ise ‘’apex patella’’ olarak isimlendirilmiştir. Patella posterior yüzü patellofemoral eklem yüzünü oluşturmaktadır [24]. Eklem yüzü vertikal uzanan belli belirsiz bir çıkıntı ile birbirine eş olmayan iki parçaya ayrılmıştır. Lateral ve medial faset olarak isimlendirilen bu eklem yüzlerinden lateralde olan daha geniş ve derindir [24]. Ayrıca ikinci bir çıkıntı medial köşe ile odd faset olarak isimlendirilen alanı birbirinden ayırmaktadır. Eklem yüzünde bulunan eklem kıkırdağı (ortalama 5-6 mm) vücuttaki en kalın eklem kıkırdaklarından biridir [29].

Patellanın, patellofemoral eklem ile ilişkisi bulunmayan ön yüzünü ise yatay eksende 3 bölüme ayırabiliriz. Üst bölümde dizin ekstensör kasları olan rektus femoris ve vastus kaslarının insersiyo bölgeleri bulunmaktadır. Orta kısımda quadriceps tendonunun patellar tendona katılmak üzere inferiora uzanan lifleri bulunmaktadır. Alt kesimde ise patellar tendon yapışma bölgesi bulunmaktadır [21].



Şekil 4. Patella anatomisi

2.1.2. Eklem Kıkırdağı

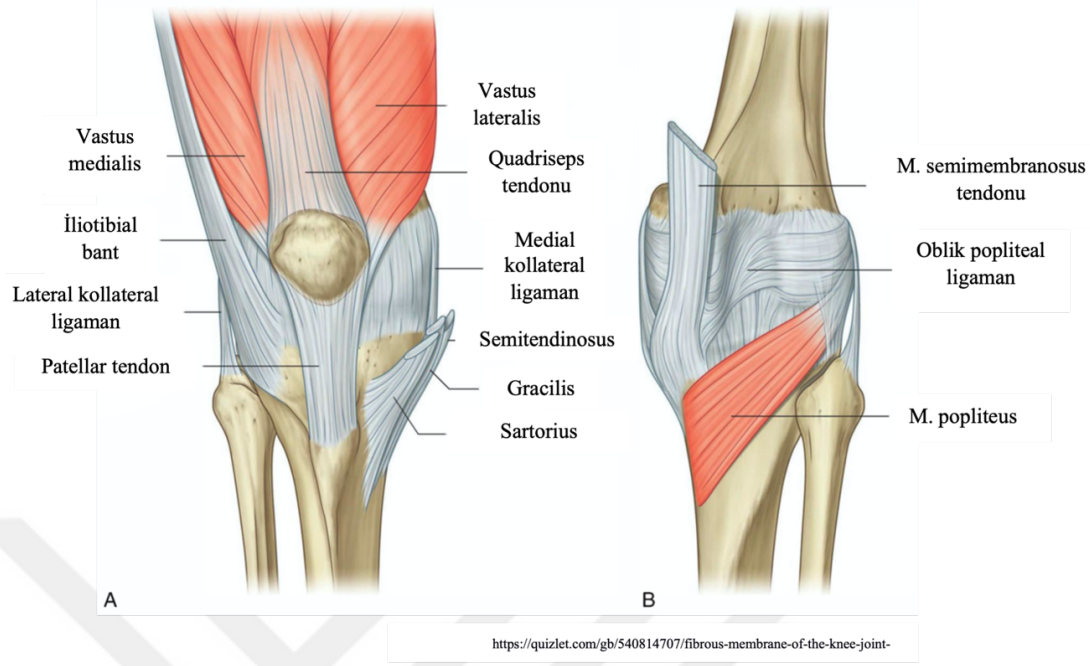
Eklem kıkırdağı hem patellofemoral eklem hem de tibiofemoral eklem yüzlerini hemen tümüyle saran hiyalin kıkırdak türünde avasküler ve anöronal bir yapıdır[30]. Eklem kıkırdağı büyük oranda (yaklaşık %80) su; kollajen ve

proteoglikanlardan oluşmaktadır [31]. Kıkırdak yapı içerisinde az miktarda (yaklaşık %2) olgun kıkırdak hücresi (kondrosit) de bulunmaktadır [32]. Eklem kıkırdağı kemiğe sıkıca yapışıktır ve yerine göre kalınlığı 1-6 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Patellofemoral eklemde eklem kıkırdağı 5-6 mm kalınlığa ulaşmakta olup vücuttaki en kalın eklem kıkırdaklarından biridir [33]. Kıkırdak, yapısı itibariyle sürtünme ve mikrotravmalara diğer bağ doku elemanlarına göre daha dayanıklıdır. Eklem kıkırdağının temel vazifesi; ekleme komşu kemik yüzeylerdeki sürtünmeyi ve deformasyonu azaltmak ve yük dağılımını sağlayarak kemikler üzerine binecek aşırı stresi engellemektir [32].

2.1.3. Eklem Kapsülü

Diğer sinovyal eklemlerde olduğu gibi diz eklemi de kendine özgü bir kapsül yapısına sahiptir. Eklem kapsülü dış kısımda fibröz bir tabaka, iç kısımda ise sinovyal membrandan meydana gelmektedir [23]. Dizde eklem kapsülü femur, tibia ve patellaya yapışık olup kemik periost ile devamlılık gösterir [14]. Femurda; anteriorda patellar eklem yüzeyinin 1-2 cm kadar üzerine, posteriorda lateral ve medial kondilleri örten eklem kıkırdağının hemen komşuluğuna, yanlarda ise yine medial ve lateral kondillerin hemen altına yapışır [14, 18]. Patellada; patellar kenarlar boyunca artiküler yüzeylerin hemen kenarına yapışıktır. Tibiada ise; önde ve arkada area interkondilarisleri döşeyen eklem kıkırdaklarının kenarına, yanlarda ise kondilleri döşeyen eklem kıkırdağının hemen kenarına yapışıktır [18]. Eklem kapsülünün iç yüzeyini oluşturan sinovyal membranın menisküsler haricinde eklem içerisinde bulunan bütün elemanları kapladığı görülmektedir [21].

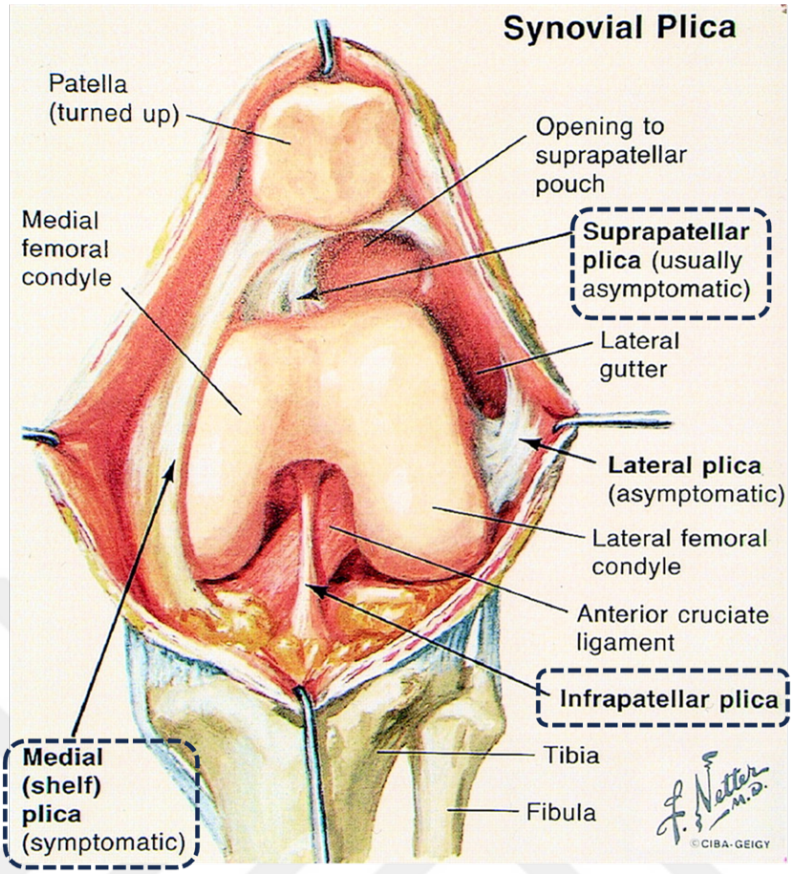
Eklem kapsülü dizin en önemli statik stabilizasyon elemanlarından birisi olup dizin ekstansiyonunu ve aşırı fleksiyonunu sınırlar [20].



Şekil 5. Eklem kapsülü A: anterior bakı, B: posterior bakı.

2.1.4. Sinovyum, Diz Eklemi ile İlişkili Bursalar ve Plikalar

Diz eklemi hem patellofemoral hem de tibiofemoral eklem yüzlerini hemen tümüyle saran bir sinovyal membran ve içerisi sinovyal sıvı ile dolu potansiyel bir boşluktan meydana gelmektedir [14]. Sinovyal membran süperiorda femur kondillerini sararken lateral ve medial sinovyal resesleri oluşturur. Sinovyal boşluk içerisinde bulunan sinovyal doku kalıntıları sinovyal plikalar olarak isimlendirilir [34]. Diz ekleminde suprapatellar, infrapatellar, medial patellar ve lateral patellar olmak üzere 4 adet sinovyal plika bulunmaktadır [34]. Normalde ince septa şeklinde görülen plikalar kalınlaştıklarında diz ağrısı sebebi olabilirler [35]. İstatistiksel olarak en sık görülen plika infrapatellar plika iken varlığında en semptomatik olanı medial patellar plikadır [34].

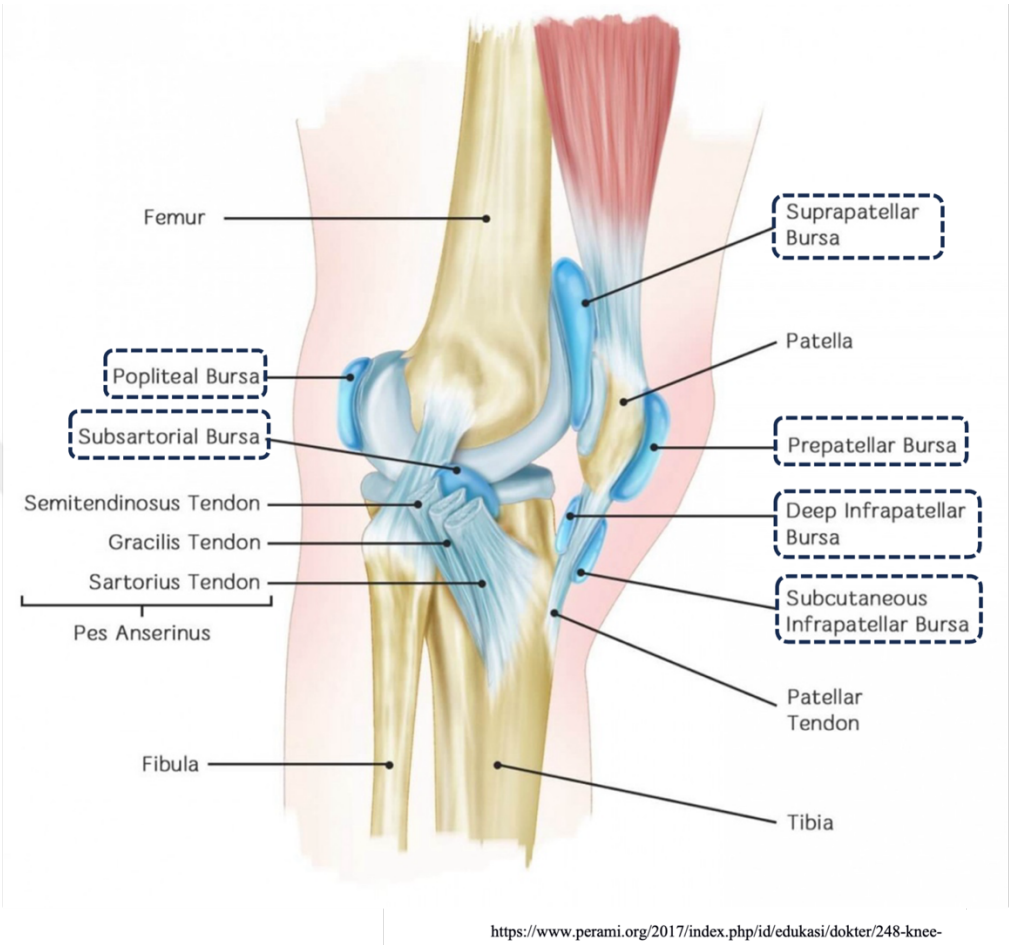


Şekil 6. Diz eklemindeki sinovyal plikalar

Bursalar genellikle sinovyal eklemlerde bulunan ve içerisi kayganlaştırıcı sinovyal sıvı ile dolu olan keseciklerdir [28]. Genelde tendon ile kemik yüzey veya tendon ile cilt arasına yerleşen bursaların büyük bir kısmı doğumda mevcut iken bazıları doğum sonrası dönemde oluşabilir [21]. Bursaların eklemdeki ana işlevi eklemi oluşturan hareketli parçalar arasındaki sürtünmeyi ve deformasyonu azaltmaktır [17]. Ayrıca çoğu sinovyal eklemde bursalar basıncı emen bir yastık görevi de görmektedir [28].

Diz eklemi çevresinde çok sayıda bursa bulunmakta olup bu bursaları yerleşim yerlerine göre iki ana gruba ayırabiliriz. Anterior bursal yapılar; suprapatellar bursa, derin ve yüzeyel infrapatellar bursa, prepatellar bursadır. Posteriorda pek çok bursal yapı bulunmakla birlikte ana bursal yapılar: gastrocnemius bursaları, biceps femoris bursası, popliteal bursa, semimembranosus bursa, pes anserinus bursadır [15, 18, 21].

Suprapatellar, gastrocnemius, pes anserinus ve popliteal bursa diz eklem boşluğu ile bağlantılıdır [15].



Şekil 7. Diz ekleminde bulunan bursal yapılar

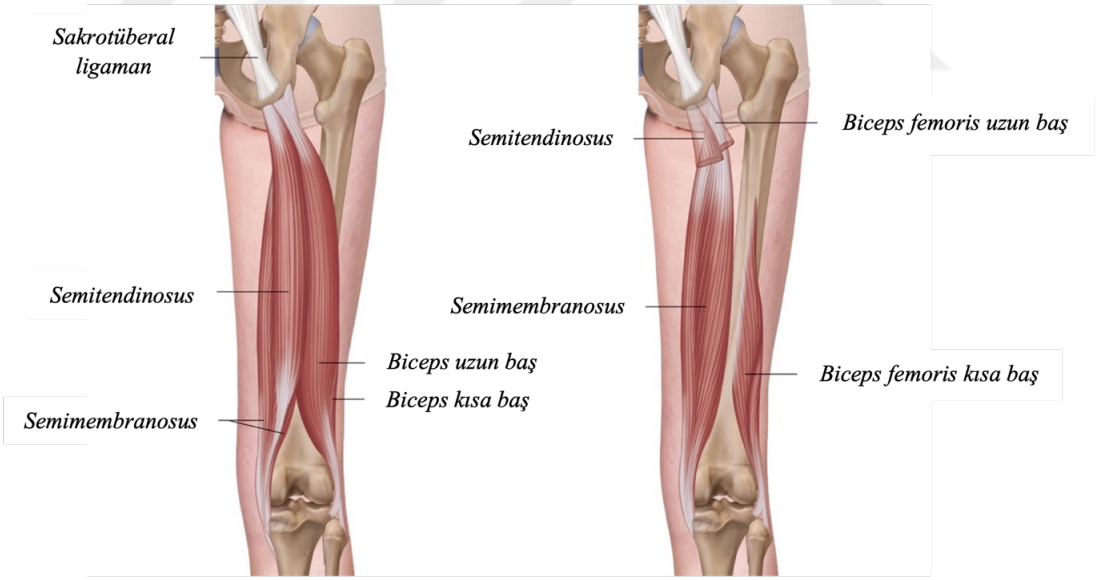
2.1.5. Diz Eklemi ile İlgili Kaslar

Diz eklemi ile ilişkili kasları işlevine göre 3 ana grupta toplayabiliriz. Diz fleksiyonuna katılan kaslar (fleksörler), diz ekstansiyonuna katılan kaslar (ekstensörler) ve dizin rotasyon hareketine katılan kaslar [28].

2.1.5.1. Diz eklemine fleksiyon yaptıran kaslar

Diz eklemi fleksiyon hareketine katılan çok sayıda kas bulunmakta olup bu kasların hemen hepsi uyluk veya diz ekleminin posteriorunda yerleşim göstermektedir

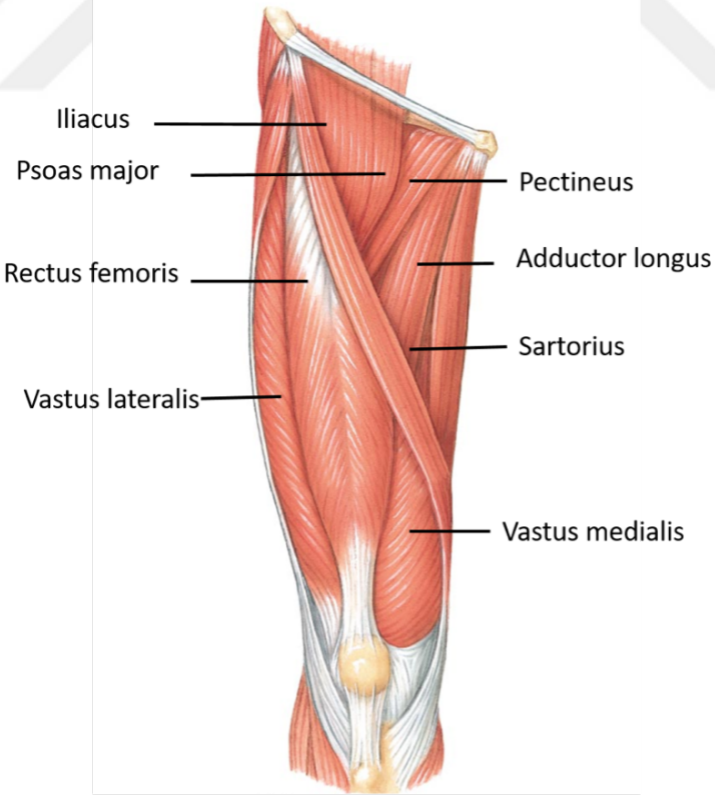
[21, 22]. Hamstringler olarak isimlendirilen ve m.biceps femoris, m. semitendinosus ve m. semimembranosus kaslarından oluşan kas grubu uyluk posteriorunda yerleşim göstermektedir. Biceps femoris kasının iki başı bulunmakta olup uzun başı tuber ischiadicumdan, kısa başı ise linea aspera alt yarımı ile crista suprakondilaris lateralisten orjinlenmektedir. Her iki başı diz eklemi seviyesinde birleşmekte olup kaput fibulaya insersiyo göstermektedir [21]. Bu kas bacak fleksiyonu ile birlikte bir miktar dış rotasyonuna da katkıda bulunmaktadır [27]. M. semitendinosus, tuber ischiadicumdan başlayarak diz eklemi medialinde pes anserinusun yapısına katılır ve tibia medial kenara insersiyo yapar [21, 27]. Bacak fleksiyonu ve fleksiyon halindeki bacakta ise bir miktar internal rotasyon hareketine katkıda bulunur [22]. M. semimembranosus da benzer şekilde tuber ischiadicumdan orjin alarak tibia medial kondil posterioruna insersiyo yapar. Semitendinosus kası gibi bacağa fleksiyon ve fleksiyondaki dize bir miktar internal rotasyon yaptırır [21, 27]. Hamstring kas grubu dışında m. sartorius, m. popliteus ve m. gastrocnemius kasları da dizin diğer fleksörleridir [21].



Şekil 8. Diz eklemine fleksiyon yaptıran kaslar

2.1.5.2. Diz eklemine ekstansiyon yaptıran kaslar

Diz ekleminin temel ekstansör kası uyluk bölgesinin en büyük ve hacimli kası olan m. quadriceps femoris olup 4 parçadan oluşmaktadır. M. rektus femoris, m. vastus lateralis (en geniş parça), m. vastus medialis, m. vastus intermedius [21, 27]. Rektus femorisin 2 başı bulunmakta olup bu başlardan kaput rektum spina iliaca anterior inferiordan, kaput refleksum ise acetabulum süperiorunda iliak kemikten başlar [27]. Diğer parçalar ise büyük oranda femur proksimal kesiminden orjin almaktadır [21]. Uyluk proksimalinden veya pelvisten orjin alan ve uyluk anteriorunu büyük ölçüde dolduran quadriceps femoris kasının dört başı da patella seviyesinde ortak bir tendon haline gelir. Bu tendon patella tabanına tutunduğu gibi patellayı da tümüyle sararak içine almaktadır [21, 22]. Vastus grubu kaslar dize ekstansiyon yaptırırken, rektus femoris kası orjini sebebiyle diz ekstansiyonu yanında kalça ekleminin fleksiyonuna da katılır [18]. Dizin tek ekstensör kası quadriceps femoris kası olmakla birlikte tensor fascia lata da bacak ekstansiyonuna katkıda bulunmaktadır [21].



Şekil 9. Diz eklemine ekstansiyon yaptıran kaslar

2.1.5.3. Diz eklemine rotasyon yaptıran kaslar

Diz eklemi temelde ekstansiyon ve fleksiyon hareketi yapmakla birlikte daha sınırlı olarak internal ve eksternal rotasyona da izin vermektedir [21]. İnternal rotasyon eksternal rotasyona oranla çapraz bağların varlığı ve yerleşimi sebebiyle daha sınırlıdır [27]. Diz ekleminin internal rotasyon hareketine katılan kaslar: m. gracilis, m. sartorius, m. semimembranosus, m. semitendinosus ve m. popliteus'tur [21, 27]. Eksternal rotasyon hareketine katılan kaslar: m. biceps femoris ve tensör fascia lata'dır [21, 27].

2.1.6. Diz Eklemine Katılan Bağlar

Diz eklemi yapısına katılan ve eklem stabilizasyonunda rol oynayan çok sayıda bağ bulunmaktadır [25]. Bu bağlar büyük oranda eklem kapsülü ile ilişkili olup diz ekleminin temel statik stabilizatörlerinden olan kapsüloligamentöz kompleksleri meydana getirmektedir [36]. Diz eklemi yapısına katılan bağları eklem kapsülüne göre yerleşimlerini göz önüne alarak ekstrakapsüler ve intrakapsüler bağlar olarak temelde 2 grupta inceleyebiliriz [14].

2.1.6.1 İntrakapsüler bağlar

Diz eklemi yapısına katılan ve eklem kapsülü içerisinde seyreden bağlar intrakapsüler bağlar veya iç bağlar olarak isimlendirilmektedir [14]. Anterior ve posterior çapraz bağlar, anterior ve posterior meniskofemoral ligamanlar ve ''ligamentum transversum genu'' dizin iç bağlarını oluşturur [14, 22].

2.1.6.1.1. Ligamentum cruciatum anterius (ön çapraz bağ-ÖÇB)

Ön çapraz bağ intrakapsüler, ekstrasinovyal bir yapı olup inferior ucu tibianın area intercondylaris anterioruna, superior ucu ise lateral femoral kondilinin medial yüzünün posterioruna yapışıktır [14]. İnterkondiler çentiğin çatısına paralel olarak inferomediale doğru uzanım gösterir. İnterkondiler çizgi olarak da bilinen Blumensaat hattına paralel seyreder [37, 38]. Anteromedial ve posterolateral demet olmak üzere iki

fonksiyonel üniteye sahiptir [16, 37]. Daha kısa ve ince olan posterolateral demet ekstansiyonda gerginleşirken, anteromedial demet fleksiyonda gergin hale gelir [14, 21].

