



**DİYARBAKIR GAZİ YAŞARGİL
EĞTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ**

**T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GAZİ YAŞARGİL EĞTİM VE ARAŞTIRMA
HASTANESİ**

**ACİL SERVİSTE BASİT DÜŞME SONUCU PROKSİMAL
FEMUR FRAKTÜRÜ SAPTANAN HASTALARDA
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE ÖLÇÜLEN HOUNSFİELD
BİRİMİNİN FRAKTÜRÜ ÖNGÖRMEDEKİ YERİ**

**Dr. SAVAŞ ALDI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

DİYARBAKIR – 2023



DİYARBAKIR GAZİ YAŞARGİL
EĞİTİM VE ARAŞTIRMA HASTANESİ

T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GAZİ YAŞARGİL EĞİTİM VE ARAŞTIRMA
HASTANESİ

**ACİL SERVİSTE BASİT DÜŞME SONUCU PROKSİMAL
FEMUR FRAKTÜRÜ SAPTANAN HASTALARDA
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE ÖLÇÜLEN HOUNSFİELD
BİRİMİNİN FRAKTÜRÜ ÖNGÖRMEDEKİ YERİ**

Dr. SAVAŞ ALDI
TIPTA UZMANLIK TEZİ

DOÇ. DR. SONGÜL ARAÇ
TEZ DANIŞMANI

DİYARBAKIR – 2023

TEZ KABUL ONAYI

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil
kliniği.....



BEYAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Mevcut tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Mevcut tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Dr. Savaş Aldı

ÖZET

Giriş ve Amaç: Bu çalışmada amacımız bilgisayarlı tomografi ile ölçülen hounsfield ünitesinin acil servise basit düşme ile başvuran hastalarda proksimal femur fraktür gelişiminde öngörücü olarak kullanılabilirliğini saptamak.

Gereç ve Yöntem: 2020-2023 arasında Gazi Yaşargil Hastanesi'nde yapılan bu çalışma, basit düşme sonucu başvuran yetişkin hastaların proksimal femur kırıklarını incelemiştir. Retrospektif analizle, düşme sonrası kırık gelişen ve gelişmeyen iki grup hasta demografik, klinik ve radyolojik olarak karşılaştırılmıştır. Tüm hastaların, kırık yerine göre, femur HU hesaplanıp kırık ile ilişkisi değerlendirildi.

Bulgular: Grup 1'de toplam 91 hasta ve grup 2'de toplam 90 olmak üzere çalışmamıza 181 hasta dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen hastaların %51.4'ü (n=93) kadınlardan oluşmaktaydı. Hastaların yaş ortancası 76 [67-84] idi. Hastaların %58'inde (n=53) kırık sol tarafta, %42'sinde (n=38) sağ tarafta idi. Kırık bölgesinin HU değerleri, kırık tarafında ortalama 45.1 ± 55.4 iken, karşı tarafta 79.4 ± 52.9 olarak tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Kırık distalinde kadınlardaki HU değeri daha düşük idi ($p < 0.05$). Hastanın iyonize kalsiyum değerleri ile kırık proksimalinden ölçülen HU değeri arasında negatif korelasyon saptandı ($p = 0.046$, $r = -0.250$). Kırığın proksimalinden ölçülen HU kırık grubunda 229 iken kırık olmayan grupta 278 olarak saptanmıştır ($p < 0.001$). Kırık bölgesinde ölçülen HU değerinde, kırık olmayan grupla karşılaştırıldığında, kırık grubunda daha düşük (45.1) saptanmıştır ($p < 0.001$). Düşme sonrası kırık gelişen ve gelişmeyen hastaların kırık oluşma öngörüsü için yapılan ROC analizinde elde edilen optimal cut-off değeri 72 HU olup bu değerdeki sensitivite %58, spesificite %73, pozitif prediktif değeri %68, ve negatif prediktif değeri %63 olarak hesaplanmıştır (AUC: 0.663). Kırık bölgesindeki $HU > 72$ cut-off değerinde kırık oluşma riskini öngören modelde Odds oranı 3.3 (1.63-6.17) saptandı. Çalışmamızda kırık grubunda mortalite oranı %7 (n=6) saptanmıştır.

Sonuç: Düşük HU değerlerinin, femur fraktürü riski ile ciddi anlamda korele olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Hounsfield birimi, proksimal femur fraktürü, basit düşme, kemik kalitesi

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to determine the usability of the Hounsfield unit (HU) measured by computed tomography as a predictor of proximal femur fracture development in patients presenting to the emergency department with a simple fall.

Material and Method: This study, conducted at Gazi Yaşargil Hospital between 2020 and 2023, examined the proximal femur fractures of adult patients who presented after a simple fall. A retrospective analysis compared two groups of patients who developed fractures after the fall and those who did not, demographically, clinically, and radiologically. The HU of the femur was calculated for all patients according to the fracture location and the relationship with the fracture was evaluated.

Results: A total of 181 patients were included in our study, with 91 in Group 1 and 90 in Group 2. 51.4% (n=93) of the patients included in the study were women. The median age of the patients was 76 [67-84]. 58% (n=53) of the fractures were on the left side and 42% (n=38) on the right side. The HU values of the fracture area were on average 45.1 ± 55.4 on the fractured side, while 79.4 ± 52.9 on the opposite side ($p < 0.001$). The HU value below the fracture was lower in women ($p < 0.05$). A negative correlation was found between the patient's ionized calcium values and the HU measured from the proximal to the fracture ($p = 0.046$, $r = -0.250$). The HU measured from the proximal to the fracture was 229 in the fracture group, while it was 278 in the non-fracture group ($p < 0.001$). The HU measured in the fracture area was found to be lower (45.1) in the fracture group compared to the non-fracture group ($p < 0.001$). The optimal cut-off value obtained from the ROC analysis for predicting fracture development in patients with and without a fall-induced fracture was 72 HU, with a sensitivity of 58%, specificity of 73%, positive predictive value of 68%, and a negative predictive value of 63% (AUC: 0.663). An Odds ratio of 3.3 (1.63-6.17) was found in the model predicting the risk of fracture at the $HU > 72$ cut-off value. A mortality rate of 7% (n=6) was found in the fracture group in our study.

Conclusion: Low HU values are significantly correlated with the risk of femur fracture.

Keywords: Hounsfield unit, proximal femur fracture, simple fall, bone quality

TEŞEKKÜR

Hayatımın her alanında yanımda olup desteklerini her zaman hissettiğim, binlerce kez teşekkür etsen bile yetersiz geleceğini bildiğim aileme sonsuz teşekkür ederim.

Klinik içerisinde her zaman elinden gelenin en iyisini yapmaya çalışan; sabrı ve pes etmemeyi ondan öğrendiğim; asistanlığında bilgisinden, duruşundan, güzel ahlakından her zaman etkilendiğim saygıdeğer hocam Doç. Dr. Songül ARAÇ 'a sonsuz teşekkür ederim.

Derin bilgi birikimi ve tecrübelerini her zaman biz asistanlarına aktarmaya çalışan; klinikte babacan duruşu ve temiz kalbiyle güvende hissettiren saygıdeğer hocam Doç. Dr. Mahmut TAŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

Dr. Savaş Aldı

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİL DİZİNİ.....	VI
TABLO DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş ve Amaç ..	1
2. LİTERATÜR VE GENEL BİLGİLER.....	2
2.1 Femur hakkında genel bilgiler ..	2
2.1.1 Femur anatomisi ..	2
2.1.2 Femur yapı ve işlevi.....	3
2.1.3 Embriyoloji.....	4
2.1.4 Damar yapısı ..	4
2.1.5 Sinirleri ..	5
2.1.5.1 Femoral sinir.....	6
2.1.5.2 Lateral femoral kutanöz sinir.....	7
2.1.5.3 Obturatör Sinir.....	7
2.1.5.4 Superior gluteal sinir.....	7
2.1.5.5 İnférieur Gluteal Sinir.....	8
2.1.5.6 Posterior Femoral kutanöz siniri.....	8
2.1.5.7 Siyatik sinir.....	8
2.1.6 Kaslar.....	9

2.1.6.1 Ön Bölme Kasları.....	9
2.1.6.2 Arka kompartman kasları.....	10
2.1.6.3 Medial bölme kasları.....	11
2.1.7 Femur'un bazı yapısal bozuklukları.....	13
2.1.7.1 Femur başı epifiz kayması.....	13
2.1.7.2 Legg-Calve-Perthes hastalığı.....	14
2.1.7.3 Rikets1.....	14
2.2 Düşmeler ve sekonder kırıklar.....	15
2.2.1. Düşmelerin nedenleri ve risk faktörleri.....	15
2.2.2 Tarama ve değerlendirme	16
2.2.3 Düşmeyi önleme stratejileri.....	16
2.2.4 İkincil kırığın önlenmesi	17
2.2.5 Frajil kırıklar için risk faktörleri	17
2.3 Kırığın biyomekaniği	18
2.4 Kırık sınıflaması	19
2.4.1 Femur şaft kırıklarının sınıflaması.....	19
2.5 Kırık mekanizması	21
2.6 Cerrahi hususlar.....	21
2.7 Teşhis	23
2.8 Kemik mineralizasyonu.....	24
2.8.1 Kemik mineral bileşimi	25
2.9 Kemik mineralizasyonu ölçüm yöntemleri.....	26

2.9.1 Kemik örneklerinin mineral içeriğindeki nitel ve nicel farklılıklar.....	26
2.10 Hounsfield Unit (HU)	27
3. MATERYAL VE METOD.....	30
3.1 Popülasyon ve Çalışma Dizayını.....	30
3.2 Etik kurul.....	30
3.3 Dahil Edilme Kriterleri.....	30
3.4 Dışlama Kriterleri.....	30
3.5 Hounsfield Biriminin Ölçülmesi.....	31
3.6 İstatistiksel Analiz.....	32
4. BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA.....	48
6. SONUÇ.....	57
7. ÖNERİLER.....	59
8. REFERANSLAR.....	60
9. ETİK KURUL ONAY SAYFASI.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Femur Anatomisi

Şekil 2.2: Kalça kapsülü bağları

Şekil 2.3: Diz eklemi bağları

Şekil 2.4: Femur damar yapısı

Şekil 2.5: Femoral kanal yapısı

Şekil 2.6: Uyluk kasları

Şekil 2.7: AO Sınıflaması

Şekil 2.8: Winquist Hansen Sınıflaması

Şekil 2.9: Garden sınıflaması

Şekil 3.1: HU hesaplaması-1

Şekil 3.2: HU hesaplaması -2

Şekil 3.3: HU hesaplaması -3

Şekil 4.1: Çalışmaya dahil edilen hastaların cinsiyet dağılımı

Şekil 4.2: Yaş dağılım histogramı

Şekil 4.3: Kırık tarafı

Şekil 4.4: Kırık Sayısı

Şekil 4.5: Tedavi

Şekil 4.6: Mortalite

Şekil 4.7: İyonize kalsiyum ve kırık proksimalinden ölçülen HU arasındaki negatif korelasyon grafiği