ÖÇB varyasyonel olarak üçlü demet içeren ÖÇB veya tek demet içeren ÖÇB formunda da olabilir ve bu varyasyonların toplumdaki prevalansı yaklaşık % 20-25' tir [16]. Yine nadir bir varyasyon olarak ÖÇB'nin hipoplastik veya aplastik olduğu durumlar da bildirilmiş olup genellikle diğer kongenital anomaliler ile birlikte ortaya çıkmaktadır [16]. ÖÇB'nin temel fonksiyonu anterior tibial translasyonu sınırlamaktır. Ayrıca bacağın hiperekstansiyonunu sınırlandırmakta ve döndürme yüküne karşı da kısıtlama sağlamaktadır [14, 21]. ÖÇB'nin kanlanması temelde orta genikular arterden, innervasyonu ise tibial sinirden olmaktadır. Ayrıca ÖÇB içerisinde bulunan reseptörler propriyosepsiyonda ve vücut dengesinin sağlanmasında önemlidir [18].

2.1.6.1.2. Ligamentum cruciatum posteriorus (arka çapraz bağ-AÇB)

Arka çapraz bağ da ÖÇB gibi intrakapsüler, ekstrasinovyal bir yapı olup inferior ucu tibianın area intercondylaris posterioruna, superior ucu ise medial femoral kondilinin posterolateraline yapışıktır [14, 16]. ÖÇB'den daha kalın ve çok daha güçlüdür [16]. Anterolateral ve posteromedial demet olmak üzere iki fonksiyonel üniteye sahiptir [16, 21]. Anterolateral demet daha kuvvetli olup fleksiyonda temel olarak fonksiyon gören kısımdır. Anterolateral demet fleksiyonda gerginleşirken, posteromedial demet ekstansiyonda gergin hale gelir [28]. AÇB'nin temel fonksiyonu posterior translasyona direnmektir [21, 39]. Özellikle fleksiyondaki dize ağırlık bindiğinde femuru stabilize eden esas yapı olup bacağın aşırı fleksiyonunu önlemektedir [39]. Bacak fleksiyonda iken gergin olan AÇB ekstansiyonda iken gevşektir. AÇB nin kanlanması da ÖÇB gibi temelde orta genikular arterden olmaktadır [21].

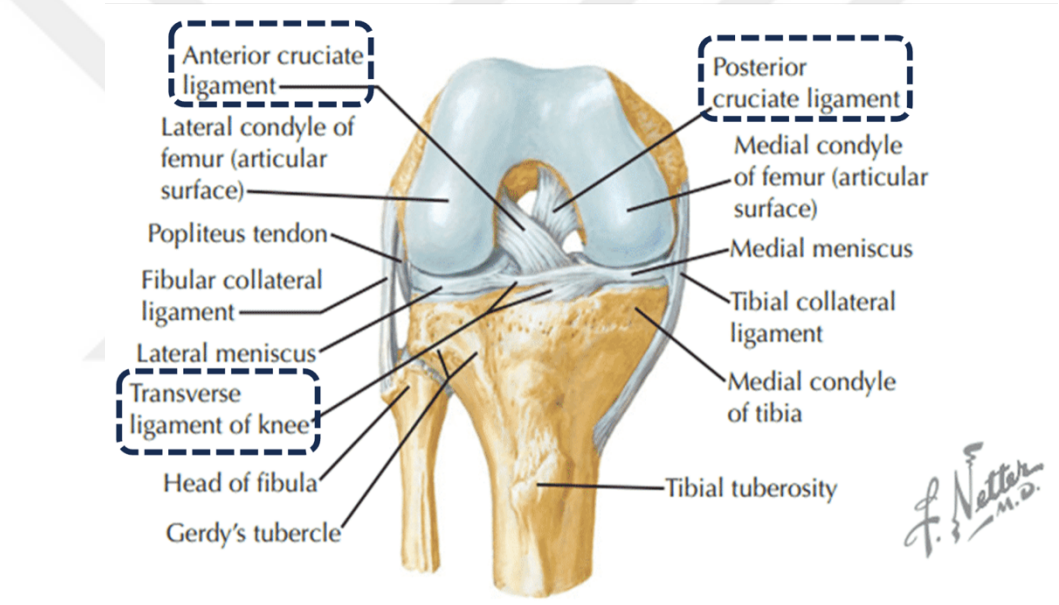
2.1.6.1.3. Meniskofemoral bağlar

Meniskofemoral bağlar lateral menisküsün posteriorundan orjinlenmekte olup femur medial kondilinin lateraline yapışmaktadır [16, 28]. AÇB düzeyinde ikiye ayrılmakta ve AÇB ile ilişkisine göre anterior ve posterior meniskofemoral bağ olarak

isimlendirilmektedir [28, 40]. Anterior meniskofemoral bağın diğer ismi Humphrey, posterior meniskofemoral bağın özel ismi ise Wrisberg ligamanıdır. AÇB ve ÖÇB' ye göre daha ince bağlar olan meniskofemoral bağlar da dizin stabilizayonuna katkıda bulunmaktadır [28].

2.1.6.1.4. Ligamentum tranversum genus

Çapraz bağlar ve meniskofemoral bağlar dışındaki intrakapsüler ligamanlardan ligamentum transversum genus, lateral ve medial menisküslerin anterior kesimlerini birleştiren ve bir arada hareket etmelerini sağlayan bağdır [16, 28].



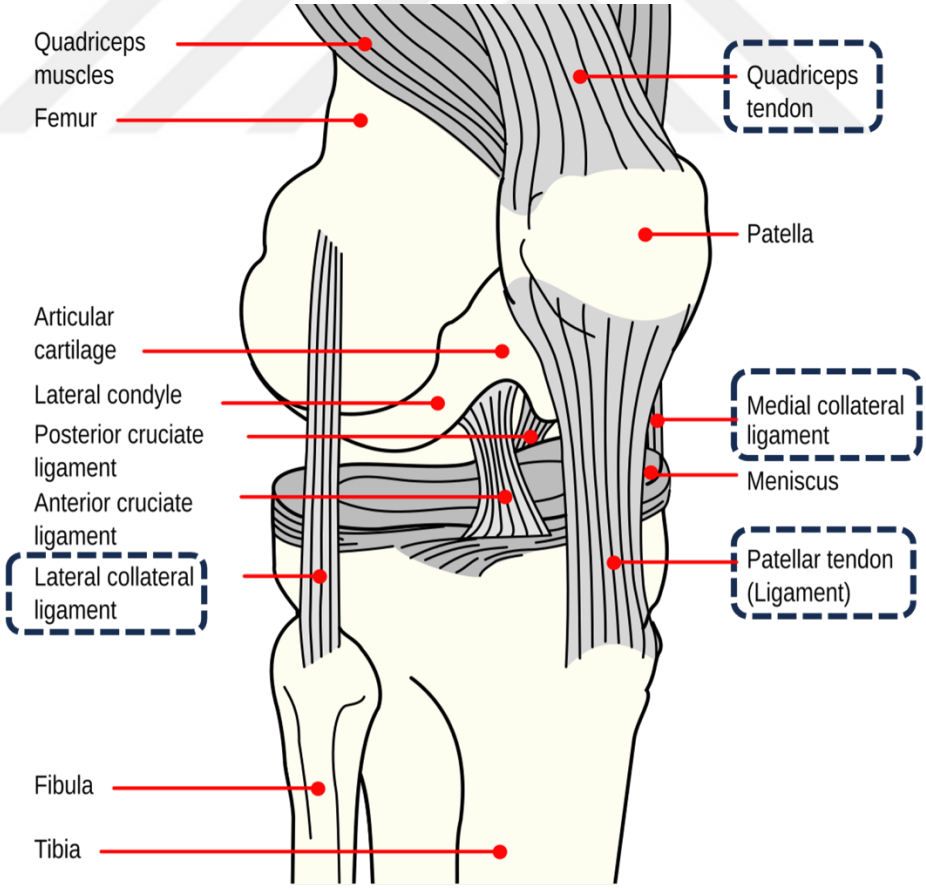
Şekil 10. Diz ekleminin intrakapsüler bağları

2.1.6.2. Ekstrakapsüler bağlar

Diz eklemi yapısına katılan ve eklem kapsülü dışında seyreden bağlar ekstrakapsüler bağlar veya dış bağlar olarak isimlendirilmektedir [14]. Patellar tendon, medial ve lateral kollateral bağlar, ligamentum popliteum obliquum ve ligamentum popliteum arcuatum diz ekleminin dış bağlarını oluşturur [14, 22].

2.1.6.2.1 Ligamentum patella (patellar tendon)

Patellar tendon olarak da isimlendirilen ligamentum patella temelde quadriceps femoris kasının parçalarından biri olan rektus femoris tendonunun liflerinden meydana gelmekte olup patella inferior kutbundan tuberositas tibiaya doğru uzanım göstermektedir [21]. Her iki yan tarafta kalan vastus lateralis ve medialis kaslarının lifleri ise patellanın yan taraflarından aşağıya uzanıp eklem kapsülüne kaynaşmış şekilde tibia süperior ucun her iki yanına yapışır. Bu lifler retinakulum patella laterale ve mediale olarak isimlendirilir [28]. Normal uzunluğu patellanın kraniokaudal uzunluğuna benzer şekilde yaklaşık 8 cm'dir. Genişliği süperiordan inferiora doğru azalmakta olup süperiorda yaklaşık 3 cm, inferiorda yaklaşık 2 cm dir. Distal ve proksimal kesimlerde daha kalın, orta kesimde daha ince olan patellar tendon ortalama 5-6 mm kalınlıktadır [41, 42]. Patellar tendon ile derindeki sinovyal membran arasında infrapatellar yağ yastıkçığı (Hoffa yağ yastıkçığı) bulunur [28].



Şekil 11. Diz ekleminin ekstrakapsüler bağları (anterior bakı)

2.1.6.2.2. Ligamentum collaterale tibiale (mediale) (MKL)

Ligamentum collaterale tibiale dizin medial tarafında yer alan üçgen düz bir bant şeklindedir ve dizin medial kapsüloligamentöz kompleksinin bir parçasını oluşturur. Yaklaşık 8-10 cm uzunluğunda olan medial kollateral ligaman 2 tabakadan oluşmaktadır [43]. Tibial kollateral ligaman ya da medial kollateral ligamanın vertikal parçası olarak da bilinen süperfisiyal MKL dizin medial kapsüloligamentöz kompleksinin orta tabakasının bir parçasıdır [39]. Superiorda femur medial epikondili posterioruna, inferiorda ise tibianın medial kondiline tutunur [16]. Derin MKL ise dizin medial kapsüloligamentöz kompleksinin derin tabakasının bir parçasıdır ve eklem kapsülünün kalınlaşması ile meydana gelir [16, 21]. Medial kollateral ligaman ayrıca medial menisküse de fibröz kapsül vasıtasıyla tutunmaktadır. Temel fonksiyonu dizi valgus stresine karşı korumak ve dizin aşırı ekstansiyonunu önlemektir [43].

2.1.6.2.3. Ligamentum collaterale fibulare (laterale) (LKL)

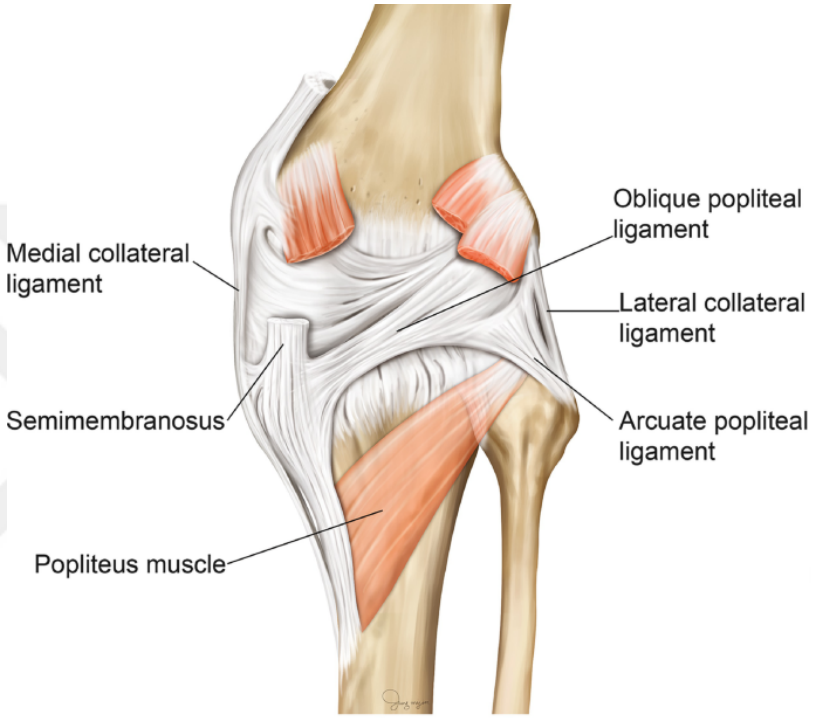
Ligamentum collaterale fibulare dizin lateral tarafında yer alır ve posterolateral köşenin bir kısmını oluşturur [16]. Yaklaşık 5 cm uzunluğundadır [44]. Dizin lateral kısmında bulunan yapılar 3 tabakaya ayrıldığında lateral kollateral ligamanın derin tabakada olduğu görülmektedir. Superiorda lateral femoral kondil posterioruna, inferiorda ise caput fibula üst ucu anterioruna yapışmaktadır [16]. Medial kollateral ligamanın aksine lateral menisküs veya eklem kapsülü ile doğrudan bağlantısı bulunmayan lateral kollateral ligaman daha esnek olup yaralanmaya karşı daha az duyarlıdır [44]. N. peroneus communis ile komşudur. Temel fonksiyonu dizi varus stresine karşı korumaktır [45].

2.1.6.2.4. Ligamentum popliteum obliquum

Posteromedial köşenin ana bileşenlerinden biri olan bu bağ eklem kapsülünü güçlendirerek temelde görevi dizde aşırı hiperekstansiyonu ve dış rotasyonu önlemektedir [46]. M. semimembranosus tendonunun bir uzantısı olan bu bağ, medial tibial kondilin posteriorundan süperolaterale doğru uzanarak lateral femoral kondile yapışır [47]. Bağın arka tarafından popliteal arter geçmektedir [16].

2.1.6.2.4. Ligamentum popliteum arcuatum

Posterolateral ligamentöz kompleksin bileşenlerinden biri olan bu bağ posterolateral eklem kapsülünün Y şeklindeki kalınlaşmasıdır [48]. Bu bağın bir ucu kaput fibulaya, bir ucu tibia area interkondylaris posteriora, üçüncü bir uç ise femur lateral epikondiline tutunur. Eklem kapsülünü posterordan güçlendirir [49].



Şekil 12. Diz ekleminin ekstrakapsüler bağları (posterior bakı)

2.1.7. Menisküsler

Diz eklemindeki menisküsler femoral kondiller ile tibial platolar arasında yer alan, C şeklindeki fibrokartilaj yapılardır [14]. Lateral ve medialde birer adet bulunan menisküsler temelde bir amartisör işlevi görürler [50]. Kısmen konkav olan femoral kondiller ile nispeten düz olan tibial platolar arasındaki temas yüzeyini derinleştirip, eklem yüzleri üzerine binen ağırlık ve yükün dağılmasını sağlayarak diz stabilizasyonunda önemli rol oynarlar. Eklemde kayganlaştırıcı etki yaparak sürtünmeyi azaltır ve eklem yüzlerindeki erozyon ve deformasyonu önlerler [18]. Ayrıca menisküsler içerisinde bulunan mekanoreseptörler vasıtasıyla propriyoseptif duyuların algılanmasına ve vücut dengesinin sağlanmasına katkıda bulunurlar [51].

C şeklindeki menisküsler uzun eksende üç segmente ayrılmaktadır: Anterior boynuz, gövde ve posterior boynuz. Ayrıca anterior ve posterior boynuzun yapışma yerleri de ön ve arka kök olarak isimlendirilmektedir [52]. Menisküslerin anterior uçlarını birbirine bağlayan ligamentum tranversus genu bulunmaktadır [28]. Periferde daha kalın olan menisküsler santrale doğru giderek incelmektedir. Periferde kalınlıkları ortalama 4-7 mm'dir [52]. Menisküsler anterior ve posterior uç kesimleri ile tibiaya; periferik kısımları ile de eklem kapsülüne yapışmaktadır. Menisküslerde vaskülarizasyon lateral ve medial genikulat arterlerden sağlanmaktadır [53]. Erişkinlerde menisküsler, avasküler zon olarak isimlendirilen ve kapsülden 5 mm'den fazla uzaklıkta olan internal zon, hipovasküler bölge olarak isimlendirilen kapsülden yaklaşık 3-5 mm uzaklıkta bulunan orta zon ve vasküler zon olarak da isimlendirilen kapsül ile arasında 3 mm'den az uzaklık bulunan periferik zondan oluşmaktadır [54].

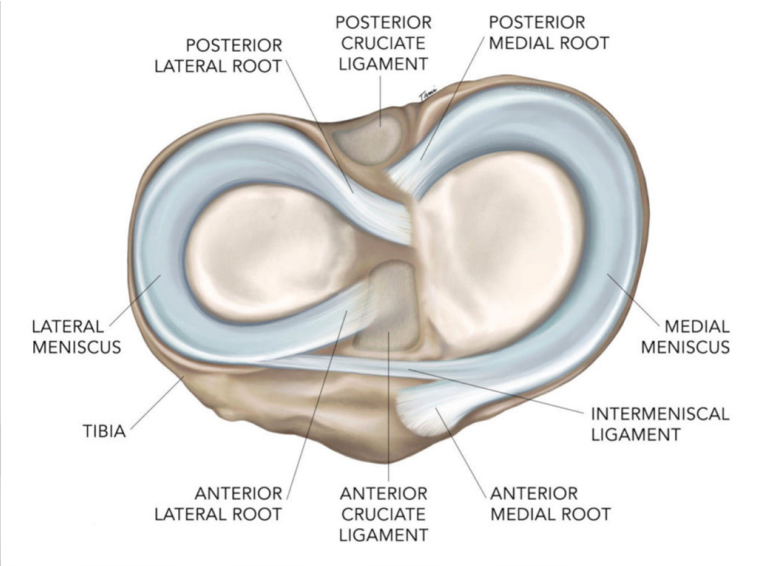
2.1.7.1. Medial menisküs

Lateral menisküs ile kıyaslandığında daha büyük olan medial menisküs eklem kapsülüne de daha sıkı yapışıktır. Bu sebeple mobilitesi daha az olan medial menisküste yırtık görülme ihtimali lateral menisküse oranla belirgin daha fazladır [14]. Anterior boynuz, posterior boynuz ve gövdeden meydana gelmektedir. Anterior boynuz posterior boynuzdan belirgin küçüktür. Anterior boynuz area interkonylaris anteriora ve ÖÇB'ye, arka boynuz ise area interkondilaris posterior ve AÇB'ye yapışıktır [51]. Medial menisküs medial kollateral ligamanın derin parçası tarafından oluşturulan meniskofemoral ve meniskotibial ligamanları da içeren koronal bağlar ile femur kondiline ve tibial platoya tutunmaktadır [53].

2.1.7.2. Lateral menisküs

C şeklindeki medial menisküsün aksine lateral menisküs kısmen O şeklindedir, ön ve arka kökler birbirine yakın seyretmektedir [14]. Medial menisküsten hacimsel olarak daha küçük olan lateral menisküste, medial menisküsün aksine anterior ve posterior boynuzlar yaklaşık eşit boyutlardadır [51]. Anterior boynuz, posterior boynuz ve gövde kısımlarından meydana gelir. Eklem kapsülüne gevşek bir şekilde

tutunur, bu sebeple mobilitesi fazladır [14]. Ön boynuzu area interkonylaris anteriora, posterior boynuz ise area interkondilaris posteriorun ön kısmına yapışıktır [52].



https://coloradosportsdoctor.com/meniscal-

Şekil 13. Lateral ve medial menisküs anatomisi

2.1.8. Diz Ekleminin Kanlanması ve İnnervasyonu

Diz eklemini oluşturan yapıların hemen tümünün arteryel beslenmesi popliteal ve zaman zaman femoral arterin dalı olan genikular arterlerden ve bunların terminal dallarının oluşturduğu ‘’rete articulare genus’’ ve ‘’rete patellare’’ olarak isimlendirilen yoğun anostomoz ağından sağlanmaktadır. Bu bölgede bulunan kaslar dışındaki diğer yapıları besleyen artiküler dallar şunlardır: süperomedial, süperolateral, inferolateral, inferomedial ve orta genikular arterler. Venöz drenaj ise anterior tibial ven ve popliteal ven ile femoral vene olmaktadır [14, 15, 18].

Diz ekleminin duyusal ve motor innervasyonu ise femoral, obturator, tibial ve ortak peroneal sinir vasıtasıyla sağlanmaktadır [39, 55].

2.2. STRES FRAKTÜRLERİ

Stres fraktürü tüm yaş gruplarında ve her iki cinsiyette ortaya çıkabilen yaygın bir klinik durumdur [2]. Stres fraktürü tarihte ilk olarak 1855 yılında Prusyalı bir cerrah

olan Breithraupt tarafından Prusyalı askerlerde çok kullanmaya bağlı olarak ortaya çıkan metatars fraktürlerini tanımlamak için kullanılmıştır [56]. Tariflenen bu fraktürler herhangi bir travma öyküsü olmayan ancak buna rağmen ayaklarında sürekli ağrı tarifleyen askerlerde ortaya çıkmıştır. Sonrasında radyografinin kullanımı ile ayak ağrısı olan askerlerde ‘’march fraktürü’’ olarak tanımlanan metatarsal şaft fraktürleri ortaya konmuştur [56]. Bu tarihten yaklaşık 100 yıl kadar sonra ise koşucularda stres kırıkları tanımlanmaya başlanmıştır. Görüntülemede ortaya çıkan gelişmelerle birlikte o günden bu yana stres kırığı tanısı konulan hasta sayısı her geçen gün artış göstermiştir.

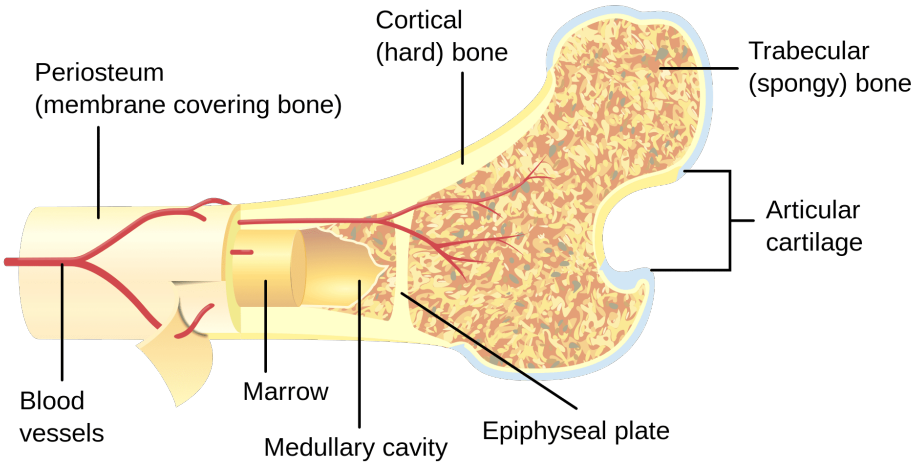
Stres fraktürleri normal organizasyona sahip bir kemikte veya organizasyonu anormal olan bir kemikte; belirli bir alanda, normalde kemikte tam bir fraktüre sebep olamayacak kadar şiddetsiz yüklenmelerin veya uzamış ve tekrarlayıcı mekanik güçlerin ortaya çıkardığı fraktürlerdir [2]. Stres fraktürleri birbirine tümüyle zıt patofizyolojik süreçlerle ortaya çıkan 2 temel gruba ayrılmaktadır. Yorgunluk kırığı olarak isimlendirilen stres fraktürleri; normal organizasyona sahip kemik üzerine anormal ve tekrarlayıcı yük binmesi neticesinde ortaya çıkarken, yetmezlik ya da yetersizlik fraktürü olarak tanımlanan stres fraktürleri anormal konfigürasyon veya yapıdaki kemik üzerine normal yük binmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır [1].