Şekil 4.8: Kırığın distalinden ölçülen HU değeri ile yaş arasındaki negatif korelasyon grafiği

Şekil 4.9: Kırık durumu / HU prediktif hesaplaması için ROC analizi sonuçları ve eğri



TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1: İlaç kullanımı

Tablo 4.2: Eşlik eden hastalıklar

Tablo 4.3: Kırık yeri

Tablo 4.4: Grupların demografik ve genel özelliklerinin karşılaştırılması

Tablo 4.5: Kırık gelişen hastalarda kırık tarafı ve karşı tarafın HU ölçüm sonuçları

Tablo 4.6: Tarafa göre ölçümlerin karşılaştırılması

Tablo 4.7: Cinsiyetler arasında HU ölçümlerinin karşılaştırılması

Tablo 4.8: Kırık sayısına göre ölçümlerin karşılaştırılması

Tablo 4.9: Ölçümlerin kalsiyum değerleri ile olan korelasyon sonuçları

Tablo 4.10: Gruplar arasında aynı taraflarda ölçülen HU değerleri arasındaki ilişki

Tablo 4.11: Yaş ve ölçüm arasındaki korelasyon tablosu

Tablo 4.12: Kırık öngörüselsel modelinde lojistik regresyon analizi sonuçları

1. GİRİŞ

1.2 Giriş ve Amaç

Günümüzde, ileri yaş grubundaki hastalar arasında kalça kırıkları önemli bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, bu yaş grubunda hastaneye yatışların en yaygın nedenleri arasında yer alan basit düşme vakaları, kalça kırıklarının ana sebeplerinden biri olarak belirlenmiştir (1,2). Küresel çapta yapılan tahminler, toplam kalça kırığı vakalarının 2050 yılına kadar 6 milyonu aşacağını göstermektedir. Yaşlı popülasyonda kalça kırıkları, morbidite ve mortalitenin önemli bir nedeni olup, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde 50 yaş üstü bireylerde yıllık 225.000'den fazla vaka ile karşılaşılmaktadır. Bu kırıkların yaşam boyu riski, kadınlarda %17,5, erkeklerde ise %6 olarak saptanmıştır (3). Kalça kırıkları, artmış mortalite ile doğrudan ilişkilendirilmiş olup, bu tür kırığı olan hastaların ilk yıl içerisinde %12 ile %17'sinin hayatını kaybettiği ve uzun vadeli artmış ölüm riskinin iki katına çıktığı gözlemlenmiştir (3).

Bu bağlamda, düşük kemik kitlesi; kalça kırığı ve kemik kırılabilirliğinin temel belirleyicileri arasında yer almakta ve önemli bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Özellikle, kalça kırığı geçiren kadınlarda proksimal femoral kemik mineral yoğunluğunun, benzer yaş gruplarındaki kontrollere göre daha düşük olduğu ve bu gruplar arasında kemik mineral yoğunluğu açısından önemli örtüşmelerin bulunduğu belirtilmiştir (4). Bilgisayarlı tomografi kullanılarak yapılan Hounsfield birimi ölçümleri, kemik mineral yoğunluğunun değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Femur kırığı olan hastalarda, azalmış kemik yoğunluğunun, femur başındaki kırık bölgesinin proksimalindeki trabeküler kemik mineral yoğunluğu ölçümleri ile en iyi şekilde değerlendirilebileceği gösterilmiştir (5).

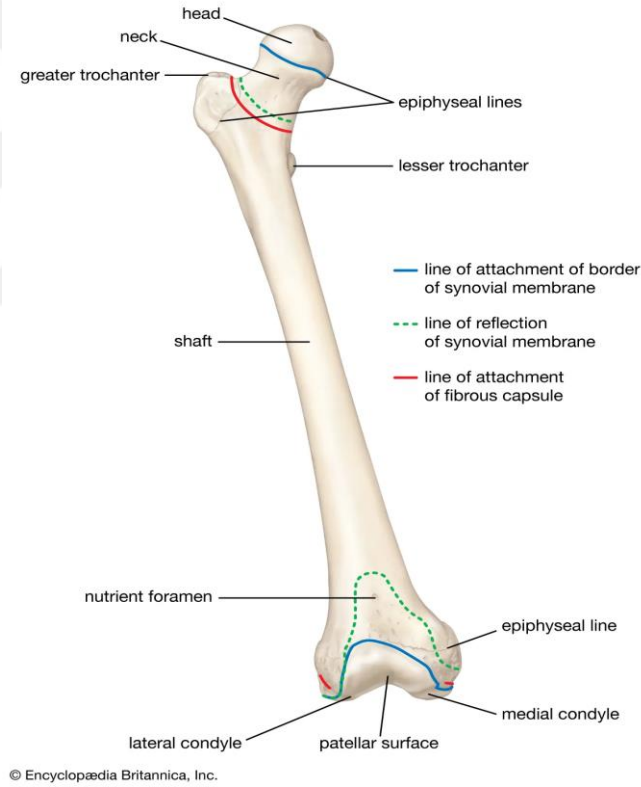
Bu çalışmada amacımız bilgisayarlı tomografi ile ölçülen hounsfield ünitesinin acil servise basit düşme ile başvuran hastalarda proksimal femur fraktür gelişiminde öngörücü olarak kullanılabilirliğini saptamak.