2.2.1. Patofizyoloji ve Epidemiyoloji

Benzer sonuçlarla ortaya çıkan ve stres fraktürü olarak tanımlanan birbirine zıt bu iki antitenin patofizyolojisinin bilinmesi önemlidir. Çünkü bu iki durumun patofizyolojisinin bilinmesi benzer sonuçlarla klinisyene başvuran hastaların doğru tanı almasını, uygun ve etkin tedaviye ulaşmalarını sağlayacaktır.

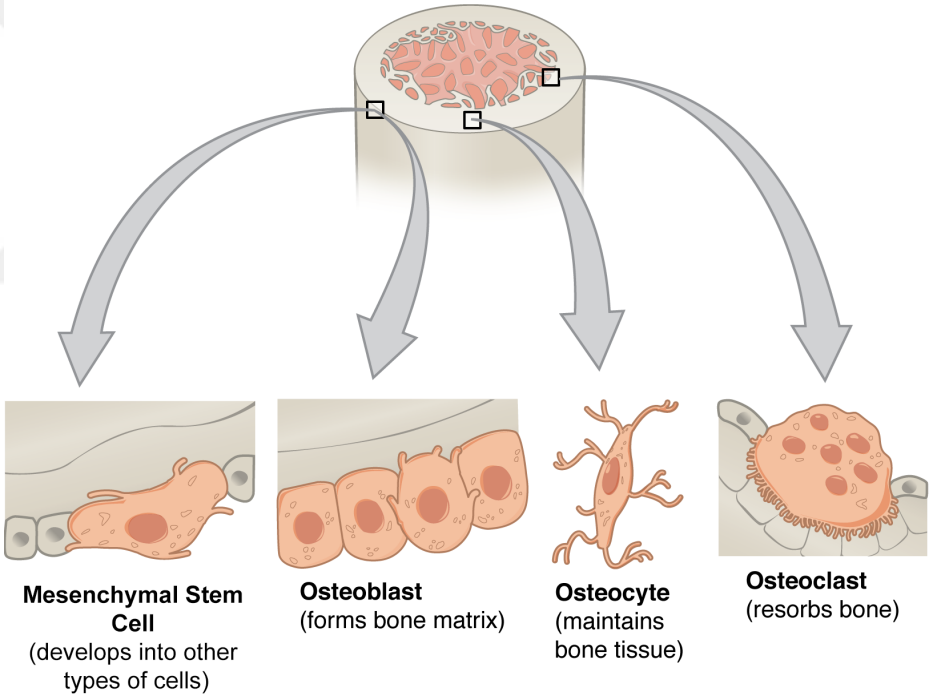
Daha önce de tanımladığımız gibi stres fraktürleri etkilenen kemiğin durumuna göre iki temel gruba ayrılmaktadır. Normal organizasyona sahip kemiklerde ortaya çıkan yorgunluk kırıkları ve osteopenik kemiklerde ortaya çıkan yetmezlik ya da yetersizlik kırıkları [2, 57].

Stres fraktürlerinin oluşum mekanizmasını ve patofizyolojisini anlayabilmek için öncelikle normal kemik yapısının, organizasyon ve fizyolojisinin bilinmesi ve anlaşılması önemlidir. Yetişkinlerin kemik kütlesinin büyük çoğunluğunu oluşturan lameller kemik temelde 2 ana kemik türünden oluşmaktadır. Bunlar daha sert ve yoğun olan kortikal (kompakt) kemik ile daha az yoğun ve yeniden şekillenme kabiliyeti daha fazla olan süngerimsi (kansellöz-trabeküler) kemiktir [58]. Vücutta bulunan kemiklerin büyük çoğunluğu (yaklaşık % 80) kortikal kemik türünde iken; %20 kadarı trabeküler kemik paternindedir [2]. Kortikal kemik genel olarak uzun kemiklerin diafizal bölgelerinde bulunmakla birlikte vertebra gibi kuboid kemiklerin ‘’kabuk’’ olarak tanımlanan kompakt kısımlarını da oluşturmaktadır. Kortikal kemiklerin aksine trabeküler kemikler ise uzun kemiklerin metafizyal bölgelerinde ve vertebra gibi kuboid yapıdaki kemiklerin merkezinde yer almaktadır. Trabeküler ya da kansellöz kemik kortikal kemiğe oranla belirgin olarak daha az yoğun, daha boşluklu ve turn-overi daha hızlıdır. Bu sebeple mekanik strese yeniden şekillenme cevabı kortikal kemiğe oranla daha fazladır [2, 58]. Buna bağlı olarak stres fraktürleri çoğunlukla kortikal kemikte ortaya çıkmaktadır. Kemiklerde yük taşıma işini genel olarak dışarıda pozisyonlanan ve kemiği dışarıdan saran kortikal kemik üstlenmekle birlikte trabeküler kemik de yükün paylaşılmasında vazifelidir. Ayrıca trabeküler kemik boşluklarında bulunan kemik iliğinin kan hücresi üretimi ve metabolik fonksiyonların yönetimi gibi pek çok vazifesi bulunmaktadır [59].



Şekil 14. Trabeküler ve kompakt kemik yapısının şematik gösterimi

Kemik yapısı içerisinde Tip 1 kollajeninde yer aldığı intersellüler matriks materyalleri gibi dolgu malzemelerinin yanında kemik döngüsü olarak isimlendirilen siklusta yer alan 3 temel hücre de bulunmaktadır. Bunlar osteoblastlar, osteoklastlar ve osteositlerdir [2]. Dediferansiye mezenşim hücrelerinden gelişen ve tip 1 kollajen ile birlikte matriks proteinlerinin sentezini gerçekleştiren osteoblastlar kemiğin yapıcı hücreleridir. Kemik yapımında temel rol alan osteoblastlar kemik döngüsünü düzenleyen parathormon, D vitamini gibi parankimal uyaranlar için çeşitli reseptörler taşımaktadır. Görevini tamamlamış ve kemik matriksi içerisinde hapsolmuş osteoblastik hücreler ise osteositlerdir ve kemik mineral dengesinin sağlanmasında görev alırlar. Hematopoetik kök hücreden gelişen osteoklastlar ise kemik matriksin yıkıcı hücreleridir ve kemik rezorbsiyonunda fonksiyoneldir [60].



Şekil 15. Kemik hücrelerinin şematik gösterimi

Kemik her ne kadar çeşitli hücreler içeriyor olsa da daha önce de tanımlandığı gibi sert ve büyük oranda boşluksuz bir yapıdır. Beton, ahşap vb. yapı malzemelerine benzemektedir ve onlar gibi Wollf yasasına uygun hareket eder [61]. Kemik üzerine herhangi bir mekanik güç uygulanmaya başlandığında, kemik yapı üzerindeki stres arttıkça kemik deforme olmaya başlar; ancak bu stres kemiğin esneklik sınırları

içerisinde kaldıkça kemik orijinal konfigürasyonuna dönebilir. Elastik aralığın üzerindeki mekanik güç ve stresler ise kemiğin plastisite kabiliyetini aşarak kemikte kalıcı hasar ve mikrokırıklar oluşturur. Esneklik aralığı üzerindeki bu mekanik streslere tekrarlayan maruziyet sonucu ortaya çıkan çatlaklar kortikal kemikte bir devamsızlık oluşturur. Oluşan bu devamsızlık ise stres fraktürünü meydana getirir [61, 62].

2.2.1.1. Yorgunluk kırıkları

Stres fraktürlerinin iki alt grubundan birisi olan yorgunluk kırıkları, normal kemik üzerine anormal bir gücün tekrarlı uygulanması neticesinde ortaya çıkmaktadır. Spor faaliyetleri veya aktiviteler sırasında genellikle osteoklastik aktivite yani kemik rezorbsiyonu osteoblastik aktiviteden yani kemik yapımından daha öndedir. Yorgunluk kırıklarının da genel olarak spor faaliyetlerinin veya aktivitelerin frekansının, şiddetinin veya süresinin birden arttığı zaman dilimlerinde ortaya çıktığı görülmektedir. Bu sebeple yorgunluk fraktürü türündeki stres kırıklarının daha immobil yaşlı bireylere nazaran daha genç aktif bireylerde görülme sıklığı çok daha fazladır. Askerler, sporcular ve dansçılar yorgunluk fraktürlerinin en sık görüldüğü popülasyondur [57].

Yorgunluk fraktürlerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayan risk faktörleri iki ana gruba ayrılmaktadır. Ekstrinsik (dışsal) ve intrinsik (içsel) risk faktörleri [58]. Ekstrinsik risk faktörleri arasında; antrenman süresi ve sıklığı, kullanılan antrenman materyali (ayakkabı), spor yapılan yüzeyin özellikleri ve aktivite türü yer almaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda uzun antrenman sürelerinin ve uzun mesafeli antrenmanların yorgunluk kırığı insidansını arttırdığı gösterilmiştir. Günde 5 saatten daha fazla antrenman yapan dansçılarda ve haftada 40 mil ya da 67 km'den fazla koşu yapan atletlerde yorgunluk fraktürü sıklığının daha kısa süreli veya daha kısa mesafe egzersiz yapanlara oranla çok daha fazla olduğu ortaya konulmuştur [63].

Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda yapılan aktivite veya spor türünün de yorgunluk kırığının lokalizasyon ve sıklığını etkilediği ortaya konmuştur. Örneğin uzun atlama, engelli koşu veya kısa mesafe koşu sporcularında sporcuların ayak kemiklerinde daha çok yorgunluk kırığı görülürken uzun mesafe koşucularında alt

ekstremitenin uzun kemiklerinde ve pelvik kemiklerde yorgunluk kırığı olduğu görülmüştür [64, 65].

İntrinsik faktörler ise aktiviteyi gerçekleştiren bireyin yaş, cinsiyet, ırk, kondisyon durumu gibi kişisel özellikleridir [58, 66]. Bunun dışında bireye ait kas iskelet sistemi ile ilgili biyomekanik faktörler de intrinsik risk faktörleri içerisinde değerlendirilebilir. Yapılan pek çok çalışma kadınların erkeklere oranla daha fazla yorgunluk fraktürüne sahip olduğunu ortaya koymuştur [2]. Bunun sebebinin; yeme bozukluğu, amenore ve osteoporozdan oluşan kadın atlet triadı olabileceği düşünülmektedir. Çünkü birçok çalışma yorgunluk kırıklarının amenore ya da hipomenoresi bulunan kadınlarda çok daha sık olduğunu göstermiştir [64, 65]. Daha az kemik genişliği ve daha yavaş nöromüsküler ileti hızı da kadınları yorgunluk fraktürü açısından dezavantajlı hale sokmaktadır [67].

Yorgunluk kırıkları genellikle vücudun yük taşıyan kemikleri olan alt ekstremite kemiklerinde ortaya çıkmaktadır. Kemiklerde yorgunluk kırığı çıkma oranları sıklığı ile birlikte şu şekildedir: tibia (%33), tarsal arkı oluşturan kemikler (%20), metatarslar (%20), femur (%11), fibula (%7) ve pelvik kemikler (%7) [68]. Kadınlarda artan yorgunluk kırığı insidansının yanı sıra kemik dağılımı da farklıdır. Kadınlarda pelvik kemikler ve metatarslar daha sık etkilenirken, fibulada daha az yorgunluk fraktürü görülmektedir [69]. Ayrıca her iki cinsiyet için de geçirilmiş operasyonlar, bazı deformiteler (pes planus, kavus, genu varum vb), kas zayıflığı ile giden hastalıklar, ekstremite uzunluk bozuklukları gibi faktörler de yorgunluk kırığı insidansını ve lokalizasyon dağılımını etkilemektedir [70]. Çünkü tüm bu faktörler alt ekstremitenin biyomekaniğini ve yük dinamiğini değiştirmektedir. Üst ekstremite yorgunluk kırıkları alt ekstremiteye oranla nadirdir. Jimnastik, beyzbol veya hentbol yapan sporcularda ortaya çıkabilir. Genellikle etkilenen kemikler yapılan spor türüne göre değişmekle birlikte; klavikula, skapula, birinci kosta, proksimal humerus, medial epikondil, olekranon, radius distali ve nadiren de karpal ve metakarpal kemikler etkilenen kemiklerdir [71].

2.2.1.2. Yetersizlik kırıkları

Stres fraktürlerinin iki alt grubundan ikincisi olan yetersizlik kırıkları ise çeşitli sebepler ile anormal olarak zayıflamış kemik üzerine normal bir gücün uygulanması neticesinde ortaya çıkmaktadır [61]. Kemik organizasyonunun bozulması ve kemik yapısının zayıflamasının en sık sebebi primer veya sekonder osteoporozdur [2, 61]. Primer osteoporoz sebepleri şu şekilde sıralanabilir: idiyopatik osteoporoz, postmenopozal osteoporoz, osteogenezis imperfekta gibi metabolik hastalıklar, yaşlılık. Sekonder osteoporoz sebepleri ise: romatoid artrit, hiperparatiroidizm, renal osteodistrofi, glukokortikoid tedavisi, östrojen/testosteron eksikliği ve endokrin, nutrisyonel, hematolojik ve kalıtsal bozukluklar [61]. Yetmezlik fraktürü için osteoporoz dışında pelvik ışınlama, total kalça protezi, C ve D vitamini eksiklikleri ve yüksek doz florür/bifosfonat tedavisi yer almaktadır [72]. Bu durumlarda kemik trabeküllerinin kaybı ile kemik esnekliği azalıp kemiğin elastik direncini düşürür. Yapılan biyomekanik çalışmalar kemikte %20' lik poroz oluşumunun kemik gücü/direncinde belirgin azalmaya sebep olduğunu göstermiştir ve 65 yaş üstü hastalarda % 46 oranında bu düzeyin üzerinde poroz bildirilmiştir [73]. Yaş ile ortaya çıkan sarkopeni ile birlikte kemik direnci iyice azalmakta ve kemik çatı mekanik güçlere ve yüklere karşı dirençsiz hale gelmektedir [2]. Hem osteoporoz hem de osteomalazi prevalansı yaşla birlikte artmaktadır ve 90 yaşın üzerindeki hastaların %71'inde osteoporoz, %29'unda ise osteomalazi saptanmıştır [61]. Bu sebeplerle yorgunluk kırıklarının aksine yetersizlik fraktürlerinin postmenopozal kadınlar başta olmak üzere yaşlı popülasyonda görülme sıklığı gençlere nazaran çok daha fazladır.

Ayrıca yetmezlik kırıkları nadiren de olsa genç kadınlarda gebelik periyodu sırasında veya postpartum dönemde de görülebilmektedir. Bu zaman dilimlerinde hem hormonal faktörlerin etkisi hem de mekanik etkenler kemik yapısını ve üzerine binen yükü değiştirmekte ve bu sebeple pelvik kemikler başta olmak üzere çeşitli kemiklerde yetmezlik kırıkları ortaya çıkabilmektedir [74]. Pek çok hastalığın tedavisinde kullanılan bifosfonatların uzun süreli kullanımı da artmış kırılganlığa sahip dirençsiz bir kemik dokusu ortaya çıkarmakta ve yetmezlik kırıklarına sebep olabilmektedir [75].

Yetersizlik kırıkları en sık sakrum da dahil olmak üzere pelviste, ardından femur proksimal kesimde ve özellikle alt torasik ve lomber vertebralar olmak üzere vertebra korpuslarında görülür. Yetmezlik kırıklarından sıklıkla etkilenen diğer bölgeler tibia, fibula ve kalkaneustur. Femur şaftının yetersizlik kırıkları nadirdir [61].Stres fraktürlerinin iki ana grubu olan yorgunluk ve yetmezlik kırıkları arasındaki temel farklar Tablo 1' de özetlenmiştir.

Tablo 1. Yorgunluk ve yetmezlik kırıklarının karşılaştırılması

	Yorgunluk Kırıkları	**Yetmezlik Kırıkları**
Epidemiyoloji	Genç, atlet; kadın>erkek	Yaşlı, düşük BMI; kadın>erkek
Patofizyoloji	Normal kemik üzerine uygulanan anormal kronik stres sonrası ortaya çıkar	Zayıf kemik üzerine uygulanan normal stres sonrası ortaya çıkar
Yaygın Lokasyonlar	Tibia, fibula, metatars, femur boynu, pubic ramuslar, kalkaneus, naviküler kemik	Sakrum, pubik ramuslar, femur başı, femur kondili

2.2.2. Klinik Prezentasyon

Yorgunluk kırıkları genel olarak aktivite sırasında ortaya çıkan, aktivite ile şiddetlenen ağrı ve hassasiyet ile prezente olmaktadırlar [2]. Ağrı ve noktasal hassasiyet tipik olarak istirahatle birlikte azalıp hafiflerken, aktiviteye devam edilmesi veya aktivite şiddetinin arttırılması durumunda giderek artar. Düzenli veya aralıklı olarak spor yapan hastalarda tariflenen ağrının antrenman şiddeti ve süresinin uzadığı yahut yoğunluğunun arttığı periyoda denk geldiği görülmektedir [76]. Yorgunluk kırıkları mekanik güce karşı direnç göstermek durumunda olan hemen hemen her kemikte meydana gelebilir, ancak kırıkların %95' inden fazlası alt ekstremite kemiklerinde ortaya çıkmaktadır [77].

Yorgunluk kırıkları ile benzer şekilde ağrı ve hassasiyet ile prezente olan yetmezlik kırıkları ise yaşlılıklarda sıklıkla pelvis ve sakrum kemikleri ile vertebra korpuslarında ortaya çıkmakta olup sıklıkla bel, kalça ve kasık ağrısı olarak klinik bulgu verirler[76]. Yük taşıyan uzun kemiklerde görülen subkondral yetersizlik kırıkları ise travma olmaksızın veya sadece minör travmayı takiben ani başlayan şiddetli ağrı ile ortaya çıkabilir.

2.2.3. Stres Fraktürlerinde Görüntüleme

Stres kırıklarının değerlendirilmesinde kullanılan çok sayıda görüntüleme tekniği bulunmaktadır. Birbirinden farklı özelliklere sahip olan ve farklı faydalar sağlayan bu tekniklerin uygun ve sıralı kullanımı stres fraktürlerini değerlendirme, tedavisini yönlendirme ve olası sonuçları ön görmede oldukça faydalıdır. Lokalize kemik ağrısı ile gelen hastlarda direkt radyografiler kullanılabilecek ilk görüntüleme yöntemidir. Radyografiler ile sonuca ulaşılamayan vakalarda ise lokalize ağrının devamı halinde çok kesitli bilgisayarlı tomografi (BT) ya da manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile değerlendirme uygundur. BT ortaya koyduğu ince kesitli yüksek çözünürlüklü görüntüler ile multiplanar yapılandırmaya, radyografilerde karşılaşılan pek çok artefaktların azaltılması veya kaybolmasına ve ince kırık hatlarının görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Son yıllarda eskiye oranla önemli ölçüde azalmış olmasına rağmen, BT tetkiki halen yüksek miktarda iyonizan radyasyon içermektedir ve bunun getirdiği bazı riskler bulunmaktadır. Diğer bir kesitsel inceleme yöntemi olan ve çok yüksek yumuşak doku çözünürlüğü sunan MRG ise iyonizan radyasyon içermemekte olup bu açıdan daha güvenilirdir. Ayrıca MRG'nin stres fraktürleri konusunda sensitivitesi diğer tetkiklerden çok daha yüksek olup kırığın etiyolojisinin anlaşılması açısından da en etkili görüntüleme yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Ancak MRG stres kırıklarını, kemik iliği değişikliklerini ve komşu yumuşak doku ödemini saptamada çok hassas olmasına rağmen, kırık hattı ve tipik bir öykü yoksa yanıltıcı da olabilmektedir. Stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer tetkik olan kemik sintigrafisinin duyarlılığı oldukça yüksek olmasına rağmen spesifitesi düşüktür. Atipik radyonüklid tutulum paternlerinin varlığı ve anormal tutulumun kırık oluştuktan birkaç ay sonra da devam edebiliyor olması değerlendirmeyi zorlaştıran etkenlerdir. Diğer pek çok klinik alanda

yaygın kullanım alanına sahip ultrasonografinin stres fraktürü değerlendirmede yeri yok denecek kadar azdır. İyonizan radyasyon içermeyen ve kolay ulaşılabilir bir tetkik olan ultrasonografi ile cilt, cilt altı yumuşak doku planları, kaslar ve bursa-resesler değerlendirilebilirken teknik sebeplerle kemik değerlendirilmesi oldukça sınırlıdır. Ultrasonografinin pratikteki yeri yumuşak doku planlarını (kas, ligaman vb.) değerlendirmek ve bursa-resesleri ilgilendiren patolojileri dışlamaktır [77, 78].

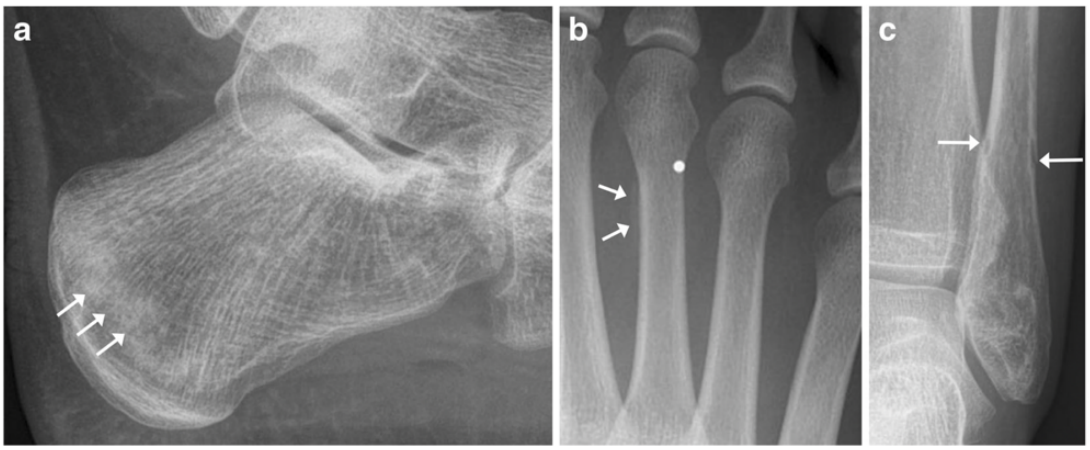
2.2.3.1. Direkt radyografi

Direkt radyografi lokalize ağrı ile gelen hastalarda kemik yapısının değerlendirilmesinde ilk tercih edilen, yaygın olarak kullanılan ve kolay ulaşılabilen, kısa tetkik süresine sahip modalitedir. Her ne kadar yumuşak doku lezyonlarının değerlendirilmesi konusunda büyük sınırlılığa sahip olsa da kemik ve kalsifikasyon ya da yabancı cisim varlığını değerlendirmede oldukça faydalıdır. İyonizan radyasyon (X ışını) temelli bir tetkik olan radyografi ile iki boyutlu görüntüler elde olunduğu için 3 boyutlu değerlendirme yapmak mümkün olmamaktadır. Farklı projeksiyonlarda ve pozisyonlarda alınan grafiler ile lezyon/fraktür varlığı ve pozisyonu genel olarak belirlenebilmektedir.

Kas iskelet sistemi yaralanmalarında, ağrı varlığında ve stres fraktürü şüphesi halinde direkt radyografi görüntülemede ilk basamağı teşkil etmektedir [2]. Sınırlılıkları sebebiyle stres fraktürünün erken döneminde direkt radyografilerin duyarlılığı oldukça azdır ve stres kırığı/hasarı varlığında radyografiler tümüyle normal olabilir. Erken dönemde radyografinin stres fraktürü için duyarlılığı % 15 kadar az iken, takip grafilerde ise vakaların yalnızca % 50’ sinde tanısal bulgular ortaya çıkmaktadır [79]. Özellikle osteoporoz ve osteopeni varlığında radyografi ile tanı koymak ve değerlendirme yapmak daha da zorlaşmaktadır. Bu durumda klinik kuşku varlığında stres fraktürü açısından daha duyarlı ve spesifik MRG veya sintigrafi gibi görüntüleme yöntemleri kullanılmalıdır [2].

Duyarlılığı düşük olmakla birlikte stres fraktürü varlığında direkt radyografi tetkikinde saptanması olası bulgular şunlardır: kırığa karşılık gelen trabeküllere dik oryantasyonda ince lineer sklerotik çizgi, endosteal veya periostal reaksiyon, üst üste

binmiş periost reaksiyonu ile birlikte kortikal kırık hattı, kemik ekspsansiyonu ve kallus formasyonu [76]. İnce skletorik çizgi özellikle kalkaneus veya femur boynu gibi kansellöz kemiklerin bulunduğu lokalizasyonlarda görülür [6]. Tarifli radyografik bulgular stres fraktürünün evresine ve grafinin kemik remodelling spektrumunun hangi evresinde elde olunduğuna bağlıdır. Stres fraktürü varlığında elde olunan takip radyografiler kırığın gelişimini gösterebilir ve ayırıcı tanı konusunda faydalıdır [6].



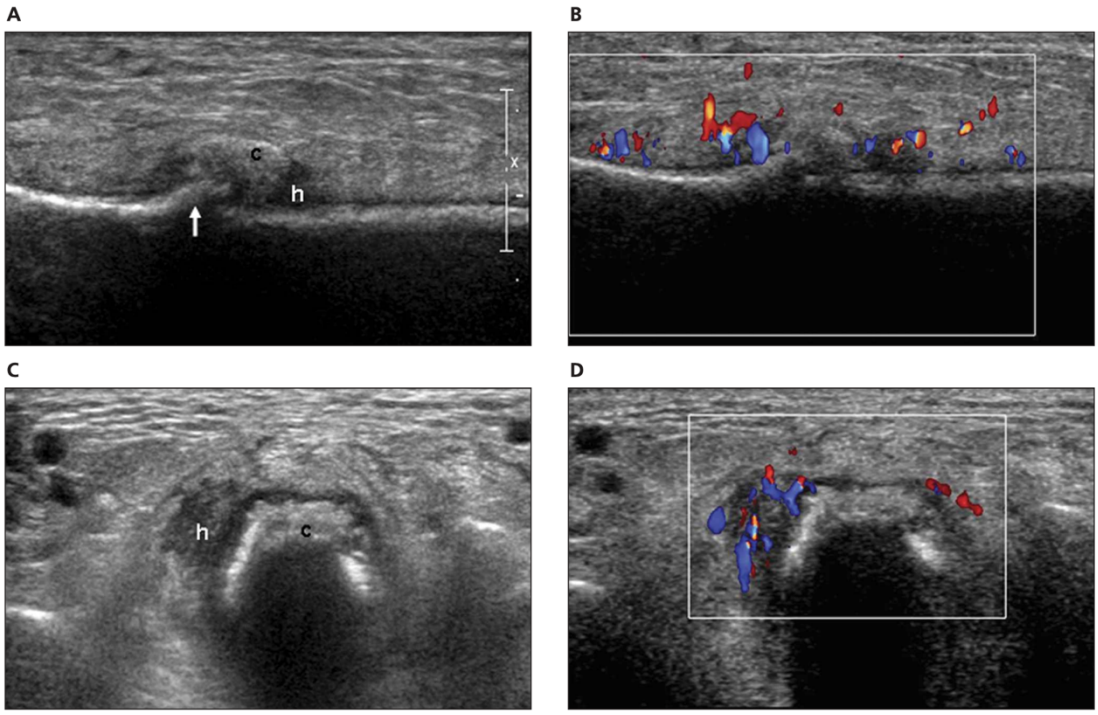
Şekil 16. 3 farklı hastada stres fraktürlerinin radyografi bulguları

a. Lateral radyografide kalkaneusta trabeküllere dik oryantasyondaki stres fraktürüne ait sklerotik hat b. Ayakta 3. metatarsta medial kortekste stres fraktürüne ait periost reaksiyonu görünümü c. Lateral ve medial fibular kortekste stres fraktürüne ait lüsensiler [80]

2.2.3.2. Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografi iyonizan radyasyon içermeyen, kolay ulaşılabilir, ucuz bir görüntüleme yöntemi olup kemik değerlendirmede yeri oldukça sınırlıdır. En büyük sınırlılıklarından biri operatör bağımlı olmasıdır. Temel çalışma prensibi ses dalgalarının farklı dokular ile karşılaştığında farklı tepkiler göstermesine dayalı olarak görüntü elde edilmesi olan USG'nin derin dokuları değerlendirmede duyarlılığı oldukça düşüktür. Stres fraktürü değerlendirmede yeri yüzeysel kemikler ve kemiğin korteksi ile sınırlı olup kortikal devamsızlığı ve kallus formasyonu gelişmesi durumunda hipoekoik kallusu da gösterebilir [2]. Yapılan bir çalışmada USG'nin metatarsal stres fraktürlerinin tanısında başarılı şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir [81]. Ultrasonografi, ayrıca stres fraktürü şüphesi ile gelen hastalarda diğer olası

patolojilerin (bursit, bağ ve tendon hasarı, tendinit, tenosinovit vb.) dışlanmasında da rol oynamaktadır [82].



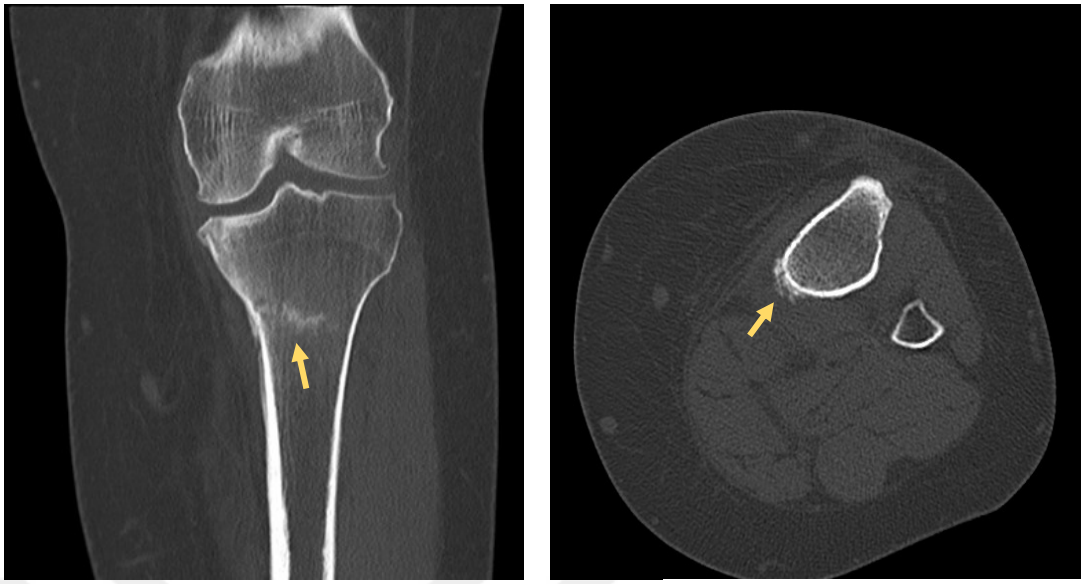
Şekil 17. Metatarsalji ile gelen 24 yaşındaki kadın hastada 2. metatars şaftının dorsal yüzünün longitudinal (A ve B) ve transvers (C ve D) akstaki sonografik görünümleri

Gri skala görüntüleri (A ve C) periosteal elevasyon (ok), kallus oluşumu (c) ve hipoekoik periosteal ve yumuşak doku hematomu (h) ile birlikte kortikal bir kırığın varlığını göstermektedir. Renkli Doppler görüntüleri (B ve D) periosteal elevasyon bölgesinde ve çevresindeki yumuşak dokuda belirgin artmış vaskülarizasyonu göstermekte [83].

2.2.3.3. Bilgisayarlı tomografi

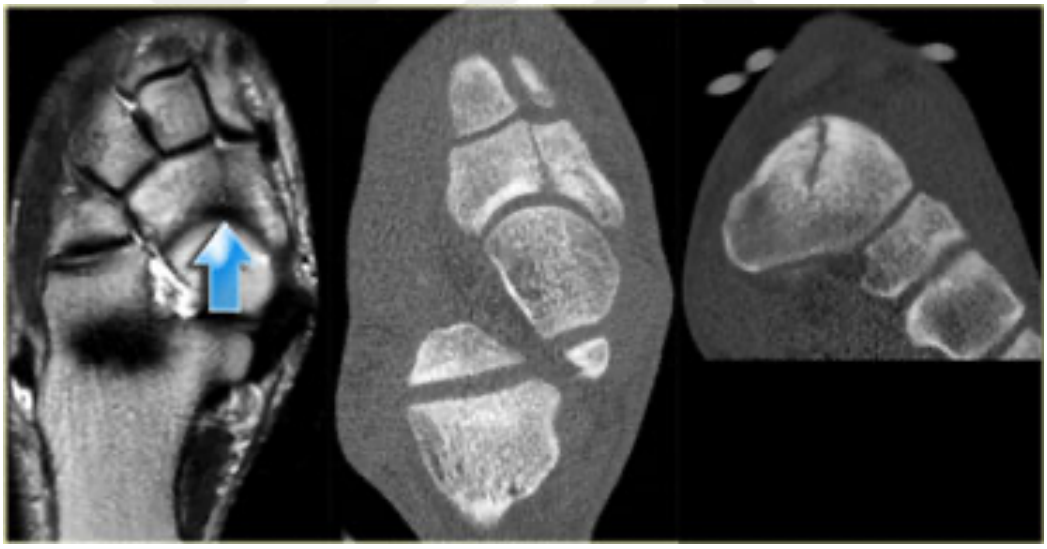
Direkt radyografi ile benzer bir mantıkla görüntü elde edilen ve iyonizan radyasyon içeren BT çok kesitli kesitsel incelemeye izin veren bir görüntüleme yöntemidir. MRG ye göre kısa tetkik süresi ve daha kolay ulaşılabilir olması BT'nin avantajlarındandır. Ancak iyonizan radyasyon içermesi özellikle gebe hastalarda ve pediatrik yaş grubunda kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca yumuşak doku ve kemik iliği değerlendirmedeki yetersizliği de kullanımı sınırlayan diğer faktörlerdir. Bununla birlikte çok ince kesit kalınlığına sahip görüntü elde edilebilmesi, elde olunan görüntüler üzerinden multiplanar görüntülemeye ve 3 boyutlu görüntülemeye izin vermesi BT'nin diğer tetkiklere üstünlükleri arasında sayılabilir.

Stres fraktürünün erken evresinde radyografide olduğu gibi BT'nin de stres yaralanmalarını ayırt etme yeteneği sınırlıdır. Bu dönemde MRG' ye ve sintigrafiye göre duyarlılığı belirgin düşüktür. Bununla birlikte daha ileri evre stres kırıklarında ve özellikle radyografinin yetersiz kaldığı bölgelerdeki yaralanmalarda BT'nin önemli katkısı bulunmaktadır. Stres fraktürlerinde BT'de saptanması beklenilen bulgular radyografi bulguları ile benzer olup şunlardır: skleroz artışı, yeni kemik olşumu, periost reaksiyonu ve uzun kemiklerde fraktür hatları [61]. Özellikle tibianın longitudinal stres kırıkları, navikular stres fraktürleri, vertebral pars interartikülaris defektleri ve sakrumdaki stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde BT'nin tartışılmaz katkısı bulunmaktadır [2, 6]. BT ayrıca radyografi, MRG veya sintigrafideki bulgular belirsiz olduğunda ve bu bağlamda bir kafa karışıklığı bulunduğunda problem çözücü olarak rol oynamaktadır. Buradaki esas katkısı ince kesit elde olunan görüntüler üzerinden yapılan değerlendirmede ince sklerotik veya lüsen kırık hatlarının ve periost reaksiyonunun tespit edilmesinde yatmaktadır. Ayrıca BT'nin stres fraktürleri ile osteoid osteoma ayırıcı tanısının yapılmasında önemli bir yeri vardır. Çünkü hem stres fraktürleri hem de osteoid osteoma radyografide skleroz artışı, MRG de ödem, sintigrafide ise artmış aktivite ile kendini gösterirken BT, osteoid osteomanın lüsen nidusunu göstererek bu iki antiteyi birbirinden ayırabilmektedir [6]. Ayrıca pediatrik yaş gurubunda tümör-stres fraktürü ayrımında BT önemlidir. Radyografilerde periosteal proliferasyon bulgusu olan hastalarda BT ile endosteal kemik formasyonunun görülmesi stres fraktürü tanısı ve tümöral lezyonlardan uzaklaşılması açısından önemlidir [84, 85].



https://radiopaedia.org/cases/proximal-tibia-stress-fracture

Şekil 18. Diz ağrısı ile gelen 40 yaşındaki kadın hastada proksimal tibianın BT görüntüsü



https://staging.radiologyassistant.nl/musculoskeletal/unsorted/stress-fractures

Şekil 19. Ayak ağrısı ile gelen 29 yaşındaki amatör futbol oyuncusunun MR ve BT görüntüleri

T1 ağırlıklı MR görüntüsünde naviküler kemikte stres kırığına işaret eden lineer bir kırık hattı ve BT aksiyel görüntülerde ve koronal rekonstrüksiyonlarda bir kırık hattı ve komşuluğunda skleroz artışı.

2.2.3.4. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG):

Manyetik rezonans görüntüleme iyonizan radyasyon içermeyen, üst düzey yumuşak doku çözünürlüğü sunan, sintigrafi ile karşılaştırıldığında daha kısa tetkik

süresine sahip olan, kemik iliği ve ödem değerlendirmede eşsiz bir yeri bulunan noninvaziv kesitsel görüntüleme yöntemidir. BT'de olduğu gibi multiplanar değerlendirmeye izin vermesi, pek çok dokuya ait veriyi aynı anda sunması, yumuşak doku değerlendirmesi konusundaki eşsiz yeteneği MRG'nin avantajları olarak sayılabilir. BT ve grafiye göre daha uzun tetkik süresine sahip olması, çok sayıda artefaktı bulunması, metal duyarlılığının fazlalığı, teknik sebeplerle klostrofobik hastaların problem yaşaması tetkikin sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

MRG klinik olarak stres kırığı şüphesi olan hastaların değerlendirilmesinde oldukça etkili bir tanı yöntemi olmakla birlikte radyografilerden sonra elde olunması önerilen ikinci basamak tekiktir. Son zamanlarda yapılan çok sayıda çalışma, MRG'nin stres yaralanmaları ve fraktürlerinin değerlendirilmesindeki başarı ve etkinliğini ortaya koymuştur [86-88]. MRG radyografik anormalliklerin gelişmesinden ve radyografi-BT'de bulguların ortaya çıkmasından haftalar önce stres fraktürü bulgularının ortaya konmasını sağlar. Stres fraktürleri açısından sintigrafik tetkikler ile karşılaştırıldığında benzer duyarlılığa (yaklaşık %100) ve sintigrafik tetkilere nazaran yüksek özgüllüğe (%85) sahiptir [2, 6]. Ayrıca diğer tetkiklere ilave olarak stres fraktüründe ortaya çıkabilecek yumuşak doku hasarını göstermede diğer tüm tetkiklere üstünlüğü bulunmaktadır.

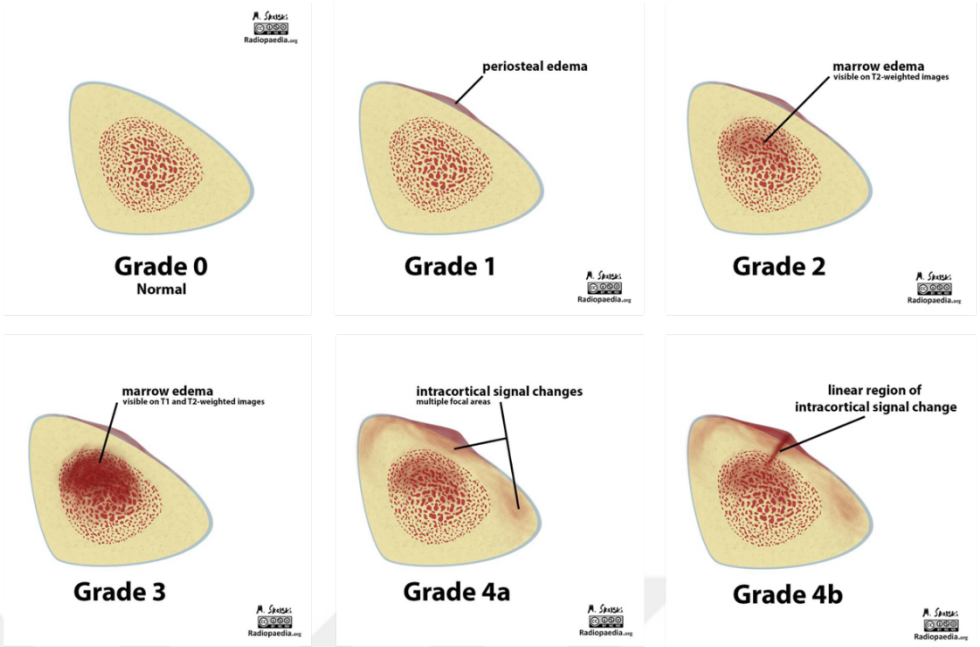
Stres fraktürünün erken evresinde fraktür gelişmeden önceki dönemde kemik yıkımı ve yapımının her ikisinde de artış olmakta ve bu durum hiperemi ve ödem ile kendini göstermektedir [1, 89]. Erken stres hasarı olarak isimlendirilen bu durumun tespitinde ödem gösterme yeteneği yüksek olan MRG eşsiz bir rol oynamaktadır. Sonrasında ortaya çıkan kortikal kırık hattı ve fraktüre sekonder gelişen bulgular da MRG ile etkin bir şekilde gösterilebilmektedir. Kemikte bir kırık hattı oluşmadan önceki stres hasarını gösterebilmek ve bu evrede hastaya tanı koyabilmek oldukça önemlidir. Çünkü stres kırığı olmaksızın yalnızca stres hasarı varlığı ile stres kırığı varlığı arasında belirgin prognoz farkı olup tedavi modaliteleri de değişmektedir [90].

Stres hasarı ve fraktürleri değerlendirilirken MRG parametreleri hem T1 ağırlıklı sekansları hem de Short tau inversion recovery (STIR) veya benzer şekilde yağ baskılı T2 ağırlıklı sekansları içermelidir. Stres hasarı/fraktürünün bulguları olan

kas/kemik iliği/periost ödemi yağ baskılı T2 ağırlıklı sekanslar ile değerlendirilirken, T1 ağırlıklı sekanslar anatomiyi ve stres kırığı ile ileri evre bulguları ortaya koymada faydalıdır. Optimal bir değerlendirme için görüntüler birden çok düzlemde elde olunmalı, hasta kliniği ve olası fraktür lokalizasyonuna göre özel düzlemlerde görüntüler elde edilmeli, dedike yüzeyel koiller kullanılmalı ve olabildiğince küçük FOV ile çalışılmalıdır [6].

Erken dönem stres hasarında yalnızca yağ baskılı T2 ağırlıklı/STIR sekanslarda seçilebilen periost, kas veya kemik iliği ödemi başlıca görüntüleme bulgularıdır. Yaralanma daha şiddetli hale geldikçe hem T1 ağırlıklı hem de yağ baskılı T2 ağırlıklı sekanslarda ortaya konulabilen kemik iliği ödemi ve kortikal kemikteki sinyal değişiklikleri ortaya çıkar. Stres hasarı bir stres fraktürüne dönüştüğünde en yaygın MRG bulgusu hem T1 ağırlıklı hem de T2 ağırlıklı sekanslarda hipointens sinyal özelliğinde fraktür hattı ve komşuluğunda daha geniş, kötü sınırlı bir ödem alanıdır. Buradaki fraktür hattı korteks ile devamlılık gösterir ve kemik trabeküller ile kortekse dik seyretmektedir. Bu aşamada kemik iliği dışında yumuşak dokuda da benzer şekilde ödematöz sinyal değişiklikleri izlenebilmektedir. Ayrıca periostal kalınlaşma veya periostal yeni kemik oluşumu da hem T1 ağırlıklı hem de T2 ağırlıklı sekanslarda hipointens olarak izlenir [89].

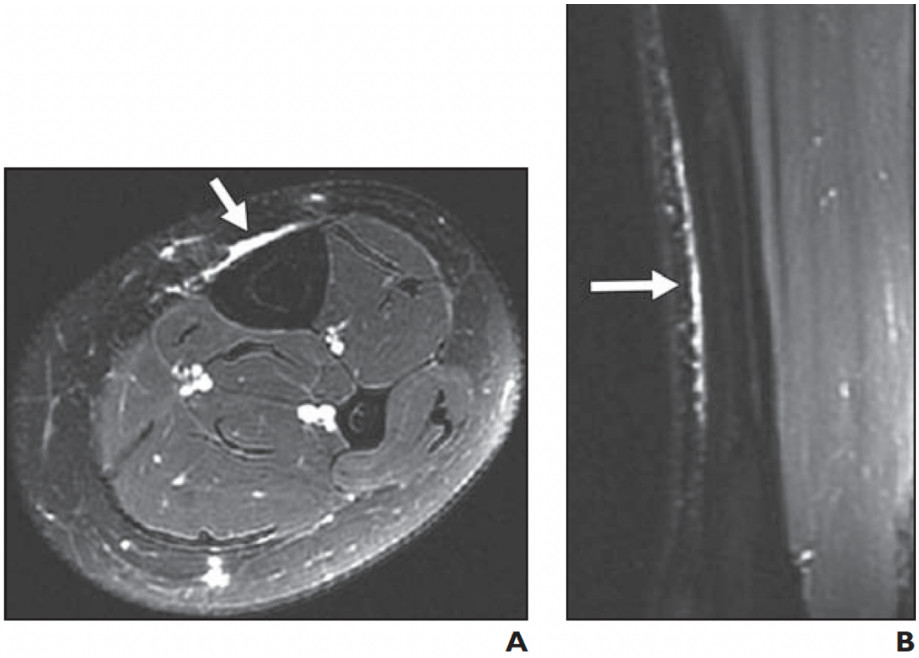
Fredericson ve arkadaşları stres hasarı ve fraktüründe ortaya çıkan MRG bulgularını tanımlamış ve MRG bulgularına göre bir sınıflama sistemi ortaya koymuştur[88]. Grade 1 (hafif) yaralanmalarda kemik iliği sinyal değişikliği olmaksızın yalnızca periostal ödem bulunmaktadır. Grade 2 yaralanmada daha belirgin periostal ödem ile birlikte yalnızca yağ baskılı T2 ağırlıklı sekanslarda ortaya konabilen kemik iliği ödemi izlenir. Grade 3 yaralanmada hem T1 ağırlıklı hem de T2 ağırlıklı sekanslarda seçilebilen şiddetli kemik iliği ödemi ve periostal ödem izlenmektedir. Grade 4 yaralanmada ise tüm pulse sekanslarda hipointens olarak izlenen fraktür hattı ve komşuluğunda hem T1 ağırlıklı hem de T2 ağırlıklı sekanslarda seçilebilen ödematöz değişiklikler bulunmaktadır [86]. Bu sınıflama ve evreleme kullanılarak yapılan pek çok çalışmada MRG bulgularının ve bu bulgulara göre yapılan evrelendirmenin prognoz belirlemede faydalı olduğu ve tedavi modalitesini değiştirebildiği gösterilmiştir [86].