2. LİTERATÜR VE GENEL BİLGİLER

2.1 Femur hakkında genel bilgiler

2.1.1 Femur anatomisi

Femur, insan vücudunun en uzun, en ağır ve en güçlü kemiğidir. Proksimal uçta, piramit şeklindeki boyun, tepe noktasında küresel başı ve tabanında silindirik şaftı birleştirir. Ayrıca, kalça ve dizi hareket ettiren kaslara bağlanan iki belirgin kemik çıkıntısı olan büyük ve küçük trokanter yapıları bulunur. Boyun ile şaft arasındaki açı, ortalama bir yetişkinde yaklaşık 128 derece olup eğim açısı olarak da bilinir. Ancak, eğim açısı yaşla birlikte azalır (1-6). Adduktor magnus kasının arka yarısının bağlanmasına yarayan adduktor tüberkül ve linea aspera da femur üzerindeki diğer önemli yapısal özelliklerdendir (Şekil 2.1).



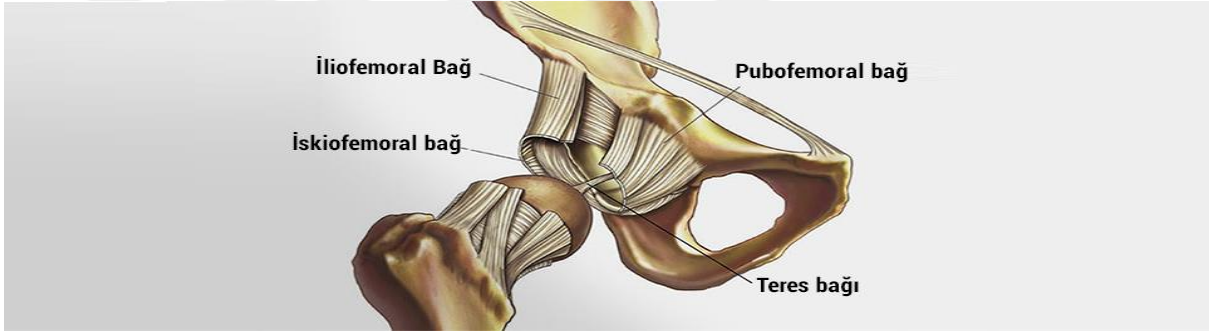
Şekil 2.1: Femur Anatomisi

Pelvis asetabulumu, femur başını saran bir top-oyuk şeklinde eklemdir. Baş, medial-superior ve hafifçe anterior bir yönde yerleşmiştir. Ligamentum teres femoris, asetabulumu, baş üzerinde bir çukur olan fovea capitis femoris'e bağlar. Femur şaftı ise hafif bir anterior kavis yapısına sahiptir. Distal femurda, şaft konik bir şekilde

genişleyerek medial ve lateral kondilin küboid tabanına uzanır. Medial ve lateral kondiller, femuru tibiaya bağlayarak diz eklemi oluşturur. Hem kalça hem de diz eklemleri, sürtünmeyi azaltmak ve hareket aralığını optimize etmek için kıkırdakla kaplı sinoviyal eklemlerdir (3-6).

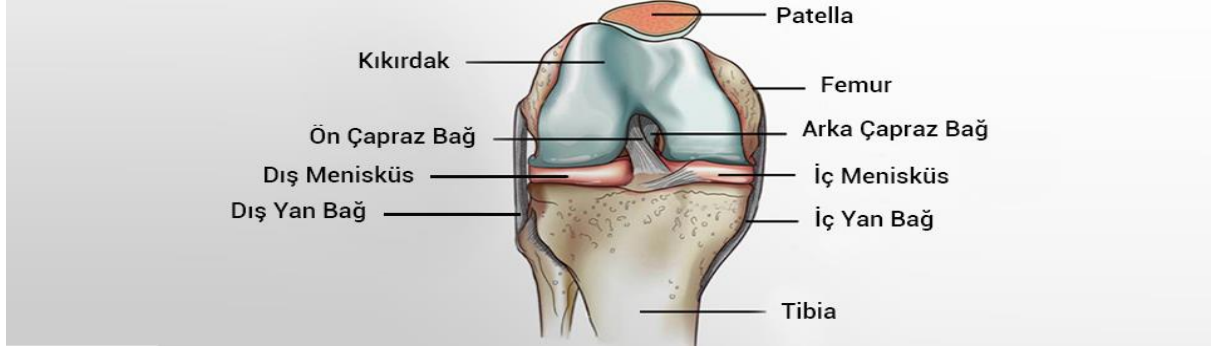
2.1.2 Femur yapı ve işlevi

Femurun ana fonksiyonları ağırlık taşıma ve yürüyüş stabilitesidir. Üst vücut ağırlığı iki femur başına dayanır. Kapsüler bağ, asetabulum periostunu ve proksimal femuru saran güçlü ve kalın bir kılıftır (6). Bu bağ, femur başını pelvisin asetabulumu içinde tutar. Eklem kapsülünün etrafı bağlarla çevrilidir ve bu bağlar kemikleri birbirine sıkıca bağlayarak kalça eklemine stabilitesini sağlarlar. Kapsüler bağ iç rotasyonu sınırlar ancak dış rotasyona izin verir (Şekil 2.2) (6,7).



Şekil 2.2: Kalça kapsülü bağları

Diz, distal femur ile proksimal tibia arasında bir menteşe eklemdir. Medial ve lateral menisküs, tibiofemoral eklemi stabilize eder ve korur. Medial ve lateral bağlar, valgus veya varus deformitesini önler. Diz eklemi içinde, anterior ve posterior çapraz bağlar, dizin bir miktar rotasyon hareketine izin verirken tibianın anterior veya posterior yer değiştirmesini önler. Patellofemoral eklem, dizin ekstansiyonunda kullanılır (Şekil 2.3) (5,8).



Şekil 2.3: Diz eklemi bağları

2.1.3 Embriyoloji

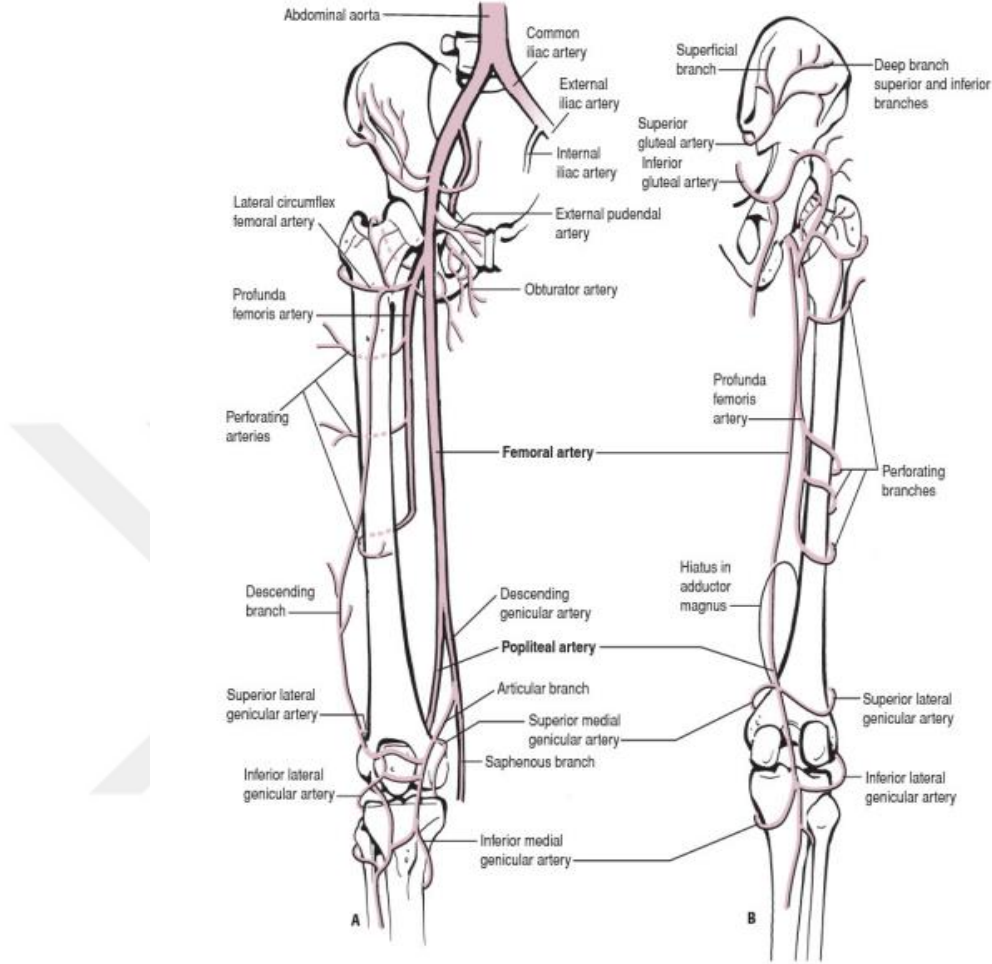
Femur ve alt ekstremitte tomurcuk gelişimi, lateral plak mezoderminin hücreleri ile başlar. Bu hücreler dördüncü haftada aktive olur ve ekstremitte tomurcuğunu oluşturur. Alt ekstremitte, üst ekstremitte tomurcuğundan kısa bir süre sonra oluşur (9).

Ekstremitte tomurcuğunun apikal ektodermal sırtı, ekstremitte büyümesini ve gelişimini tetikler. Alt ekstremitte tomurcuğunun lateral plak somatik mezoderminden femur gelişir ve bu, kemiğin hiyalin kıkırdak modellerinin geliştiği endokondral ossifikasyon yoluyla oluşur. Eklem kıkırdağı ve epifizyal plaklar, kıkırdak modelinin olmadığı intramembranöz ossifikasyon süreciyle gelişir. Lateral plak somatik mezoderm ayrıca tendonlar, perimisyum ve epimisyum oluşumuna yol açar. Somitlerin miyotomik bileşeni, femurun kaslarını oluşturur. Periost, femuru çevreler ve yanındaki kan dolaşımı yoluyla besleyici bir işlev görür. Femurun kompakt kemiği güç sağlar; bu, streslerin en yüksek olduğu femurun orta üçte bir kısmında en büyüktür (9).