Şekil 20. Stres fraktürleri için Fredericson MR evreleme sisteminin şematik gösterimi

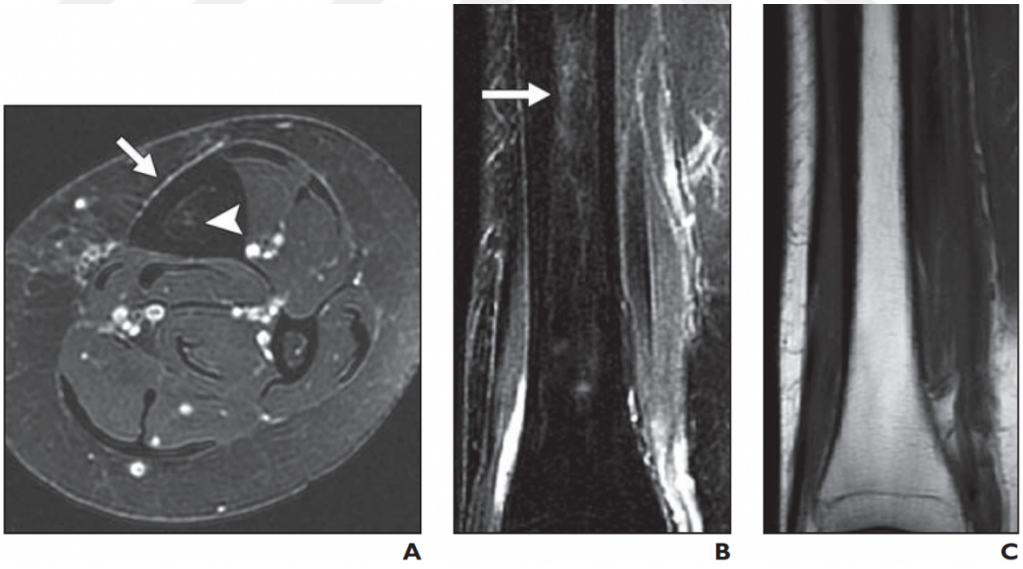
Stres fraktürlerinde en önemli MRG bulgularından biri olan kemik iliği ödemi stres fraktürlerine özgü olmayıp pek çok patolojik durumda ortaya çıkabilmektedir. Kemik iliği ödemi ile ortaya çıkabilecek durumlar: akut kemik zedelenmesi, fraktür, osteomyelit, avasküler nekroz, transient osteoporoz, tümörler. Klinik hikayenin iyi değerlendirilmesi ve lineer hipointens kırık hattının varlığı doğru tanı konulmasında oldukça faydalı olacaktır [6].

MRG ayrıca radyografi ve BT'de belirgin bir subkondral lüsensi ya da çökmenin olmadığı subkondral yetmezlik kırıklarının tanısının konulmasında önemli rol oynamaktadır. Subkondral yetmezlik fraktürü varlığında MRG de fokal kemik iliği ödemi ile birlikte eklem yüzeyine paralel seyreden dışbükey eğrisel bir hipointensite izlenir ve bu hipointens hattın metafize uzandığı görülür. Bazı durumlarda uygun koil seçilmemesine veya uygun pozisyonda çekim yapılmamasına bağlı olarak lineer hipointens hat seçilememekte ve yalnızca kemik iliği ödemi izlenmektedir. Bu durumda da diğer kemik iliği ödemi sebepleri akla gelebilir [2, 91].



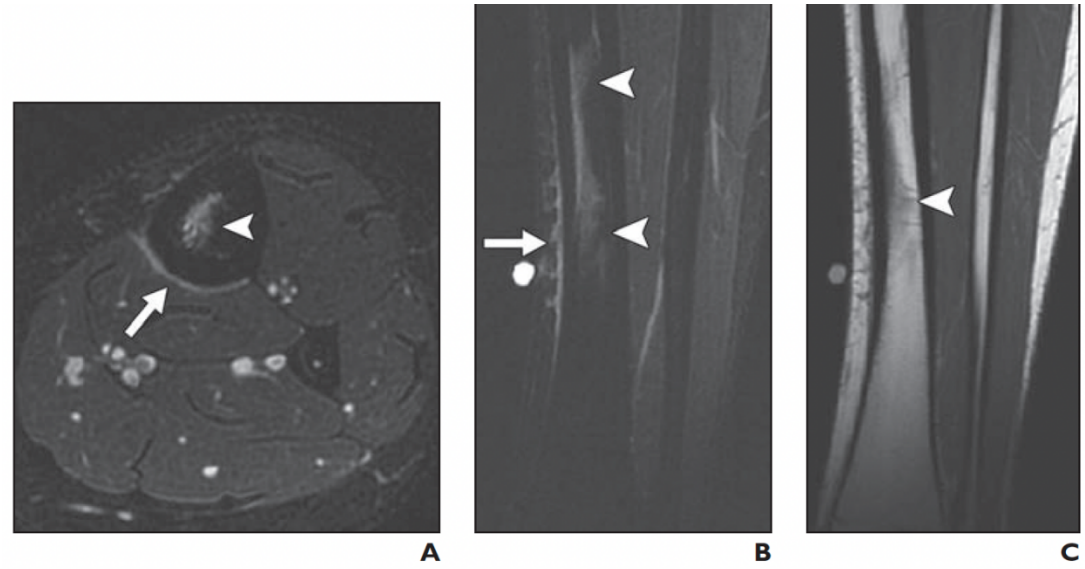
Şekil 21. Grade 1 stres yaralanması olan 24 yaşında kadın uzun mesafe koşucusunun aksiyel (A) ve koronal (B) yağ baskılı T2 ağırlıklı MR görüntüleri

Tibia diyafizinin medial korteksinde hafif periost ödemi (oklar) mevcut iken kemik iliği sinyal anormalliği yok [92]



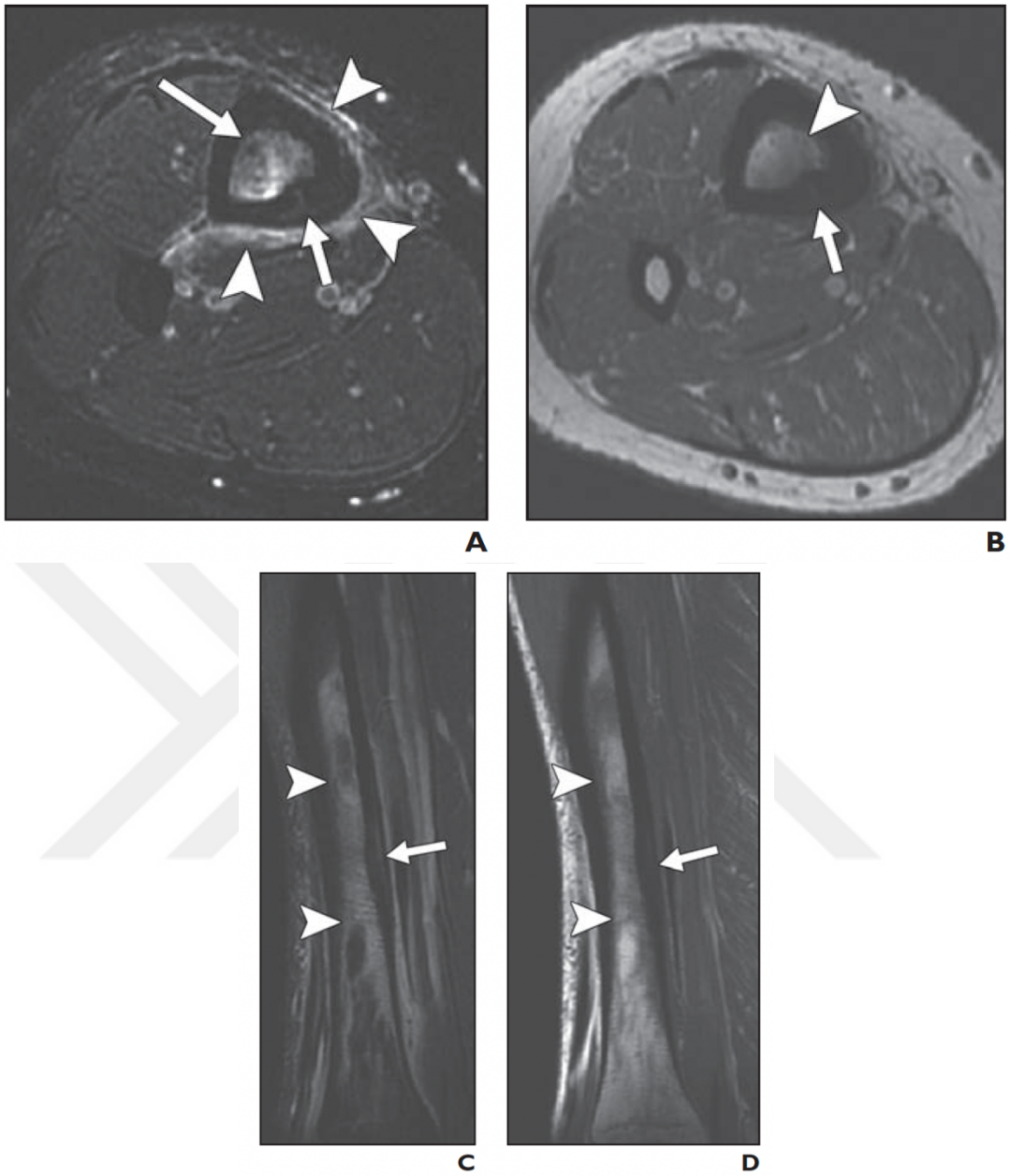
Şekil 22. Grade 2 stres yaralanması olan 21 yaşında, erkek futbolcunun MR görüntüleri

A, Baldırın aksiyel yağ baskılı T2 ağırlıklı görüntüsünde medial kortekste hafif periosteal ödem (ok) ve tibiada intramedüller alanda hafif kemik iliği ödemi (ok başı) görülüyor. B, sagittal yağ baskılı T2 ağırlıklı görüntüde kemik iliği ödemi (ok) görülüyor. C, T1 ağırlıklı görüntüde intramedüller alanda kemik iliği sinyal anormalliği görülmüyor [92].



Şekil 23. Grade 3 stres yaralanması olan 23 yaşında kadın uzun mesafe koşucusunun MR görüntüleri

A, Aksiyel yağ baskılı T2 ağırlıklı görüntüde medial ve posterior kortekste orta derecede periosteal ödem (ok) ve tibia diyafizinde intramedüller alanda orta derecede kemik iliği ödemi (ok başı). B ve C, Koronal yağ baskılı T2ağırlıklı (B) ve T1 ağırlıklı (C) görüntülerde intramedüller alanda kemik iliği ödemi (ok başları) ve tibia diyafizinin medial korteksinde periost ödemi (ok, B) görülüyor [92].



Şekil 24. Grade 4 stres yaralanması olan 17 yaşında kadın koşucunun MR görüntüleri

A, Aksiyel yağ baskılı T2 ağırlıklı görüntüde kemik iliği ödemi (uzun ok) ve posterior kortekste lineer alanlar (kısa ok). Ayrıca medial, posterior ve lateral kortekste de periost ödemi (ok başları) mevcut. B, Aksiyal T1 ağırlıklı görüntüde kemik iliği ödemi (ok başı) ve posterior kortekste lineer alanlar (ok) görülmektedir. C ve D, Sagittal yağ baskılı T2 ağırlıklı (C) ve T1 ağırlıklı (D) görüntülerde kemik iliği ödemi (ok başları) ve posterior tibial kortekste lineer alanlar (oklar) görülüyor [92].

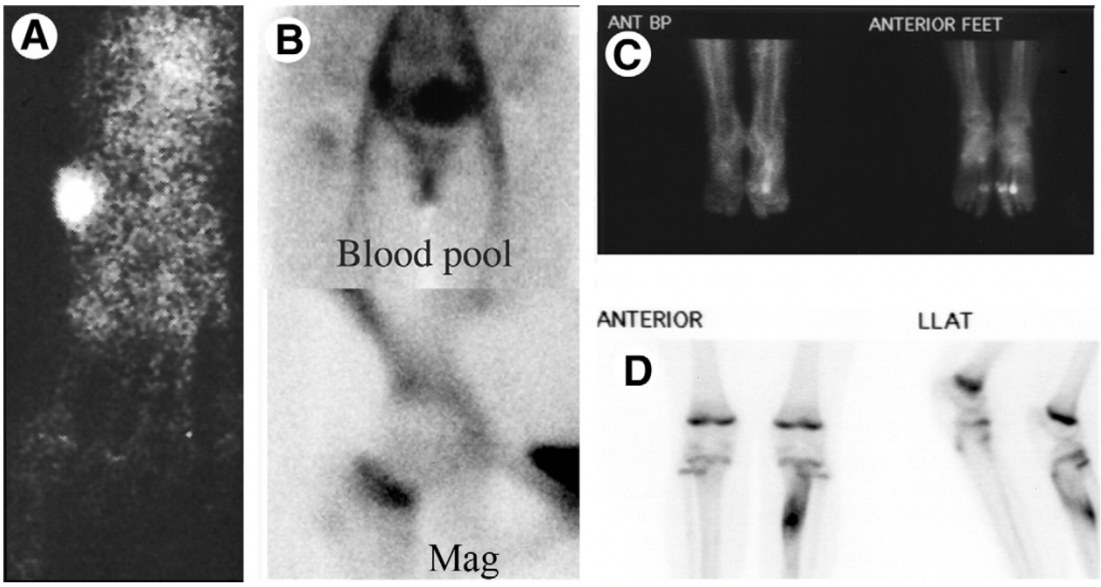
2.2.3.5. Kemik sintigrafisi

Kemik sintigrafisi, stres fraktürü şüphesi olan hastalarda yüksek duyarlılığa sahip bir görüntüleme yöntemidir. MRG'nin etkin şekilde kullanımından önce stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde altın standart olarak uzun yıllar boyunca yüksek duyarlılıkla kullanılmıştır [85]. Kemik sintigrafisi temelde kemikteki artmış osteoblastik aktivite ve yeniden şekillenmeye bağlı olarak artan kemik metabolizmasını radyonüklid ajanlar kullanarak tespit etmekte ve stres fraktürü/hasarının erken döneminde bize tanı ve prognoz hakkında ipuçları sağlamaktadır. MRG' ye benzer şekilde sintigrafide de radyografi veya BT bulguları ortaya çıkmadan birkaç hafta önce veya daha da uzun süre önce anormal bulgular ortaya çıkmaktadır. Duyarlılığı stres fraktürü için oldukça yüksek olan kemik sintigrafisinin spesifitesi ise MRG nin aksine oldukça düşüktür. Tümörler, enfeksiyon ve enfarkt gibi durumlar stres hasarını ve fraktürünü sintigrafik olarak taklit edebilir. Ayrıca, sintigrafi kemik hasarının ilk değerlendirmesinde faydalı olsa da, anormal tutulum fraktürün ortaya çıkmasından sonra birkaç ay boyunca devam edebileceğinden takip için faydası tartışmalıdır [6].

Kemik sintigrafisinde genelde üç fazlı Teknesyum-99m-metilen difosfonat (Tc-99m-MDP) sintigrafisi yapılmaktadır. Üç fazlı yapılması önemlidir, çünkü ancak bu teknik ile yumuşak doku yaralanması ile kemik yaralanması sintigrafik olarak ayrılabilmektedir. Bu üç faz; enjeksiyondan hemen sonra elde olunan anjiografik faz, kan havuzu fazı (yumuşak doku fazı) ve 2-4 saat sonra elde olunan gecikme fazıdır (gecikmiş iskelet fazı). İki-dört saatlik bu gecikmiş faz sırasında radyofarmosötik ajanın yumuşak dokudan tamamen temizlenmesi beklenmektedir [6, 93].

MRG' de tanımlanan Frederichson sınıflamasına benzer şekilde Zwas ve arkadaşları stres kırıklarını sintigrafik olarak 4 evrede sınıflamışlardır. Grade 1 yaralanmada yalnızca kortikal bölgede hafif artmış aktiviteye sahip küçük, kötü sınırlı artmış tutulum odakları bulunur. Grade 2 yaralanmada, orta derecede artmış aktiviteye sahip iyi sınırlı daha büyük lezyonlar bulunmaktadır. Grade 3 yaralanmada kortekste ve medüller alanda yüksek oranda artmış aktiviteye sahip geniş füziform tutulum alanları dikkati çeker. Grade 4 yaralanmalarda ise korteks ve medullanın hemen

tamamını tutan artmış aktiviteye sahip geniş uzanımlı alanlar izlenmektedir. Yapılan bu evrelemenin hastalığın prognozu ve stres hasarının şiddeti ile uyumlu olduğu gösterilmiştir [94].



Şekil 25. Çeşitli stres kırıklarına ait sintigrafi görüntüleri

(A) Bir futbolcuda naviküler stres kırığı. Sağ naviküler kemiğin medial yüzünde yoğun tutulum görülmektedir. (B) Uzun mesafe koşucusunda sağ femur boynunda stres kırığı. Kan havuzu, sağ femur boynu boyunca uzanan yoğun fokal hiperemi ve büyütülmüş gecikmeli görüntüde yoğun tutulum göstermektedir. (C) Bir yürüyüşçüde ikinci metatars kırığı. Soldaki ikinci metatarsal kemiğin proksimal şaftında yoğun hiperemi ve tutulum belirgindir. (D) Genç bir futbolcunun tibial stres kırığı.

Yukarıda anlatılan tüm görüntüleme teknikleri yeniden gözden geçirildiğinde stres fraktürlerinin değerlendirilmesinde altın standart yöntemin MRG olduğu görülmektedir. Hem anatomik hem de fonksiyonel değerlendirme yapma imkanının olması, belirgin yüksek duyarlılık (% 100' e yakın) ve diğer görüntüleme tekniklerine nazaran belirgin yüksek spesifiteye sahip olması stres hasarı ve fraktürlerinin değerlendirmesinde MRG' yi eşsiz bir yere koymaktadır. Tablo 2'de stres fraktürü tanısında kullanılabilecek görüntüleme tekniklerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi bulunmaktadır.

Tablo 2. Stres fraktüründe görüntüleme modaliteleri

	Bulgular/Avantajlar/Sınırlılıklar
Radyografi	Lineer skleroz, periost reaksiyonu, kallus formasyonu
MRG	Tüm sekanslarda hipointens özellikte lineer fraktür hattı ve komşuluğunda kemik iliği ve yumuşak doku ödemi, yüksek sensitivite ve spesifite
BT	Lineer fraktür hattını göstermede başarılı, reformat görüntüler kırık hattını göstermede üstün
USG	Katkısı yüzeyel kemik kortekslerinin değerlendirilmesi ile sınırlı, hipoekoik kallusa bağlı kortikal basamaklanma bulgusu
Sintigrafi	Tüm fazlarda artmış tutulum, sensitivite yüksek ancak spesifite düşük

2.2.4. Stres Fraktürlerinde Tedavi Yaklaşımları

Farklı etyolojik etkenlerle ortaya çıkan iki ana stres fraktürü türünün tedavi yaklaşımları ve yönetimleri de birbirinden farklılık arz etmektedir. Yaş grubu ve hasta kondisyon durumu da bu iki grupta belirgin farklı olup bu durum uygulanacak tedavi modalitelerini ve hasta yönetimini değiştirmektedir.

2.2.4.1. Yorgunluk kırıklarının yönetimi

Genelde genç, mobil hastalarda ortaya çıkan yorgunluk fraktürlerinin tedavisi temelde konservatif yaklaşımdır[95]. Konservatif tedavi başlığı altında yapılabilecek öneriler; buz uygulaması, analjezik kullanımı, çeşitli fizik tedavi modaliteleri, ağırlık taşımanın azaltılması, ve aktivitelerin değiştirilmesidir [1]. Konservatif tedavi önerilerinin yanında yorgunluk kırığının lokalizasyonuna göre bazen cerrahi tedavi

seçenekleri de göz önüne alınmaktadır. Cerrahi tedavi kararı iyi klinik ve radyolojik değerlendirme sonrası multidisipliner olarak verilmelidir.

Yorgunluk kırıkları yalnızca konservatif tedavi ile komplikasyonsuz iyileşme ihtimalleri üzerinden lokalizasyonlarına göre 3 gruba ayrılmıştır. Düşük riskli grupta; 2-4. metatars şaft kırıkları, kuboidal-kalkaneal fraktürler, fibula/lateral malleol fraktürleri, femur boynu medial kompresyon kırıkları bulunmaktadır. Orta riskli grupta; femur şaft fraktürleri, pelvis fraktürleri, medial malleol ve posteromedial tibial fraktürler ile 5. metatars proksimal kırığı bulunur. Yüksek riskli grupta ise; lomber vertebra pars interartikülaris kırıkları, tibia anterior kortekse uzanan fraktürler, patella fraktürleri, talus ve navikula kırıkları, femur başı ve femur boynu lateralinde ortaya çıkan kırıklar sayılabilir [96, 97]. Özellikle yüksek riskli bölgede bir stres fraktürü varlığında mutlaka ortopedi ve spor hekimliği konsültasyonu yapılmalı ve hastanın cerrahi tedavi gerekliliği açısından multidisipliner olarak değerlendirilmelidir.

Yorgunluk fraktürü şüphesi varlığında kemik biyopsisinden olabildiğince kaçınılmalıdır. Periost reaksiyonu olan olgularda alınan örnek periost reaksiyonuyla giden pek çok malignite ile histolojik olarak karışabilir ve biyopsi alınması yalnızca daha fazla kafa karışıklığına sebep olabilir. Ayrıca biyopsi kemik kortekste de hasarlanmaya sebep olacağından stres fraktürünün ilerlemesine neden olabilir [76].

2.2.4.2. Yetmezlik kırıklarının yönetimi:

Daha çok postmenopozal yaşlı osteoporotik kadın hastalarda ortaya çıkan yetmezlik kırıklarının tedavisinde temel yaklaşım kırığın ortaya çıkmasını engelleyecek önleyici tedbirlerin alınmasıdır. Bu sebeple risk altındaki popülasyon belirlenmeli ve yetmezlik kırıkları ortaya çıkmadan koruyucu önlemler uygunlanmalıdır. Risk altındaki yaş grubuna ve özellikle postmenopozal kadın hastalara kemik mineral dansitometri tetkiki uygulanarak osteopenik/osteoporotik hastalar belirlenmelidir. Osteoporoz varlığı durumunda primer/sekonder osteoporoz ayrımı yapılmalı ve sekonder osteoporoz varlığında temel sebep düzeltilmeye çalışılmalıdır. Ayrıca hormon replasman tedavisi, bifosfonatlar gibi medikal tedavi yöntemleri ile poroz şiddeti azaltılmaya ve kemik yoğunluğu arttırılmaya

çalışılmalıdır. Kemik yoğunluğunu arttıracak tedaviler ile birlikte risk grubundaki hastaların travma ve düşme olasılıklarını azaltmaya yönelik adımlar atılmalı, yaşadıkları yerlerle ilgili tedbirler alınmalı ve davranış terapileri ve çeşitli kas güçlendirme egzersizleri uygulanmalıdır [2].

Tüm bu önleyici yaklaşımın ardından; yetmezlik fraktürü ortaya çıktığında tedavi kırığın lokalizasyonuna, boyutuna, hastanın performans durumuna ve ek hastalıklarına bağlı olarak değişecektir. Bu hastaların hemen tümünde bulunan osteopeni veya osteoporoz hali hem kemik iyileşmesini geciktirmekte hem de cerrahi tedavi sırasında uygulanan tespit materyallerinin fiksasyonunu engelleyerek tedavi şansını azaltmaktadır. Bazı durumlarda metilmetaktilat çimentosu veya kemik greftleri cerrahi tedavide ve cerrahi tedavinin etkinliğinin arttırılmasında kullanılabilmektedir [98].

Subkondral yetmezlik kırıklarında ise tedavi yöntemi radyolojik evrelemeye göre belirlenmektedir. Normal grafiye sahip evre 1 ve yalnızca ağırlık taşıyan eklem yüzeyinde düzleşme ile ortaya çıkan evre 2 subkondral yetmezlik kırıkları konservatif tedavi ile spontan iyileşmeye bırakılırlar. Kemik kortekste çökme ile kendini gösteren evre 3 subkonral yetmezlik kırığı ile sekonder osteodejeneratif bulguların ortaya çıktığı evre 4 kırıklarda ise genelde artroplasti ihtiyacı ortaya çıkmaktadır [2, 99].

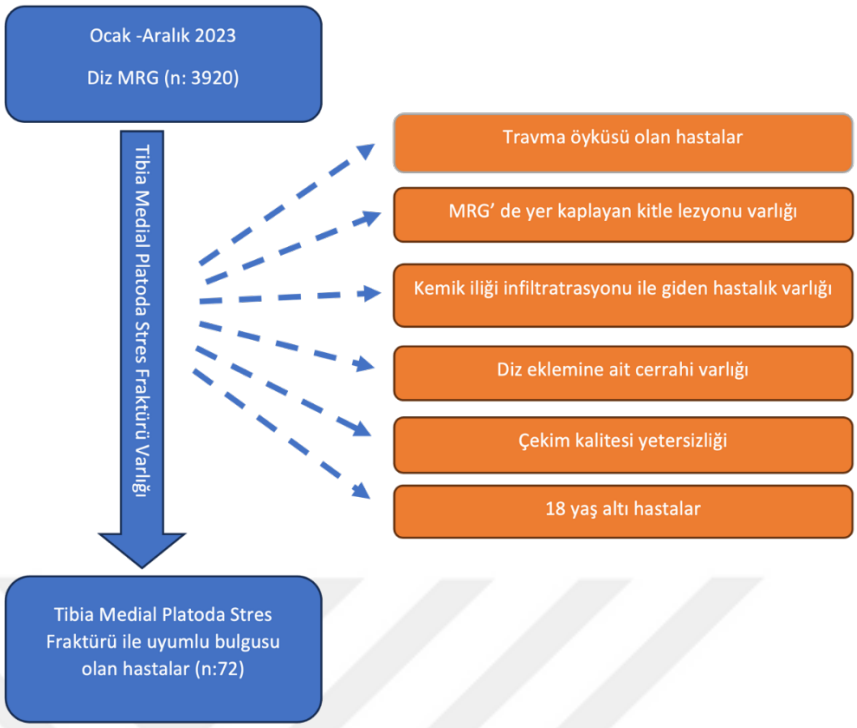
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyoloji Kliniği bünyesinde tek merkezli ve retrospektif olarak yapılmıştır. Çalışmaya başlanmadan önce Ankara Bilkent Şehir Hastanesi 2 Nolu Tıbbi Araştırmalar Bilimsel ve Etik Değerlendirme Kurulu'nun 24/07/2024 tarihli ve TABED 2-24-365 sayılı onayı alınmıştır. Çalışma boyunca Helsinki Deklerasyonuna riayet edilmiş ve çalışma bu deklerasyon bünyesinde yürütülmüştür.

3.1. HASTA SEÇİMİ

Çalışma dahilinde 1 Ocak 2023-31 Aralık 2023 tarihleri arasında Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyoloji Kliniğinde çeşitli sebeplerle kontrastsız diz MRG çekilen hastalar retrospektif olarak tarandı. Travma ve operasyon öyküsü olan, dizde malign/benign kitle lezyonu bulunan, septik artrit ve romatolojik hastalığı bulunan, kemik iliği tutulumu gösteren hastalığı bulunan, görüntü kalitesinin yetersizliği veya hareket artefaktları nedeniyle değerlendirme yapılamayan ve 18 yaşından küçük hastalar çalışma dışında bırakıldı. Kriterlere uygun 3920 hasta değerlendirildi. Tibia medial platoda stres fraktürü bulunan 72 hasta çalışmaya dahil edildi. Bu tarihler arasında diz MRG incelemesinde kemik ve bağ patolojisi saptanmayan yaş, cinsiyet ve taraf eşleştirmeli 72 hasta ile kontrol grubu oluşturuldu. Bu gruptan tibial morfolojik ölçümlerin değerlendirilmesinde yararlanıldı.

Medial menisküs posterior kök yırtığı ile stres fraktürü birlikteliğinin araştırılması açısından tibia medial platoda stres fraktürü bulunan 72 hastada medial menisküs posterior kök yırtığı varlığı araştırıldı. Çalışmaya dahil edilme kritelerine sahip ancak tibia medial platoda stres fraktürü bulunmayan Ocak - Aralık 2023 tarihleri arasında Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyoloji Kliniğinde diz MRG incelemesi yapılan 3848 hasta medial menisküs posterior kök yırtığı açısından kontrol grubunu oluşturdu.



Şekil 26. Hasta seçimi diagramı

3.2. MRG ÇEKİM PROTOKOLÜ VE PARAMETRELERİ

Diz MRG çekimleri 1.5 Tesla manyetik alan gücüne sahip MRG cihazı (Optima; GE Medical System, Milwaukee, Wisconsin, USA) ile ekstremite koili kullanılarak standart supin pozisyonda, diz ekstansiyonda iken yapılmıştır. Bunlara ait parametreler Tablo 3'te özetlenmiştir**.**

Tablo 3. Diz MRG çekim parametreleri

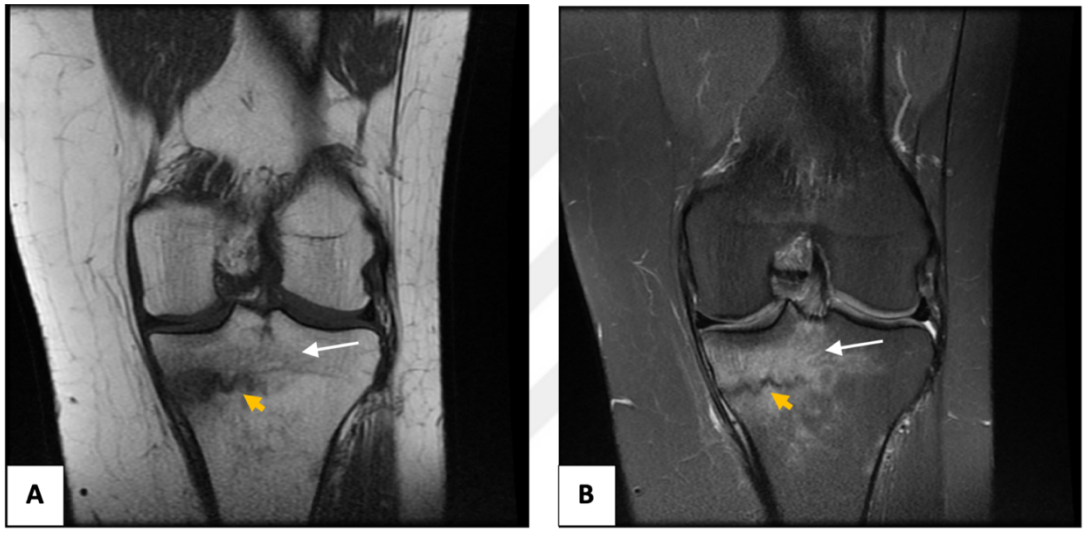
Sekanslar	*TR/TE (ms)*	*Matriks*	*FOV (cm)*	*Kesit kalınlığı (mm)*
Sagittal T1A FSE	300-500 / 5-10	320x320	16x16	3
Sagittal 3D Cube T2 FSE	1500 /124,4	224x224	17x17	1,2
Sagittal yağ baskılı PDA FSE	2300-2800/20-40	256x192	16x16	3
Koronal yağ baskılı PDA FSE	2300-2800/20-40	288x224	16x16	3
Aksiyel yağ baskılı PDA FSE	2300-2800/20-40	288x224	14x14	3

(FSE: Fast spin eko, PDA: Proton dansite ağırlıklı, TR: Repetetion time, TE: Echo time, FOV: Field of view)

3.3. HASTALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.3.1. Stres Fraktürü Varlığının Belirlenmesi

MRG'de tibianın medial platosunda T1A görüntülerde hipointens, PDA görüntülerde hiperintens sinyal özelliğinde kemik iliği ödemine eşlik eden tüm sekanslarda lineer hipointens fraktür hattı varlığı stres fraktürü olarak kabul edildi (Şekil 27).



Şekil 27. Tibia medial plato stres fraktürü MRG bulguları

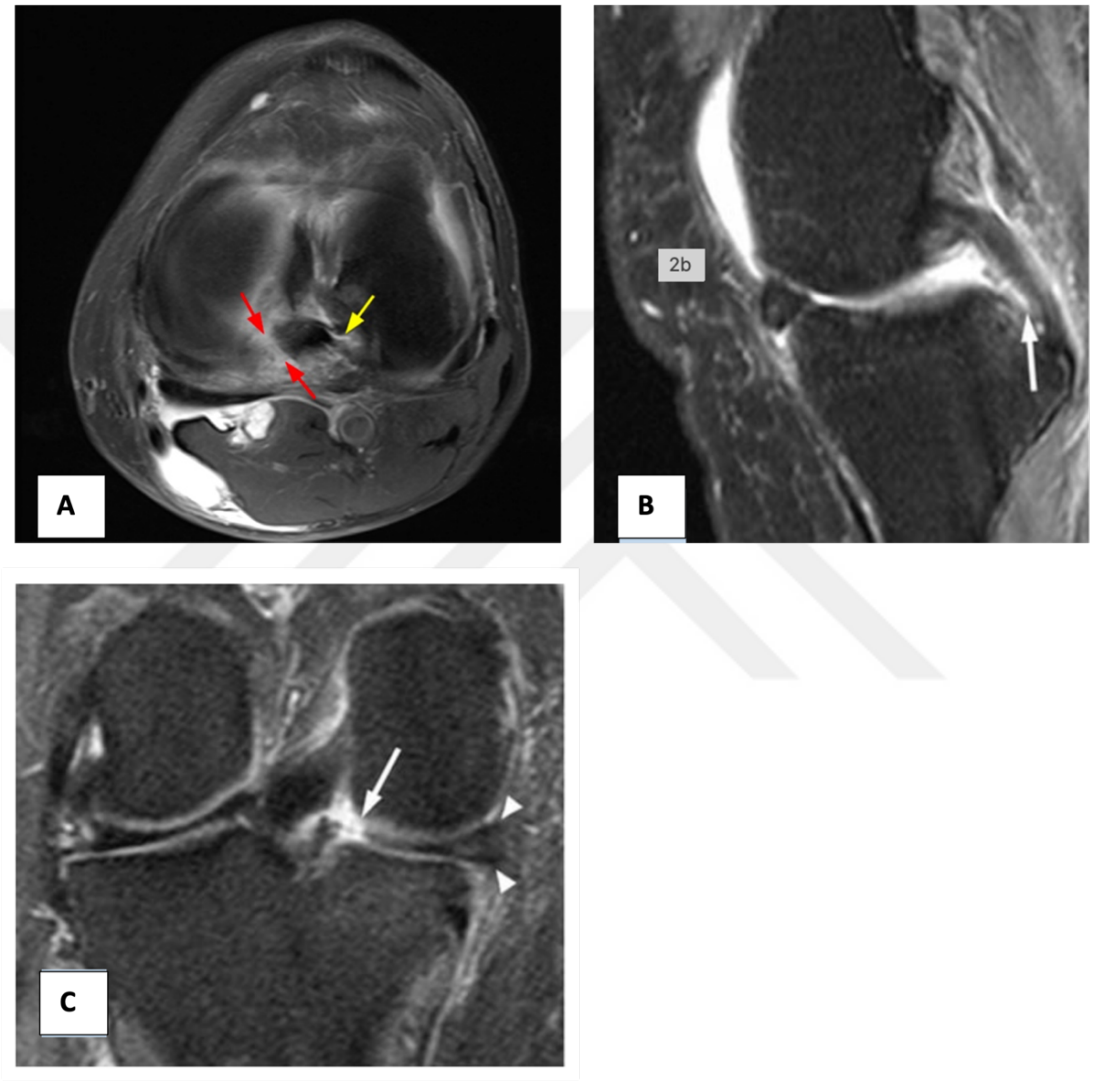
T1 ağırlıklı (A) ve PD ağırlıklı (B) görüntülerde kemik iliği ödemi (uzun ok) ve lineer hipointens fraktür hattı (kısa ok)

3.3.2 Medial Menisküs Posterior Kök Yırtığı Varlığının Belirlenmesi

Elde olunan MRG görüntüleri üzerinden medial menisküs posterior kök değerlendirmesi yapıldı ve belirli kriterle uyan yırtıklar kök yırtığı olarak tanımlandı. MRG'de medial menisküs arka boynuzu düzeyinde AÇB anteriorunda tibia yapışma yerine 10 mm mesafe içerisinde kalan kısım menisküs kökü olarak belirlendi. MRG incelemede 3 ana bulgunun varlığı medial menisküs posterior kök yırtığı olarak kabul edildi.

- Aksiyal düzlemde menisküs kökü düzeyinde menisküse dik lineer yüksek sinyal intensitesi (Şekil 29 A)

- Sagittal düzlemde normal menisküs sinyalinin olmaması (hayalet menisküs bulgusu (Şekil 29 B)
- Menisküs kökü düzeyinde 3 mm'nin üzeerinde medial menisküs ekstrüzyonu ile ilişkili dikey lineer bir defekt (Şekil 29 C)



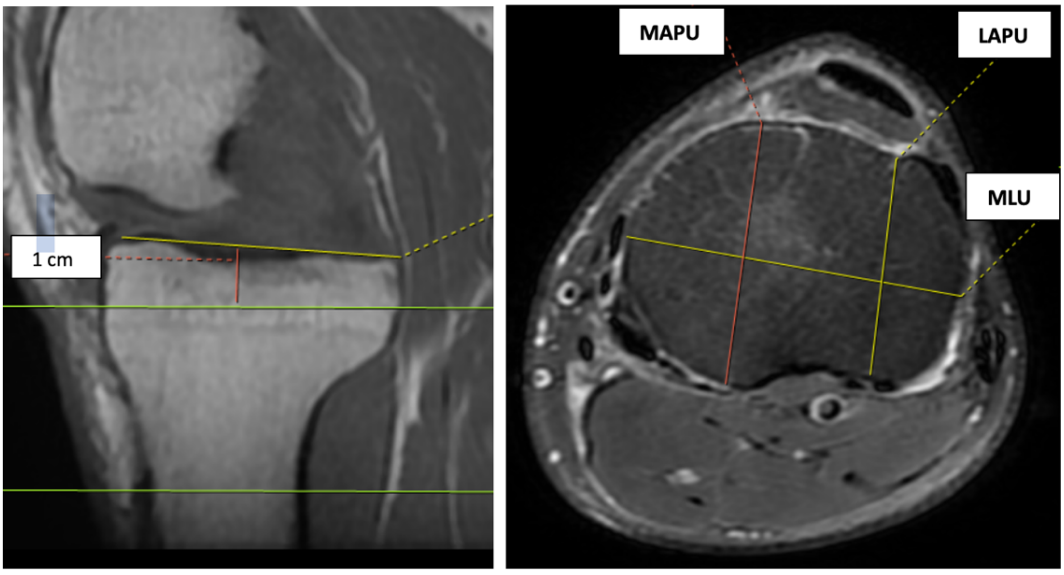
Şekil 28. Medial menisküs posterior kök yırtığı MR bulguları

(A) Aksiyel PD ağırlıklı görüntüde, kök yapışma lokalizasyonuna komşu medial menisküs arka boynuzda kök yırtığı ile uyumlu tam kat lineer hiperintens sinyal (kırmızı oklar) (B) PD ağırlıklı sagital görüntüde, arka çapraz bağ ile arka tibial eminens arasında sıvı sinyali ile birlikte arka menisküs kökünün fokal yokluğu görülmektedir (ok). (C) Medial menisküs kökü yırtığı olan başka bir hastaya ait koronal görüntüde posterior menisküs kökü içinde sıvı sinyali görülüyor (ok). Medial menisküs gövdesi tibial plato sınırının birkaç milimetre ötesine ekstrüde olmuştur (ok başları).

3.3.3. Proksimal Tibial Morfoloji Ölçümlerinin Yapılması

Proksimal tibial morfoloji kapsamında medial anteroposterior uzunluk (MAPU), lateral anteroposterior uzunluk (LAPU), mediolateral uzunluk (MLU) ve medial tibial eğim açısı (MTEA) ölçüldü.

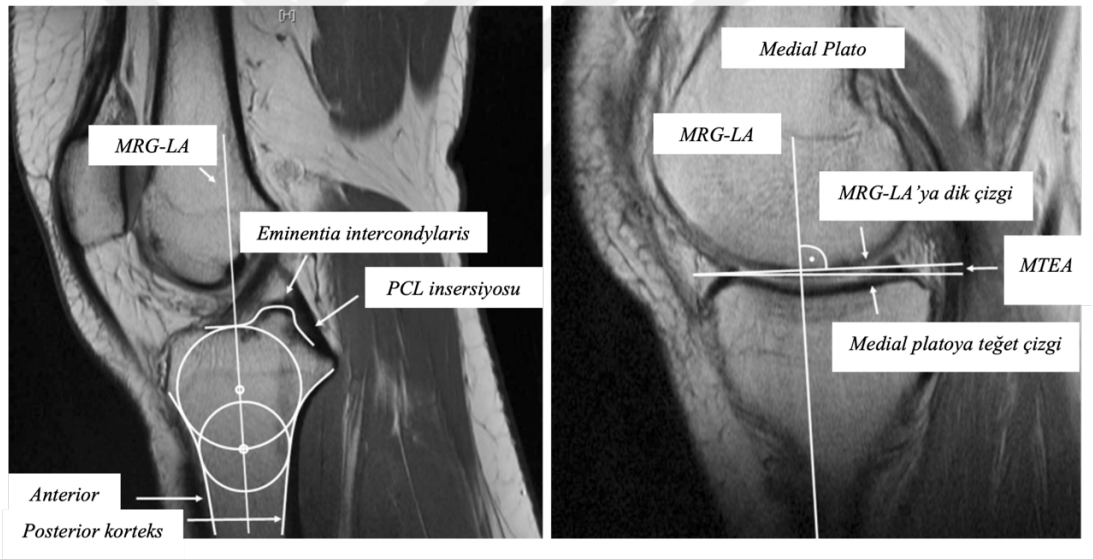
MAPU, LAPU ve MLU ölçümleri için elde olunan koronal kesitlerde medial tibial platoya dik kaudale doğru 1 cm uzunlukta çizgi çizildi. Bu çizginin alt ucu hedef nokta olarak belirlenmiş olup referans çizgileri kullanılarak aksiyel görüntülerde bir kesit elde edildi. Elde edilen bu kesit üzerinde MLU en uzun mediolateral uzunluk olarak alındı. Bu çizgi çizilirken elde edilen hattın, Uehara ve arkadaşları tarafından tanımlanan lateral epikondiler çıkıntı ile medial epikondilin medial sulkusunu birleştiren femurun epikondiler eksenine paralel olmasına dikkat edildi [100]. Aynı kesitte hem medial hem de lateral tibial platonun en posterior noktasından geçecek şekilde MLU eksenine dik MAPU ve LAPU ölçümleri yapıldı [101] (Şekil 30) .



Şekil 29. Medial anteroposterior uzunluk, lateral anteroposterior uzunluk ve mediolateral uzunluk ölçümü

MTEA ölçümleri için Hudek ve arkadaşlarının daha önce tanımladığı ölçüm metodu kullanılmış olup MRG'de MTEA ölçümü üç adımda yapıldı [10]. İlk adımda AÇB'nin tibial insersiyo noktasının, interkondiler eminensin ve anterior-posterior tibial kortekslerin içbükey bir şekilde göründüğü uygun sagittal MR kesiti seçildi. İkinci

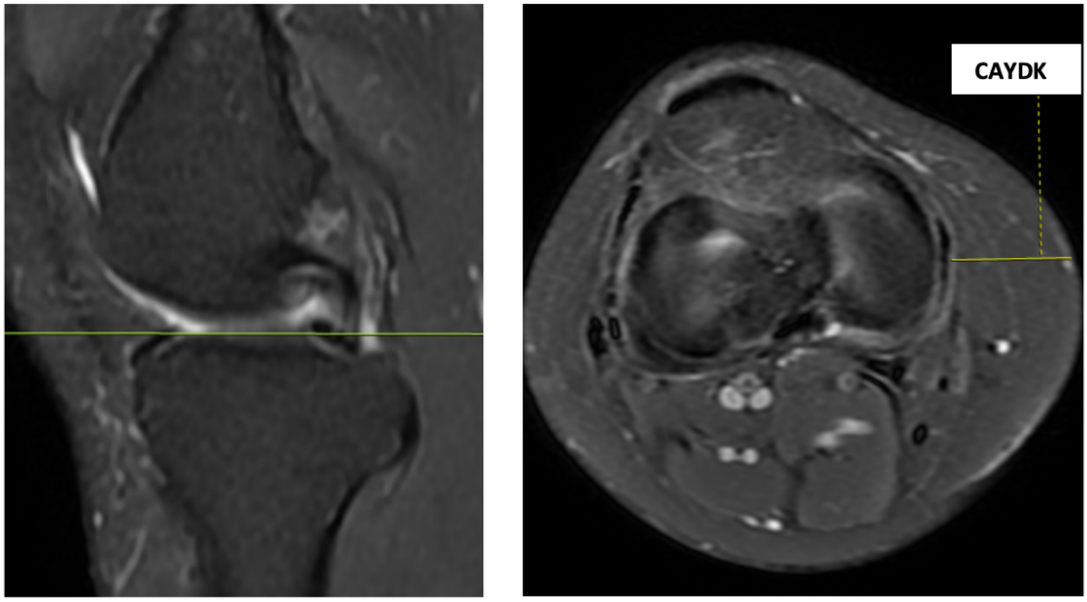
adımda elde olunan sagittal MRG kesiti üzerinde tibia proksimal kesim içerisine bir kranial ve bir kaudal daire yerleştirildi. Daireler çizilirken kraniyal (daha superiordaki) dairenin anterior, posterior ve superior tibial kortekse, kaudal (daha inferiordaki) dairenin ise anterior ve posterior korteks sınırına temas etmesine dikkat edildi. Dairelerin birbirine göre konumunun standardize edilmesi için kaudal dairenin merkezi kranial dairenin çevresine denk gelecek şekilde yerleştirildi. Çizilen bu iki dairenin merkezlerini birleştiren çizgi; tibial longitudinal eksen olarak tanımlandı. Üçüncü adım sagittal kesitte medial platonun mediolateral merkezini gösteren kesitin seçilmesi idi. Seçilen bu kesit üzerinde medial tibial platonun anterior ve posteriorunun süperior kortekslerini birleştiren bir teğet çizildi. Aynı kesitte daha önce elde olunan tibial longitudinal eksenine dik ikinci bir çizgi daha elde edildi. Elde edilen bu çizgi ile medial platoya çizilen teğet arasındaki açı MTEA olarak kabul edildi [10] (Şekil 31).



Şekil 30. Medial tibial eğim açısı (MTEA) ölçümü

3.3.4. Cilt Altı Yağ Doku Kalınlığının Belirlenmesi

Çalışma dahilinde vücut kitle indeksinin indirekt bir göstergesi olarak cilt altı yağ doku kalınlığı (CAYDK) ölçüldü. Ölçüm aksiyal yağ baskılı PD ağırlıklı görüntüler üzerinden yapıldı. Diz eklem aralığından geçen aksiyal kesitlerde medial kollateral bağ ile cilt yüzeyi arasındaki mesafe cilt altı yağ doku kalınlığı (CAYDK) olarak ölçüldü [102].



Şekil 31. CAYDK ölçümü

3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Araştırmamızda elde edilen bulgular değerlendirilirken IBM Statistic SPSS v. 26 (IBM Corp., Armonk, New York, USA) istatistik programı kullanılmıştır. Gözlemciler arası tekrarlanabilirliği değerlendirmek için hastaların ölçümleri iki bağımsız gözlemci (SD, TK) ve gözlemci içi tekrarlanabilirliği değerlendirmek için bir gözlemci (TK) tarafından 2 hafta arayla iki kez ölçülmüş olup sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Hastaların grupları ile demografik kategorik değişkenlere (cinsiyet, başvurulan diz tarafı) ilişkin oranlar ki-kare analiz yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Sürekli olan ölçümler için tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Bu ölçümlerin normalliğinde çarpıklık ile basıklık değerlerine bakılmış olup bu değerler ± 1.5 arasında olduğunda dağılım normal kabul edilmiştir [103]. MAPU, LAPU, MLU, MTEA ve CAYDK ölçümlerinin hasta ve kontrol grubu arasında karşılaştırılmasında bağımsız gruplar t testi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem için bağımsız değişken iki kategorili olmalı, gruplarındaki veri sayısı yeterli sayıda (N>30) olması gerekir [104]. Her bir grupta cinsiyete göre olan MAPU, LAPU, MLU, MTEA ve CAYDK ölçümleri için ise bağımsız gruplar t testi yönteminin parametrik olmayan alternatifi olan Mann-Whitney U yöntemi kullanılmıştır. Alternatif olan bu yöntemin kullanılmasının sebebi cinsiyetlere göre yapılan karşılaştırmada grupların en az birisinde veri sayısının yeterli (N>30) olmamasındandır. Stress fraktürü bulunan

hastaları kontrol grubundaki hastalardan MTEA ölçümlerine göre ayırmada ROC analiz yöntemi kullanılmış olup bir kestirim değeri elde edilmeye çalışılmıştır.