2.1.4 Damar yapısı

Femoral arter, alt ekstremitenin ana kan dolaşımını sağlar. Bu arter, ilioinguinal bağını geçtikten sonra dış iliyak arterin büyük bir dalıdır. Medial ve lateral sirkumfleks arterler, femoral arterin dallarıdır. İç iliyak arterin bir dalı olan obturator arter ile birlikte, bu damarlar önemli anastomoz bağlantıları yoluyla femur başına kan sağlar (10). Ligamentum teres femoris içinden geçen ve obturator arterin bir dalı olan foveal arter, femur başına destekleyici bir kan dolaşımı sağlar, ancak bu, birincil kaynak değildir. Küçük trokanter seviyesinde, femoral arter derin ve yüzeysel femoral

artere bifurke olur. Derin femoral arterin perforan dalları, femur shaftını ve femurun distal kısmını besler (şekil 2.4) (11,12).



Şekil 2.4: Femur damar yapısı

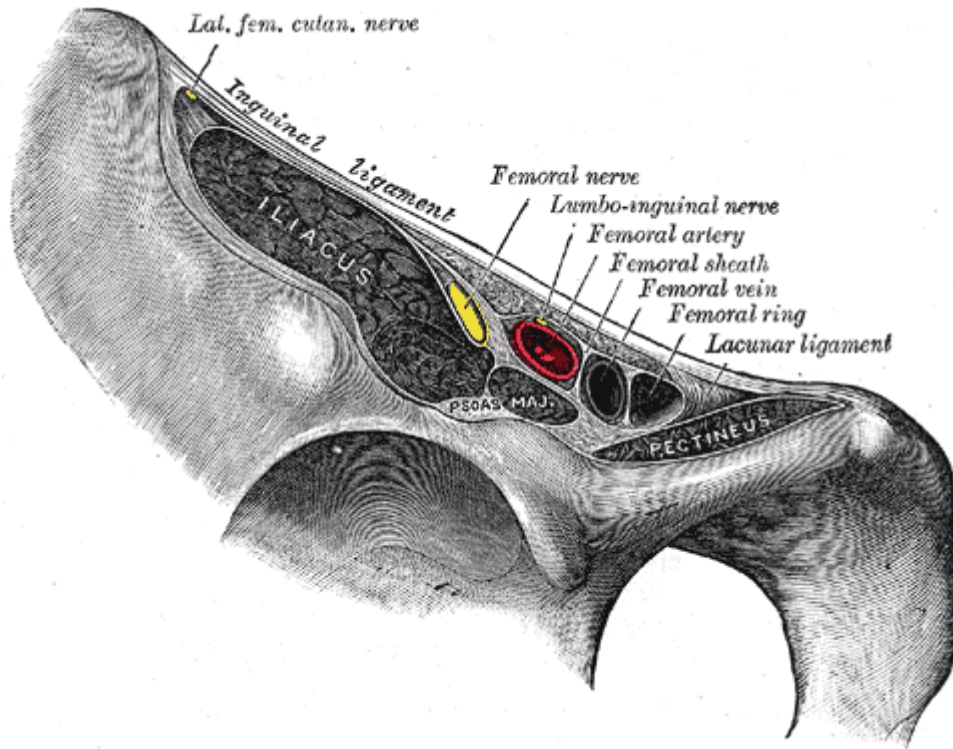
2.1.5 Sinirleri

Kemik duyuşal sinir beslemesi en fazla uzun kemiklerde, büyük kemiklerde ve omurlarda bulunur. Periostyum, yanındaki sinirler tarafından duyuşal işlev için zengin bir şekilde beslenir. Duyuşal sinirler kemik ve kemik iliğindeki kan damarlarını takip ederler. Haversian kanalların yanındaki perivasküler boşluklarda bulunurlar. Femurun periostyumunun sinir beslemesi, yakın bölgelerden gelen sinirler tarafından sağlanır. Kalça eklemine duyuşal innervasyon sağlayan femoral ve obturator sinirler, femurun proksimal periostyumuna katkıda bulunur. Diz eklemine innervasyon sağlayan sinirler

ise common fibular (peroneal), femoral, obturator ve tibial sinirlerdir ve femurun distal periostyumunu beslerler (13-15).

2.1.5.1 Femoral sinir

Femoral sinir, L2, L3 ve L4'ün ventral ramuslarından kaynaklanır. Bu sinir, psoas major kasının içinde oluşur ve inguinal ligamentin altında psoas major ve iliaceus kaslarının arasından geçer. Sinir, femoral arter-ven ve femoral kanalın yanındadır. Bu düzen femoral kanalı oluşturur ve hatırlatmak için kullanılan bir kısaltma NAVEL'dir, yani lateral taraftan medial tarafa geçen yapıları ifade eder. "N" femoral siniri, "A" femoral arteri, "V" femoral veni ve "EL" ise lenfatiklerle dolu boşluğu (Cloquet lenf nodu ile birlikte femoral kanalı) temsil eder (Şekil 2.5) (16).