Medial menisküs posterior kök yırtığı ve medial tibial plato stres fraktürü birlikteliğini değerlendirmek amacıyla Ki-kare testi kullanılmıştır.

İstatiksel karşılaştırmalar için $p<0.05$ anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmaya tibia medial platoda stres fraktürü bulunan 72 hasta dahil edildi. Stres fraktürü bulunan hastaların 42' si (%58,4) kadın, 30' u (%41,6) ise erkek idi. Çalışma dahilinde değerlendirilen hastaların 80'i (%55,6) sol diz, 64'ü (%44,4) ise sağ diz MRG'sine sahipti. Her iki grupta da 32 (%44,4) sağ diz MRG, 40 (%55,6) sol diz MRG değerlendirildi. Tüm hastalar dikkate alındığında hasta yaşları 20-76 aralığında ve ortalama yaş 47,18 ± 14,63 yıl iken, stres fraktürü bulunan grupta ortalama yaş 47,29 ± 17,06 yıl, kontrol grubunda ise ortalama yaş 47,07 ± 11,82 yıl idi. Stres fraktürü grubu ile kontrol grubu arasında yaş, cinsiyet ve taraf açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0.05). Çalışmaya dahil edilen hastalara ait demografik veriler ve bu verilerin stres fraktürü grubu/kontrol grubu karşılaştırması Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Demografik özelliklerin hastaların gruplarına göre karşılaştırılması

Değişken	**Grup**	**Stres fraktürü (n=72)**	**Kontrol (n=72)**	**p**
		f(%)	**f(%)**	
Cinsiyet*	Erkek	30(41,6)	30(41,6)	1.000
	Kadın	42(58,4)	42(58,4)	
Taraf *	Sağ	32(44,4)	32(44,4)	1,000
	Sol	40(55,6)	40(55,6)	
Yaş** (Ort±ss) (yıl) (min-max)		47,29 ± 17,06 (20-76)	47,07 ± 11,82 (23-76)	0,928

**Ki-kare yöntemi kullanıldı. ** Bağımsız gruplar t testi yöntemi kullanıldı.*

Çalışma grubunun ölçümlerinde gözlemciler arası ve gözlemci içi tekrarlanabilirliği değerlendirmek için sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplandı. Yapılan ölçümler için sınıf içi korelasyon katsayısı 0.90 ve üzerinde elde edildi (bkz. Tablo 5). Dolayısıyla yapılan ölçümlerin güvenirliği yüksektir.

Tablo 5. Yapılan ölçümlere ilişkin sınıf içi korelasyon katsayıları tablosu

Ölçüm	ICC (intraobserver)	ICC (interobserver)
MTEA	0,936	0,911
MAPU	0,917	0,901
LAPU	0,957	0,944
MLU	0,933	0,928
CAYDK	0,933	0,939

ICC: Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı

Çalışma grubunun MTEA ölçümleri ortalaması 5,08±2,47°, MAPU ölçümleri ortalaması 5,20±0,44 cm, LAPU ölçümleri ortalaması 4,74±2,45 cm, MLU ölçümleri ortalaması 7,38±0,53 cm, CAYDK ortalaması ise 2,33±1,12 cm olup veriler Tablo 6' da sunuldu.

Tablo 6. Hastaların ölçümlerine göre tanımlayıcı istatistikler

Veriler	Min-Maks	Ort±ss	Çarpıklık	Basıklık
Yaş (yıl)	20-76	47,18 ± 14,63	0,037	-0,900
MAPU (cm)	4,1-6.0	5,20 ± 0,44	0,006	-1,083
LAPU (cm)	3,1-5,2	4,74 ± 2,45	0,083	-0,702
MLU (cm)	6,3–8,7	7,38 ± 0,53	0,184	-0,878
MTEA (°)	0,2-13,3	5,08 ± 2,47	0,587	0,405
CAYDK (cm)	0,6-6,6	2,33 ± 1,12	1,040	1,166

Medial tibial platoda stres fraktürü olan grup ile kontrol grubunun MAPU, LAPU ve MLU ölçümleri benzer olup bu iki grup arasında bu parametreler açısından anlamlı farklılık saptanmadı. (p>0.05) (bkz. Tablo 7).

Tablo 7. Stres fraktürü grubu ve kontrol grubunda MAPU, LAPU, MLU ölçümlerinin karşılaştırılması

Değişken	Stres fraktürü grubu	Kontrol grubu	p
	Ort±ss	Ort±ss	
MAPU (cm)	5,21 ± 0,44	5,18 ± 0,45	0,685
LAPU (cm)	4,36 ± 0,45	4,30 ± 0,39	0,377
MLU (cm)	7,40 ± 0,0,55	7,36 ± 0,52	0,686

Bağımsız gruplar t testi yöntemi kullanıldı.

Medial tibial platoda stres fraktürü olan grup ile kontrol grubunu arasında MTEA ölçümleri açısından istatistiksel fark saptanmış olup stres fraktürü bulunan grupta MTEA değerleri kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek idi (p<0.001) (bkz. Tablo 8).

Tablo 8. Stres fraktürü grubu ve kontrol grubunda MTEA ölçümünün karşılaştırılması

Değişken	Stres fraktürü grubu	Kontrol grubu	p
	Ort±ss	Ort±ss	
MTEA (°)	5,82 ± 2,61	4,33 ± 2,08	**,000**

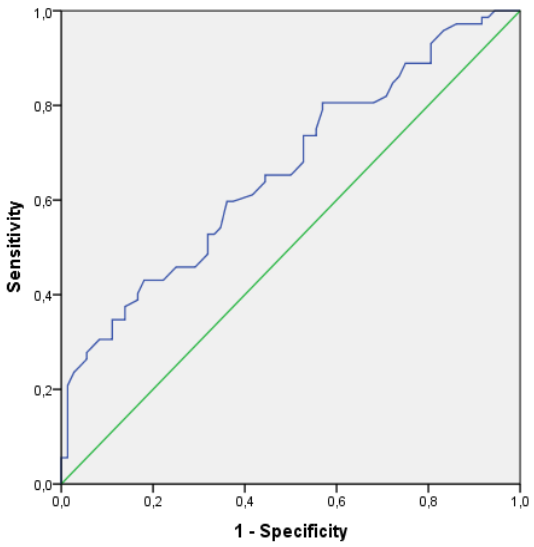
Bağımsız gruplar t testi yöntemi kullanıldı.

Stres fraktürü grubunu kontrol grubundan ayırmak için yapılan ROC analizinde MTEA ölçümü için eğri altında kalan alan 0.663 olarak bulundu ve istatiksel olarak anlamlıdır (p<0.05). Stres fraktürü bulunan hastaları MTEA ölçümlerine göre ayırt edebilmede elde edilen kesme değer (cut off value) 5,050 olup duyarlılık %59,7 ve özgüllük %63,9 olarak bulundu (bkz. Tablo 9).

Tablo 9. MTEA ölçümü için ROC sonucu

Parametre	EAKA (%95 GA)	p	Kesme değer	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)
MTEA (°)	0,663 (0,585-0,750)	**0,001**	5,050	59,7	63,9

EAKA: Eğri Altında Kalan Alan GA: Güven Aralığı



Şekil 32. MTEA ölçümü için ROC eğri grafiği

Medial tibial platoda stres fraktürü olan grup ile kontrol grubunun CAYDK ölçümleri benzer olup bu iki grup arasında bu parametre açısından anlamlı farklılık saptanmadı (p>0.05) (bkz. Tablo 10).

Tablo 10. Stres fraktürü grubu ve kontrol grubunda CAYDK ölçümünün karşılaştırılması

Değişken	Stres fraktürü grubu	Kontrol grubu	p
	Ort±ss	Ort±ss	
CAYDK (cm)	2,31 ± 1,18	2,36 ± 1,18	0,817

Bağımsız gruplar t testi yöntemi kullanıldı.

Çalışma grubunda cinsiyetlere göre MTEA ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı (p<0.05) (bkz. Tablo 11). Kadın hastalar erkek hastalara oranla daha yüksek MTEA değerlerine sahip idi. Yine hastaların cinsiyetlerine göre MAPU, LAPU, MLU ve CAYDK ölçümleri arasında anlamlı farklılık saptandı (p<0.05). Erkek hastaların MAPU, LAPU ve MLU değerleri kadınlara göre daha yüksek iken, CAYDK kadınlarda erkeklere göre anlamlı olarak daha yüksek idi (p<0.05).

Tablo 11. Hastaların cinsiyetine göre ölçümlerin karşılaştırılması

	Erkek (n=60)	Kadın (n=84)	
	Ort±ss	Ort±ss	p
MTEA (°)	4,26 ± 1-92	5,67 ± 2,66	**,001**
MAPU (cm)	5,56 ± 0,27	4,94 ± 0,37	**,000**
LAPU (cm)	4,67 ± 0,27	4,09 ± 0,34	**,000**
MLU (cm)	7,84 ± 0,32	7,05 ± 0,39	**,000**
CAYDK (cm)	1,56 ± 0,62	2,89 ± 1,17	**,000**

Bağımsız gruplar t testi yöntemi kullanıldı.

Stres fraktürü bulunan grupta cinsiyetlere göre MTEA ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı. Kadın hastalar erkek hastalara oranla daha yüksek MTEA değerlerine sahip idi (p<0.05). Yine bu gruptaki hastaların cinsiyetlerine göre MAPU, LAPU, MLU ve CAYDK ölçümleri arasında anlamlı farklılık vardı (p<0.05). Erkek hastaların MAPU, LAPU ve MLU değerleri kadınlara

göre daha büyük iken, CAYDK kadınlarda erkeklere göre anlamlı olarak daha yüksek bulundu (p<0.05) (bkz. Tablo 12).

Kontrol grubunda hastaların cinsiyetlerine göre MTEA ölçümleri arasında anlamlı farklılık bulunmadı (p>0.05). Ancak bu gruptaki hastaların cinsiyetlerine göre MAPU, LAPU, MLU ve CAYDK ölçümleri arasında anlamlı farklılık vardı (p<0.05). Erkek hastaların MAPU, LAPU ve MLU değerleri kadınlara göre daha büyük iken, CAYDK kadınlarda erkeklere göre anlamlı olarak daha yüksek bulundu (p<0.05) (bkz. Tablo 12).

Tablo 12. Stres fraktürü bulunan gruptaki ve kontrol grubundaki hastaların cinsiyetine göre ölçümlerin karşılaştırılması

Değişken	**Stres fraktürü grubu**		**p**	**Kontrol grubu**		**p**
	Erkek (n=30)	**Kadın (n=42)**		**Erkek (n=30)**	**Kadın (n=42)**	
	Ort±ss	**Ort±ss**		**Ort±ss**	**Ort±ss**	
MTEA	4,64 ± 1,76	6,68 ± 2,81	**,001**	3,88 ± 2,04	4,66 ± 2,08	,117
MAPU (cm)	5,59 ± 0,28	4,95 ± 0,33	**,000**	5,53 ± 0,25	4,94 ± 0,40	**,000**
LAPU (cm)	4,75 ± 0,26	4,09 ± 0,33	**,000**	4,59 ± 0,24	4,09 ± 0,35	**,000**
MLU (cm)	7,85 ± 0,39	7,08 ± 0,39	**,000**	7,84 ± 0,22	7,02 ± 0,38	**,000**
CAYDK (cm)	1,65 ± 0,61	2,78 ± 1,26	**,000**	1,47 ± 0,61	2,99 ± 1,08	**,000**

Mann-Whitney U analiz yöntemi kullanıldı.

Medial tibial platoda stres fraktürü bulunan hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığı oranı %40,2 (29/72 hasta) iken, kontrol grubunda %8,8 (338/3848 hasta) idi. Stres fraktürü grubundaki posterior kök yırtığı sıklığı kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak daha yüksek idi (p<0.001) (bkz. Tablo 13).

Tablo 13. Medial menisküs posterior kök yırtığının çalışma grubunda karşılaştırılması

Değişken	**Grup**	**Stres fraktürü (n=72)**	**Kontrol (n=3848)**	**p**
		f(%)	**f(%)**	
Posterior kök yırtığı varlığı *	Var	29(40,2)	338(8,8)	**,000**
	Yok	43 (59,8)	3510(91,2)	

**Ki-kare yöntemi kullanıldı.*

Tibia medial platoda stres fraktürü bulunan hastalar 50 yaşın altında ve üstünde olmak üzere iki gruba ayrıldı. Bu iki grup medial menisküs posterior kök yırtığı açısından karşılaştırıldı. Elli yaşın üzerindeki hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığı oranı %76,4 (39/128hasta) iken, 50 yaşın altındaki hastalarda ise %7,8 (8/147 hasta) idi. Elli yaşın üzerindeki hastalarda posterior kök yırtığı sıklığı daha genç hastalara oranla istatistiksel olarak daha yüksek idi (p<0.001) (bkz. Tablo 14).

Tablo 14. Stres fraktürlü hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığının yaşlara göre karşılaştırılması

Değişken	**Grup**	**< 50 Yaş (n=38)**	**> 50 Yaş (n=34)**	**p**
		f(%)	**f(%)**	
Posterior kök yırtığı varlığı *	Var	3 (7.8)	26 (76,4)	**0,000**
	Yok	35 (92,2)	8 (23,6)	

**Ki-kare yöntemi kullanıldı.*

Tibia medial platoda stres fraktürü bulunan hastalar cinsiyete göre medial menisküs posterior kök yırtığı açısından değerlendirildi. Erkek hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığı oranı %20 (10/30 hasta) iken, kadın hastalarda ise %54,8 (19/42 hasta) idi. Kadın hastalarda posterior kök yırtığı sıklığı erkek hastalara oranla istatistiksel olarak daha yüksek idi (p<0.05) (bkz. Tablo 15).

Tablo 15. Stres fraktürlü hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığının cinsiyetlere göre karşılaştırılması

Değişken	**Grup**	**Erkek (n=30)**	**Kadın (n=42)**	**p**
		f(%)	**f(%)**	
Posterior kök yırtığı varlığı *	Var	6 (20,0)	23 (54,8)	**0,004**
	Yok	24 (80,0)	19 (45,2)	

**Ki-kare yöntemi kullanıldı.*

5. TARTIŞMA

Çalışmamızın sonuçlarından biri tibia medial platoda stres fraktürü varlığının proksimal tibial morfoloji ile ilişkisinin bulunmasıdır. Tibia medial platoda stres fraktürü bulunan hastaların MTEA değerleri normal popülasyona göre daha yüksek bulundu. Elde edilen diğer sonuç ise; medial tibial platoda stres fraktürü bulunan hastaların medial menisküs posterior kök yırtığı birlikteliği normal popülasyona oranla daha sıktır.

Stres fraktürleri yorgunluk fraktürleri ve yetmezlik fraktürleri olarak ikiye ayrılmaktadır [2]. Ancak benzer klinik tablo ve görüntüleme bulguları ile başvuran bu iki grup hastayı ayırt etmek her zaman mümkün olmamakta ve olgular genel anlamda stres fraktürü olarak kabul edilmektedir [3]. Genel popülasyonda stres fraktürü görülme oranı yaklaşık %1 kadar olup bu fraktürlerin %90 kadarı alt ekstremite kemiklerinde ortaya çıkmaktadır. Tibia medial plato stres fraktürleri oldukça nadir olup kliniği diz ekleminin diğer patolojileri ile benzerdir ve erken dönemde radyografilerin negatif olması sebebiyle tibial plato stres fraktürüne tanı koymak zordur[102]. Bu tür fraktürlerin tanısının erken evrede konulup sürecin yönetilmesi kırıkların ilerlemesini önlemek için önemlidir. Erken stres fraktürünün gösterilmesinde MRG'nin önemli bir rolü bulunmaktadır. T2 ağırlıklı görüntüler ve STIR görüntüleri medial tibial platoda lineer bir kırık çizgisi ile birlikte ortaya çıkan kemik ödemini erken dönemde tespit etmek için yararlıdır[103].

Literatürde yer alan çalışmalarda, kadınların erkeklere göre daha yüksek stres fraktürü oranlarına sahip olduğu gösterilmiştir. Nisha ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada stres fraktürü bulunan hastaların %70,1' inin kadındı [105]. Yine Kishiro ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada stres fraktürü grubunun %87' sini kadınlar oluşturmaktadır [106]. Katherine ve arkadaşlarının sporcularda yapmış olduğu epidemiyolojik çalışmada ise kadın sporcularda stres fraktürü görülme oranının erkek sporculara göre 2 kat fazla olduğu gösterilmiştir [107]. Bizim çalışmamızda da literatür ile benzer olarak stres fraktürü bulunan hastalar içerisinde kadın hastaların oranı erkeklere göre daha yüksek idi.

Proksimal tibial morfolojinin diz biyomekaniği ve kinetiği üzerine etkisi olduğu bilinmektedir. Proksimal tibial morfolojinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda MTEA, lateral tibial eğim açısı, MAPU, LAPU, MLU gibi pek çok parametre kullanılmıştır. Ortaya konulan bu parametreler içerisinde diz biyomekaniğini en çok etkilediği gösterilen ve pek çok bağ/eklem patolojisi ile ilişkisi incelenen parametre ise MTEA'dır. Tibial anatomik eksenin dikey çizgisi ile tibial plato tanjantı arasında oluşan açı olan MTEA, tibial platonun posteriora eğimini yansıtır ve diz eklemi stabilitesi ile biyomekaniğinde önemli bir rol oynar [108, 109] . Literatürde MTEA ölçümlerinin ÖÇB yaralanmaları ve menisküs yırtıkları ile ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [7, 8, 110]. Bilgimiz dahilinde literatürde tibial stres fraktürü varlığı ile MTEA'yı ilişkilendiren çalışma bulunmamaktadır.

Yukata ve arkadaşları tibial stres fraktürü bulunan hastalar ile yaptıkları çalışmada stres fraktür hattının tibia üzerindeki lokalizasyonu ile tibial morfolojinin ilişkisini incelemişlerdir. Tibial stres fraktürlerini anteromedial, posteromedial ve posterior yerleşimli fraktürler olarak 3 gruba ayırmışlardır. Posterior yerleşimli stres fraktürlerinde MTEA anteromedial ve posteromedial yerleşimli stres fraktürlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Posteromedial stres fraktürlerinin MTEA'sı da anteromedial stres fraktürlerinden daha yüksek bulunmuştur [4]. Yapılan çalışmada kontrol grubu oluşturulmamış olup gruplar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda Yukata ve arkadaşlarından farklı olarak tibial stres fraktürü bulunmayan hastalardan bir kontrol grubu oluşturduk. Tibia medial platoda stres fraktürü bulunan hastaların MTEA'ları kontrol grubuna daha yüksek idi. Artmış MTEA'nın diz biyomekaniği ve kinetiği üzerine olumsuz etkisi bulunmaktadır [109]. Artmış MTEA, tibial platodaki makaslama kuvvetinin büyüklüğü ile ilişkili olup eklemin biyomekaniğini etkileyerek sagittal kuvvet hattının tibianın önünden arkasına kaymasına ve tibia ile femoral kondil arasındaki temas noktasının geriye doğru hareket etmesine neden olacaktır. Bu durum tibial platonun arkasındaki yükü artıracak ve bu da diz ekleminin ön ve arka instabilitesine neden olacaktır [111]. Ayrıca her iki grupta da MTEA değerleri kadınlarda erkeklere oranla daha büyük bulunmuş olup stres fraktürü bulunan grupta bu yükseklik istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu da kadın hastaların stres fraktürüne olan yatkınlıklarını açıklamaya yardımcı olabilir.

MTEA'daki artış tibia medial plato stres kırığına yatkınlık oluşturmaktadır. Bu açının 5,05 °'nin üzerinde olması stres fraktürü gelişmesi açısından risk faktörüdür. Bu kişilerin günlük ve sportif aktivitelerinin düzenlenmesi ve metabolik takiplerininin yapılması ile onları stres fraktürlerinden korumak mümkün müdür sorusunu yapılacak prospektif çalışmaların aydınlatacağı görüşündeyiz.

Çalışmamızda proksimal tibial morfolojiyi değerlendirmek için ayrıca MAPU, LAPU, MLU ölçümleri de yaptık [112]. Literatürde MTEA da olduğu gibi bu ölçümler ile tibial stres fraktürü varlığını ilişkilendiren çalışma bulunmamaktadır. Bu ölçümler açısından stres fraktürü grubu ile kontrol grubu arasında fark saptamadık. Ayrıca literatürdeki çalışmalara benzer şekilde, her iki grupta da erkekler kadınlara göre daha büyük MAPU, LAPU ve MLU değerlerine sahip idi [113]. Ayrıca her iki grupta ve her iki cinsiyette de MAPU değerleri LAPU değerlerinden daha yüksek idi.

Meniskal kök yırtıkları menisküs kökü düzeyinin avülsiyon hasarını veya kök yapışma yerine 1 cm mesafedeki radyal yırtıkları kapsamaktadır. Medial menisküs posterior kök yırtıkları, medial menisküs arka boynuz yırtıklarının yaklaşık %21,5' ini oluşturmaktadır. Menisküs kök yırtıkları MRG'de menisküs aksına dik hiperintens lineer sinyal artımı, menisküs ekstrüzyonu ile birlikte görülen vertikal seyirli lineer defekt ve hayalet menisküs bulguları ile kendini göstermektedir [114].

Hwang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada kadın cinsiyetin ve artmış yaşın menisküs kök yırtığı için risk faktörü olduğunu ortaya koymuşlardır [7]. Kamatsuki ve arkadaşlarının 234 medial menisküs kök yırtığına sahip hasta ile yaptıkları çalışmada kadın hasta oranı % 79,9 ve bu hastaların yaş ortalaması 65.4 yıldır [115]. Bizim çalışmamızda da stres fraktürü bulunan grupta cinsiyetler arasında kök yırtığı sıklığı karşılaştırılmış olup kadınlarda daha fazla idi. Ayrıca stres fraktürü bulunan hastaları 50 yaşın üzeri ve altı olmak üzere iki kategoriye ayırarak bu iki grup arasındaki kök yırtığı sıklığını karşılaştırdık. 50 yaşın üzerinde kök yırtığı sıklığı daha fazla idi.

Yao ve arkadaşları yaptıkları çalışmada diz eklemi düzeyindeki özellikle femoral kondiller düzeyindeki stres reaksiyonlarının (Dizin spontan osteonekrozu vb.) menisküs yırtıkları ile birlikteliğinin sık olduğunu göstermiştir [116]. Pareek ve

arkadaşları 2020 yılında 277 hasta ile diz düzeyinde spontan osteonekroz ve subkondral yetmezlik fraktürünü değerlendirdikleri çalışmalarında %55 oranında (123 hasta) tibiada subkondral yetmezlik fraktürü ve bu hastaların %74 ünde medial menisküste kök veya radyal yırtık saptamışlardır [117]. Clark ve arkadaşları diz ekleminde yetmezlik fraktürünü değerlendirdikleri çalışmalarında %86,8 oranında (105/121 hasta) bu fraktürü tibia medial platoda bildirmişlerdir. Bu hastalarda %71,1 oranında medial menisküste kök veya radyal yırtığın eşlik ettiğini saptamışlardır [118]. Bizim çalışmamamızda da stres fraktürü grubunda medial menisküs posterior kök yırtığı daha yüksek orandaydı. Elli yaşın üzerinde kök yırtığı saptama oranımız daha yüksek idi. Bu da göstermektedir ki dizin medial kompartman yetmezlik kırıkları ile medial menisküs kök yırtığı birlikteliği yüksektir.

Moon ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada artroskopik olarak doğrulanmış medial menisküs posterior kök yırtığı bulunan hastalarda direkt grafi üzerinden yapılan posterior tibial eğim açısı ölçümleri kontrol grubuna oranla daha yüksek bulunmuştur [8]. Ayrıca Wang ve arkadaşlarının 2020 yılında yapmış oldukları MRG çalışmasında medial menisküs yırtığı bulunan hastalarda MTEA değerleri kontrol grubuna oranla daha yüksek bulunmuş olup artmış MTEA değerlerinin menisküs yırtığına zemin hazırladığını ortaya koymuştur [119] . Stres fraktürü grubunda artan MTEA değerlerinin aynı zamanda medial menisküs posterior kök yırtığına neden olabileceği de düşünülmüştür.