Şekil 2.5: Femoral kanal yapısı

Femoral sinir, kalça ve diz eklemine dallar sağlar. Femoral sinir, quadriceps femoris (rectus femoris, vastus lateralis, vastus intermedius ve vastus medialis), sartorius ve pectineus kaslarını innerve eder. Sinir, anterior ve intermediate femoral sinirler aracılığıyla duyuşal dallar gönderir ve sonunda safenus siniri tarafından (bu sinir, Hunter'ın subsartorial (adductor) kanalından geçerek bacağın medial yüzeyine

besleme yapar) beslenir. Klinisyen, siniri medial malleolus üzerinde test edebilir. Femoral sinir, pelvik ve karın cerrahisi ile ortopedik cerrahi sırasında hasar görebilir. Ayrıca, femoral arter kateter yerleştirme ve femoral sinir blokları da hasar kaynağı olabilir. Uzun cerrahi işlemler de risk kaynağıdır (17,18).

2.1.5.2 Lateral femoral kutanöz sinir

Dizin yan taraflı siniri, lomber pleksusun L2 ve L3 ventral ramuslarından kaynaklanır. Sinir, iliacus kasının üzerinden geçer ve anterior superior iliak omurda inguinal ligamentin altından geçer. Nadiren sinir, inguinal ligamentin içinden de geçebilir. Bu sinir, yan uyluğun cildini besler ve sinir lezyonları meralgia paresthetica olarak adlandırılan bir duruma yol açabilir. Sinir lezyonları, hamilelik, obezite ve sıkı, düşük oturan pantolonlar tarafından sıkıştırılma durumlarında meydana gelebilir. Bu bir duyuşal sinirdir, ancak yaralanma durumunda oldukça ağrılı olabilir (19).

2.1.5.3 Obturatör Sinir

Obturator sinir, medial bölmeğe başlıca innervasyon sağlar; ikinci, üçüncü ve dördüncü lomber ventral ramuslardan (L2, L3, L4) türetilen aksonları taşır. Obturator sinir, obturator forameninden geçer ve adductor brevis tarafından ayrılan iki bölüme ayrılır. Ön bölüm, adductor longus, adductor brevis, gracilis ve bazen pectineus'u innerve eder. Sinir, obturator sinirin kutanöz dalı olarak sonlanır ve medial uylukta L2 ve L3'ün bir kısmını innerve eder (20,21).

Obturator sinirin posterior bölümü, obturator externus'un anterior yüzeyini, adductor brevis'i ve adductor magnus'un anterior yarısını innerve eder. Adductor magnus'un posterior yarısı hamstring kasları ile birlikte siyatik sinirin tibial dalı tarafından innerve edilir. Nadir olsada, endometriozis tarafından obturator sinir hasar görebilir (21).

2.1.5.4 Superior gluteal sinir

Sakral pleksus, üst gluteal siniri (L4-S1) doğurur ve piriformis kasının üstünden büyük siyatik foramenin içinden geçer. Gluteus medius ve gluteus minimus arasından geçerek bu kaslara ve aynı zamanda tensor fasciae latae'ye innerve eder. Superior gluteal sinir, kalça eklemine duyuşal dallar sağlar (22).

2.1.5.5 İinferior Gluteal Sinir

İinferior gluteal sinir (L5-S2), siyatik pleksustan kaynaklanır ve piriformis kasının altından büyük siyatik foramenin içinden geçerek gluteus maximus'u innerve eder. Bu sinir ve kasın zarar görmesi, kalça üzerinde uyluğun uzatma gücünün kaybına neden olur. Bu eksiklik, hasta oturduktan sonra kalkmaya çalışırken ve bir merdiveni çıkarken (hasta vücudu bir sonraki basamağın seviyesine itmeye çalıştığında) hastada özellikle belirgin hale gelir (22).

2.1.5.6 Posterior Femoral kutanöz siniri

Uyluğun posterior femoral siniri; S1-S3, posterior uyluğu innerve eden sakral pleksusun doğrudan bir dalıdır. Sinir, piriformis kasının altından büyük siyatik foramenin içine girer (23).

2.1.5.7 Siyatik sinir

Siyatik sinir, insan vücudundaki en büyük ve en uzun sinirlerinden biridir. Bel bölgesinden başlayarak, kalçaların her iki tarafından aşağı doğru uzanır, bacakların arka kısmından geçer ve ayak parmaklarına kadar ulaşır. Bu sinir, bel omurgasının alt kısmındaki sinir köklerinden kaynaklanır (24). Siyatik sinirin ana işlevi, bacak ve ayaklardaki kaslara motor komutlar sağlamak ve bu bölgelerden duyuşal bilgi toplamaktır. Bu sinir sayesinde bacak kaslarımız hareket edebilir ve bacaklarımızın ve ayaklarımızın farklı kısımlarından hissiyat alabiliriz (25).

Siyatik sinirin sıkışması veya tahriş, siyatik adı verilen ağrılı bir duruma neden olabilir. Bu durum, genellikle bel ağrısıyla başlar ve sinir boyunca bacaklara doğru yayılan keskin, yanıcı veya karıncalanma şeklinde bir ağrıya dönüşebilir. Siyatik ağrısı genellikle bir bacakta daha yoğun hissedilir ve oturma, öksürme veya hapşırma gibi hareketlerle şiddetlenebilir (26).

2.1.6 Kaslar

Uyluk kasları ön, medial, posterior ve gluteal bölmelere ayrılır. Femur, ön bölümün içinde bulunur.

2.1.6.1 Ön Bölme Kasları

Ön bölüm, çoğunlukla kalça fleksiyonu ve diz ekstansiyonu için kullanılan kaslardan oluşur. Kalça fleksörleri arasında pectineus, iliopsoas ve sartorius kasları bulunur. Femoral sinir, iliopsoas dışındaki tüm kalça fleksörlerini innerve eder. İliopsoas kası, en güçlü kalça fleksörüdür ve psoas major ile iliacus kaslarından oluşur (27).