Çalışmamızda vücut kitle indeksi (VKİ) değerlerinin stres fraktürü üzerine etkisini incelemek istedik. Ancak çalışmamızın retrospektif doğası sebebiyle hastaların VKİ değerlerine ulaşamadık. Nadeem ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada VKI ile cilt altı yağ doku kalınlığı ölçümleri arasında güçlü bir korelasyon bulunduğunu ortaya koymuşlardır [120]. Biz de stres fraktürlü hastalarda ve kontrol grubunda mevcut diz MRG görüntüleri üzerinden cilt altı yağ doku kalınlığını ölçerek dolaylı olarak VKİ'yi araştırdık. Stres fraktürlü hastalar ve kontrol grubu arasında bu açıdan anlamlı fark saptamadık. Bulgularımız Khiro ve arkdaşları ile uyumluydu [106]. Bu da göstermektedir ki diz üzerine olan stres fraktürlerine VKİ'nin etkisi yoktur. Ancak her iki grupta da CAYDK ölçümleri kadın hastalarda erkek hastalara göre daha yüksek idi. Yapılan daha önceki çalışmalarda erkek ve kadın vücut

kompozisyonlarının farklı olduğu gösterilmiş olup erkeklerin kadınlara oranla daha fazla kas ve daha az yağ dokuya sahip olduğu ortaya konmuştur [121-123]. Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmamızda birtakım kısıtlılıklar bulunmaktadır. Öncelikle çalışmamız retrospektif özellikte bir çalışma olup çalışma grubumuz küçük idi. Hastaların klinik bilgilerine ulaşılamadığı için yorgunluk ve yetmezlik kırığı ayrımı yapılamamış olup vakalar stres fraktürü başlığı altında toplandı. Hastaların sosyodemografik verilerine (spor alışkanlıkları vs.) ulaşılamamıştır. Ayrıca çalışmaya dahil edilen medial menisküs posterior kök yırtığı bulunan hastalarda artroskopik korelasyon yapılamamıştır.

Sonuç olarak; tibia medial plato posterior eğiminin artması medial tibial plato lokalizasyonunda stres fraktürüne yatkınlığı arttırmaktadır. Ayrıca medial tibial platoda stres fraktürü bulunan hastalarda medial menisküs posterior kök yırtığı birlikteliği daha sıktır.

7. KAYNAKLAR

1. Tuba Bahtiyarca, Z., et al., *Stres Kırıklarına Yaklaşım: Üç Olgu Sunumu ve Literatürün Gözden Geçirilmesi.* Turkish Journal of Osteoporosis/Turk Osteoporoz Dergisi, 2021. 27(2).
2. Matcuk, G.R., et al., *Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options.* Emergency radiology, 2016. 23: p. 365-375.
3. Tins, B.J., et al., *Stress fracture of the pelvis and lower limbs including atypical femoral fractures—a review.* Insights into imaging, 2015. 6: p. 97-110.
4. Yukata, K., et al., *Medial tibial plateau morphology and stress fracture location: A magnetic resonance imaging study.* World journal of orthopedics, 2017. 8(6): p. 484.
5. Vossinakis, I. and T. Tasker, *Stress fracture of the medial tibial condyle.* The Knee, 2000. 7(3): p. 187-190.
6. Spitz, D.J. and A.H. Newberg, *Imaging of stress fractures in the athlete.* Radiologic Clinics, 2002. 40(2): p. 313-331.
7. Hwang, B.-Y., et al., *Risk factors for medial meniscus posterior root tear.* The American journal of sports medicine, 2012. 40(7): p. 1606-1610.
8. Moon, H.-S., et al., *Medial meniscal posterior horn tears are associated with increased posterior tibial slope: a case-control study.* The American Journal of Sports Medicine, 2020. 48(7): p. 1702-1710.
9. Okazaki, Y., et al., *Steep posterior slope of the medial tibial plateau is associated with ramp lesions of the medial meniscus and a concomitant anterior cruciate ligament injury.* Asia-Pacific journal of sports medicine, arthroscopy, rehabilitation and technology, 2021. 24: p. 23-28.
10. Hudek, R., et al., *Novel measurement technique of the tibial slope on conventional MRI.* Clinical Orthopaedics and Related Research®, 2009. 467(8): p. 2066-2072.
11. Sauer, S., R. English, and M. Clatworthy, *The ratio of tibial slope and meniscal bone angle for the prediction of ACL reconstruction failure risk.* The Surgery Journal, 2018. 4(03): p. e152-e159.
12. Alici, T., et al., *Relationship between meniscal tears and tibial slope on the tibial plateau.* The Eurasian journal of medicine, 2011. 43(3): p. 146.
13. Wang, P., et al., *Morphometric characteristics of the knee are associated with the injury of the meniscus.* Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 2022. 17(1): p. 498.
14. Desdicioğlu, K., *Articulatio genu'nun morfolojik özellikleri.* Medical Journal of Süleyman Demirel University, 2009. 15(1): p. 45-52.

15. Arıncı, K. and A. Elhan, *Anatomi (1. cilt)*. Vol. 1. Cilt. 2006, Ankara: Güneş Kitabevi.

16. Hassebrock, J.D., et al., *Knee Ligament Anatomy and Biomechanics.* Sports Medicine and Arthroscopy Review, 2020. 28(3): p. 80-86.

17. Abulhasan, J.F. and M.J. Grey, *Anatomy and Physiology of Knee Stability.* Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 2017. 2(4): p. 34.

18. Gövsa, F., *Sistematik Anatomi*. 2013, İzmir: Güven Kitabevi.

19. Scuderi, G.R. and A.J. Tria, *Knee, The: A Comprehensive Review*. 2010, Singapore: World Scientific Publishing.

20. Çimen, A., *A. Anatomi*. 1994, Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.

21. Standring, S., *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice.* 39th ed. 2005, Spain: Elsevier Churchill Livingstone.

22. Yıldırım, M., *İnsan Anatomisi*. 5. Baskı ed. 2000, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.

23. Arıncı, K. and A. Elhan, *Anatomi: Kemikler, Eklemler, Kaslar, Iç Organlar*. 2014, Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.

24. Şen, T., A.F. Esmer, and İ. Tekdemir, *Patellofemoral eklem anatomisi.* TOTBİD Dergisi, 2012. 11(4): p. 265-268.

25. Lippert, L.S., *Clinical Kinesiology and Anatomy (5th ed.)*. 2011, Philadelphia, PA: Davis Company.

26. Esmer, A.B. and M. Binnet, *Diz ekleminin cerrahi anatomisi.* TOTBİD Dergisi, 2011. 10(1): p. 38-44.

27. Snell, R.S., *Tıp Fakültesi Öğrencileri için Klinik Anatomi (5.Baskı) (M.Yıldırım, Çev.)*. 1995, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri & Yüce Yayım.

28. Taner, D., et al., *Fonksiyonel Anatomi, Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi*. 2003, Ankara: Hekimler Yayın Birliği.

29. O'brien, M., *Clinical Anatomy of the Patellofemoral Joint.* 2001. 2.

30. Schmutzer, M. and A. Aszodi, *Cell compaction influences the regenerative potential of passaged bovine articular chondrocytes in an ex vivo cartilage defect model.* Journal of Bioscience and Bioengineering, 2017. 123(4): p. 512-522.

31. Eckstein, F., M. Hudelmaier, and R. Putz, *The effects of exercise on human articular cartilage.* J Anat, 2006. 208(4): p. 491-512.

32. Sophia Fox, A.J., A. Bedi, and S.A. Rodeo, *The basic science of articular cartilage: structure, composition, and function.* Sports Health, 2009. 1(6): p. 461-8.

33. Tüzün, F., *Hareket Sistemi Hastalıkları*. 1997, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.

34. Boles, C.A. and D.F. Martin, *Synovial plicae in the knee.* AJR Am J Roentgenol, 2001. 177(1): p. 221-7.

35. Hodge, J.C., et al., *Synovial plicae and chondromalacia patellae: correlation of results of CT arthrography with results of arthroscopy.* Radiology, 1993. 186(3): p. 827-31.

36. Ralphs, J.R. and M. Benjamin, *The joint capsule: structure, composition, ageing and disease.* J Anat, 1994. 184 (Pt 3)(Pt 3): p. 503-9.

37. Fanelli, G.C., *The Multiple Ligament Injured Knee: A Practical Guide to Management*. 2012: Springer New York.

38. Lee, K., et al., *Anterior cruciate ligament tears: MR imaging-based diagnosis in a pediatric population.* Radiology, 1999. 213(3): p. 697-704.

39. Moore, K.L., A.F. Dalley, and A.M.R. Agur, *Clinically Oriented Anatomy*. 2013: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.

40. Moore, K.L. and A.F. Dalley, *Kliniğe Yönelik Anatomi (K. Şahinoğlu Çev.)*. 1999, Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri.

41. Danielson, P., *Innervation Patterns and Locally Produced Signal Substances in the Human Patellar Tendon: Of Importance when Understanding the Processes of Tendinosis*. 2007: Univ.

42. Manaster, B.J., *Diagnostic and Surgical Imaging Anatomy: Musculoskeletal*. 2006: Amirsys.

43. Andrews, K., et al., *Review: Medial collateral ligament injuries.* J Orthop, 2017. 14(4): p. 550-554.

44. Grawe, B., et al., *Lateral Collateral Ligament Injury About the Knee: Anatomy, Evaluation, and Management.* J Am Acad Orthop Surg, 2018. 26(6): p. e120-e127.

45. Shetty, A., et al., *Lateral collateral ligament and anterolateral ligament of the knee - A morphological analysis with orthopedic significance.* Knee, 2021. 28: p. 202-206.

46. Wu, X.D., et al., *Anatomical Characteristics and Biomechanical Properties of the Oblique Popliteal Ligament.* Sci Rep, 2017. 7: p. 42698.

47. Fam, L.P.D., et al., *Oblique popliteal ligament - an anatomical study.* Rev Bras Ortop, 2013. 48(5): p. 402-405.

48. Juhng, S.K., et al., *MR evaluation of the "arcuate" sign of posterolateral knee instability.* AJR Am J Roentgenol, 2002. 178(3): p. 583-8.

49. Vinson, E.N., N.M. Major, and C.A. Helms, *The posterolateral corner of the knee.* AJR Am J Roentgenol, 2008. 190(2): p. 449-58.

50. Brody, J.M., et al., *The meniscal roots: gross anatomic correlation with 3-T MRI findings.* AJR Am J Roentgenol, 2007. 188(5): p. W446-50.

51. Messner, K. and J. Gao, *The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment.* J Anat, 1998. 193 (Pt 2)(Pt 2): p. 161-78.

52. Mesgarzadeh, M., et al., *MR imaging of the knee: expanded classification and pitfalls to interpretation of meniscal tears.* Radiographics, 1993. 13(3): p. 489-500.

53. Brindle, T., J. Nyland, and D.L. Johnson, *The meniscus: review of basic principles with application to surgery and rehabilitation.* J Athl Train, 2001. 36(2): p. 160-9.

54. Weinstein, S.L. and J.A. Buckwalter, *Turek's Orthopaedics: Principles and Their Application*. 2005: Lippincott Williams & Wilkins.

55. Gray, H., et al., *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 2005: Elsevier Churchill Livingstone.

56. Leveton, A.L., *March (fatigue) fractures of the long bones of the lower extremity and pelvis.* The American Journal of Surgery, 1946. 71(2): p. 222-232.

57. Pentecost, R.L., R.A. Murray, and H.H. Brindley, *Fatigue, insufficiency, and pathologic fractures.* Jama, 1964. 187(13): p. 1001-1004.

58. Pepper, M., V. Akuthota, and E.C. McCarty, *The pathophysiology of stress fractures.* Clinics in sports medicine, 2006. 25(1): p. 1-16.

59. Pathria, M.N., C.B. Chung, and D.L. Resnick, *Acute and Stress-related Injuries of Bone and Cartilage: Pertinent Anatomy, Basic Biomechanics, and Imaging Perspective.* Radiology, 2016. 280(1): p. 21-38.

60. Rosen, C.J., *Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism*. 2009: John Wiley & Sons.

61. Krestan, C.R., U. Nemec, and S. Nemec. *Imaging of insufficiency fractures*. in *Seminars in musculoskeletal radiology*. 2011. © Thieme Medical Publishers.

62. Chamay, A. and P. Tschantz, *Mechanical influences in bone remodeling. Experimental research on Wolff's law.* Journal of biomechanics, 1972. 5(2): p. 173-180.

63. Kadel, N.J., C.C. Teitz, and R.A. Kronmal, *Stress fractures in ballet dancers.* The American journal of sports medicine, 1992. 20(4): p. 445-449.

64. Bennell, K.L., et al., *Risk factors for stress fractures in track and field athletes: a twelve-month prospective study.* The American journal of sports medicine, 1996. 24(6): p. 810-818.

65. Bennell, K.L., et al., *The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes: a twelve-month prospective study.* The American journal of sports medicine, 1996. 24(2): p. 211-217.

66. Warden, S.J., D.B. Burr, and P.D. Brukner, *Stress fractures: pathophysiology, epidemiology, and risk factors.* Current osteoporosis reports, 2006. 4(3): p. 103-109.

67. Bell, D.G. and I. Jacobs, *Electro-mechanical response times and rate of force development in males and females.* Medicine and science in sports and exercise, 1986. 18(1): p. 31-36.

68. Csizy, M., R. Babst, and K. Fridrich, *" Bone tumor" diagnostic error in stress fracture of the medial tibial plateau.* Der Unfallchirurg, 2000. 103(11): p. 993-995.

69. Bojanic, I., A. Ivkovic, and M. Pecina, *Knee Joint: Overuse Injuries.* 2008.

70. Muthukumar, T., S.H. Butt, and V.N. Cassar-Pullicino. *Stress fractures and related disorders in foot and ankle: plain films, scintigraphy, CT, and MR Imaging*. in *Seminars in musculoskeletal radiology*. 2005. Copyright© 2005 by Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New ….

71. Anderson, M.W., *Imaging of upper extremity stress fractures in the athlete.* Clinics in sports medicine, 2006. 25(3): p. 489-504.

72. Soubrier, M., et al., *Insufficiency fracture. A survey of 60 cases and review of the literature.* Joint Bone Spine, 2003. 70(3): p. 209-218.

73. Zebaze, R.M., et al., *Intracortical remodelling and porosity in the distal radius and post-mortem femurs of women: a cross-sectional study.* The Lancet, 2010. 375(9727): p. 1729-1736.

74. Speziali, A., et al., *Postpartum sacral stress fracture: an atypical case report.* Case Reports in Orthopedics, 2015. 2015(1): p. 704393.

75. Rheinboldt, M., D. Harper, and M. Stone, *Atypical femoral fractures in association with bisphosphonate therapy: a case series.* Emergency radiology, 2014. 21: p. 557-562.

76. Daffner, R.H. and H. Pavlov, *Stress fractures: current concepts.* AJR. American journal of roentgenology, 1992. 159(2): p. 245-252.

77. Berger, F.H., M.C. de Jonge, and M. Maas, *Stress fractures in the lower extremity: the importance of increasing awareness amongst radiologists.* European journal of radiology, 2007. 62(1): p. 16-26.

78. Marshall, R.A., et al., *Imaging features and management of stress, atypical, and pathologic fractures.* Radiographics, 2018. 38(7): p. 2173-2192.

79. Anderson, M.W., et al., *Shin splints: MR appearance in a preliminary study.* Radiology, 1997. 204(1): p. 177-180.

80. Mandell, J.C., B. Khurana, and S.E. Smith, *Stress fractures of the foot and ankle, part 1: biomechanics of bone and principles of imaging and treatment.* Skeletal Radiology, 2017. 46: p. 1021-1029.

81. Banal, F., et al., *Sensitivity and specificity of ultrasonography in early diagnosis of metatarsal bone stress fractures: a pilot study of 37 patients.* The Journal of rheumatology, 2009. 36(8): p. 1715-1719.

82. Sofka, C.M., *Imaging of stress fractures.* Clinics in sports medicine, 2006. 25(1): p. 53-62, viii.

83. Drakonaki, E.E. and A. Garbi, *Metatarsal Stress Fracture Diagnosed With High-Resolution Sonography.* Journal of Ultrasound in Medicine, 2010. 29(3): p. 473-476.

84. Horev, G., et al., *The enigma of stress fractures in the pediatric age: clarification or confusion through the new imaging modalities.* Pediatric radiology, 1990. 20: p. 469-471.

85. Anderson, M.W. and A. Greenspan, *Stress fractures.* Radiology, 1996. 199(1): p. 1-12.

86. Fredericson, M., et al., *Tibial stress reaction in runners: correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system.* The American journal of sports medicine, 1995. 23(4): p. 472-481.

87. Yao, L., et al., *Stress injuries of bone: analysis of MR imaging staging criteria.* Academic radiology, 1998. 5(1): p. 34-40.

88. Arendt, E.A. and H.J. Griffiths, *The use of MR imaging in the assessment and clinical management of stress reactions of bone in high-performance athletes.* Clinics in sports medicine, 1997. 16(2): p. 291-306.

89. Deutsch, A.L., M.N. Coel, and J.H. Mink, *Imaging of stress injuries to bone: radiography, scintigraphy, and MR imaging.* Clinics in sports medicine, 1997. 16(2): p. 275-290.

90. Rigotti, N.A., et al., *The clinical course of osteoporosis in anorexia nervosa: a longitudinal study of cortical bone mass.* Jama, 1991. 265(9): p. 1133-1138.

91. Mueller, D., et al., *Magnetic resonance perfusion and diffusion imaging characteristics of transient bone marrow edema, avascular necrosis and subchondral insufficiency fractures of the proximal femur.* European journal of radiology, 2014. 83(10): p. 1862-1869.

92. Kijowski, R., et al., *Validation of MRI classification system for tibial stress injuries.* American Journal of Roentgenology, 2012. 198(4): p. 878-884.

93. Thrall, J.H. and H. Ziessman, *Nuclear medicine: the requisites.* Mosby-Year Book, Inc, 1995: p. 302.

94. Zwas, S.T., R. Elkanovitch, and G. Frank, *Interpretation and classification of bone scintigraphic findings in stress fractures.* Journal of Nuclear Medicine, 1987. 28(4): p. 452-457.

95. Raasch, W.G. and D.J. Hergan, *Treatment of stress fractures: the fundamentals.* Clinics in sports medicine, 2006. 25(1): p. 29-36.

96. Boden, B.P. and D.C. Osbahr, *High-risk stress fractures: evaluation and treatment.* JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2000. 8(6): p. 344-353.

97. Debnath, U.K., et al., *Clinical outcome of symptomatic unilateral stress injuries of the lumbar pars interarticularis.* Spine, 2007. 32(9): p. 995-1000.

98. Lyders, E., et al., *Imaging and treatment of sacral insufficiency fractures.* American journal of neuroradiology, 2010. 31(2): p. 201-210.

99. Yamamoto, T. and P.G. Bullough, *Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture.* JBJS, 2000. 82(6): p. 858.

100. Uehara, K., et al., *Anthropometry of the proximal tibia to design a total knee prosthesis for the Japanese population.* The Journal of arthroplasty, 2002. 17(8): p. 1028-1032.

101. Cheng, F.B., et al., *Three dimensional morphometry of the knee to design the total knee arthroplasty for Chinese population.* The Knee, 2009. 16(5): p. 341-347.

102. Kok, H.K., et al., *Correlation between subcutaneous knee fat thickness and chondromalacia patellae on magnetic resonance imaging of the knee.* Canadian Association of Radiologists Journal, 2013. 64(3): p. 182-186.

103. Tabachnick, B.G., L.S. Fidell, and J.B. Ullman, *Using multivariate statistics*. Vol. 6. 2013: pearson Boston, MA.

104. Pallant, J., *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS*. 2020: Routledge.

105. Kale, N.N., et al., *Age and Female Sex Are Important Risk Factors for Stress Fractures: A Nationwide Database Analysis.* Sports Health, 2022. 14(6): p. 805-811.

106. Kishiro, S., et al., *Subchondral insufficiency fractures of the medial tibial condyle are associated with medial meniscus extrusion: A retrospective observational study.* Journal of Orthopaedic Science, 2024.

107. Rizzone, K.H., et al., *The epidemiology of stress fractures in collegiate student-athletes, 2004–2005 through 2013–2014 academic years.* Journal of athletic training, 2017. 52(10): p. 966-975.

108. Chen, Y., et al., *Radiographic measurement of the posterior tibial slope in normal Chinese adults: a retrospective cohort study.* BMC Musculoskeletal Disorders, 2022. 23(1): p. 386.

109. Deng, X., et al., *The influence of the steep medial posterior tibial slope on medial meniscus tears in adolescent patients: a retrospective case-control study.* BMC Musculoskeletal Disorders, 2021. 22: p. 1-7.

110. Zeng, C., et al., *The influence of the tibial plateau slopes on injury of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis.* Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2014. 22: p. 53-65.

111. Giffin, J.R., et al., *Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee.* The American journal of sports medicine, 2004. 32(2): p. 376-382.

112. Phombut, C., S. Rooppakhun, and B. Sindhupakorn, *Morphometric measurement of the proximal tibia to design the tibial component of total knee arthroplasty for the Thai population.* J Exp Orthop, 2021. 8(1): p. 118.

113. Gandhi, S., et al., *Morphometric analysis of upper end of tibia.* Journal of clinical and diagnostic research: JCDR, 2014. 8(8): p. AC10.

114. Pache, S., et al., *Meniscal root tears: current concepts review.* Archives of Bone and Joint Surgery, 2018. 6(4): p. 250.

115. Kamatsuki, Y., et al., *Epidemiological features of acute medial meniscus posterior root tears.* International Orthopaedics, 2023. 47(10): p. 2537-2545.

116. Yao, L., J. Stanczak, and R.D. Boutin, *Presumptive subarticular stress reactions of the knee: MRI detection and association with meniscal tear patterns.* Skeletal radiology, 2004. 33: p. 260-264.

117. Pareek, A., et al., *Spontaneous osteonecrosis/subchondral insufficiency fractures of the knee: high rates of conversion to surgical treatment and arthroplasty.* JBJS, 2020. 102(9): p. 821-829.

118. Clark, S.C., et al., *High incidence of medial meniscus root/radial tears and extrusion in 253 patients with subchondral insufficiency fractures of the knee.* Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2024.

119. Wang, X., et al., *Effects of medial meniscal slope and medial posterior tibial slope on the locations of meniscal tears: A retrospective observational study.* Medicine, 2020. 99(47): p. e23351.

120. Nadeem, B., R. Bacha, and S.A. Gilani, *Correlation of subcutaneous fat measured on ultrasound with body mass index.* Journal of medical ultrasound, 2018. 26(4): p. 205-209.

121. Silva, A.M., et al., *Ethnicity-related skeletal muscle differences across the lifespan.* American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association, 2010. 22(1): p. 76-82.

122. Gallagher, D., et al., *Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity.* Journal of applied physiology, 1997. 83(1): p. 229-239.

123. Janssen, I., et al., *Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr.* Journal of applied physiology, 2000.

8. EKLER

Ek 1: ANKARA ŞEHİR HASTANESİ 2 NOLU KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL ONAYI

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
İL SAĞLIK MÜDÜRLÜĞÜ
Ankara Bilkent Şehir Hastanesi

2 NOLU
TIBBİ ARAŞTIRMALAR BİLİMSEL VE ETİK DEĞERLENDİRME KURULU
(TABED) BAŞKANLIĞI'NA

Sayı : TABED 2-24 - 365

365 -no'lu çalışma

Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Radyoloji Kliniği'nde yapılması planlanan "Tibia Medial Plato Stres Kırıklarında Tibial Morfolojinin Etkisi ve Medial Menisküs Arka Kök Yırtığı Birlikteliği: MRG Çalışması" konulu çalışma incelenmiş olup, Etik açıdan oy birliğiyle uygun görülmüştür.

24/07/2024

Etik Kurul Sekreterliği Üniversiteler Mah. Bilkent Cad. No:1 Çankaya/Ankara

Tel: 0 (312) 552 66 00 Dahili : 772 998 / 772 999