İliacus, femoral sinir (L2-L3) tarafından innerve edilir. Psoas kası ise T12-L5 omurlarının lateral yüzeyinden kaynaklanır ve iliakus ile birlikte femurun küçük trokanterinden başlar. İliacus, L1-L3 ventral ramusları tarafından innerve edilir. İliopsoas toplu olarak kalça fleksiyonu işlevinde en güçlü kaslardan biridir (28).

Pectineus, üst pubik ramustan kaynaklanır ve femurun pectineal hattından başlar. Pectineus, femoral sinir tarafından innerve edilir ve kalça üzerinde uyluğun fleksiyonunu gerçekleştirirken aynı zamanda uyluğun medial rotasyonuna yardımcı olur (29).

Sartorius, iliac kemik anterior superior çıkıntısından kaynaklanır ve pes anserinus (kaz ayağı) tendonunun bir parçası olarak tibia'nın medial yüzeyine ilerler (sartorius, gracilis ve semitendinosus tendonlarını içerir). Sartorius, femoral sinir (L2-L3) tarafından innerve edilir ve uyluğa fleksiyon yaptırır. Abdüksiyon ve dış rotasyonda eklemi korur. Sartorius adı, Latince'de terzi anlamına gelir ve terziiler sıklıkla etek dikişi yaparken veya pantolon manşetini katlarken yerde çapraz bacakla otururlar, bu nedenle isim uygundur (30). Sartorius için bir akılda tutma yöntemi FABER kasıdır. Bu, Fleksiyon (Flexion), Abdüksiyon (Abduction) ve Eksternal Rotasyon (External Rotation) anlamına gelir (31).

Kuadriseps femoris kası, rectus femoris, vastus medialis, vastus intermedius ve vastus lateralis kaslarından oluşur. Bu dört kasın hepsi patelladan başlar, ardından patellar tendon aracılığıyla tibial tuberosite bağlanır. Tümü femoral sinir (L2, L3, L4) tarafından innerve edilir. (Bu bölmenin daha proksimal kasları femoral sinir (L2, L3)

tarafından innerve edilirken, kuadriseps femoris kası femoral sinir (L2, L3, L4) tarafından innerve edilir. Rectus femoris, anterior inferior iliac çıkıntısından kaynaklanır. Vastus medialis kası, linea aspera'nın medial dudaklarından kaynaklanır. Vastus lateralis, greater trokanter ve linea aspera'nın lateral dudağından kaynaklanır. Vastus intermedius, anterolateral femurden kaynaklanır (32).

2.1.6.2 Arka kompartman kasları

Posterior bölüm kasları genellikle kalça ekstensorları ve diz fleksörleridir. Bu kaslar arasında biceps femoris, semitendinosus ve semimembranosus kasları bulunur. Siyatik sinirin tibial bölümü (L5, S1, S2), biceps femoris dışındaki çoğu posterior uyluk kasını innerve eder. Biceps femoris iki başa sahiptir, uzun ve kısa baş. Uzun baş, siyatik sinirin tibial dalı (L5, S1, S2) tarafından innerve edilir. Kısa baş, siyatik sinirin common peroneal (fibular) bölümü (L5, S1, S2) tarafından innerve edilir (33).

Kasların yüzeysel ve derin tabakaları gluteal bölgeyi düzenler. Yüzeysel tabaka, gluteus maximus, medius ve minimus kaslarından oluşur (34). Gluteus maximus, iliumun posterior yüzeyinden, sakrumdan, koksigidenden ve sakrotüberöz ligamentten kaynaklanır ve gluteal tuberosite ve iliotibial tracta yapışır. Gluteus maximus, özellikle bir sandalyeden kalkarken veya merdiven çıkarken kullanışlı olan güçlü bir uyluk ekstensorudur. İliopsoas, bir sonraki basamağa ulaşmak için kalçada uyluğu fleksiyon yaparken, gluteus maximus, güçlü ekstansiyon hareketi ile bedeni bir sonraki seviyeye çıkarır (34). Gluteus medius, iliumun posterior yüzeyinden anterior ve posterior gluteal çizgiler arasından kaynaklanır ve trokanter majörün lateral yüzeyine yapışır. Gluteus medius, superior gluteal sinir (L5, S1) tarafından innerve edilir. Gluteus minimus, iliumun posterior yüzeyinde benzer bir kökene sahiptir. Kas femurun lateral yüzeyine yapışır ve superior gluteal sinir (L5, S1) tarafından innerve edilir (35). Her iki kas da kalçada uyluğun abduksiyonunu ve lateral rotasyonunu yapar. Ayrıca, karşı taraf bacak yerden kaldırıldığında pelvisin düşmesini engellerler. Bu eylemler aynı zamanda tensor fasciae latae (TFL) tarafından da desteklenir. TFL, anterior superior iliac çıkıntısından kaynaklanır ve tibiada Gerdy çıkıntısına yapışır. TFL aynı zamanda superior gluteal sinir (L5, S1) tarafından innerve edilir (36).

Derin tabaka, piriformis, obturator internus, quadratus femoris ve superior ve inferior gemellus kasları ve obturator internus'u içerir (37). Piriformis kası, anterior sakrumdan ve sakrotüberöz ligamentten kaynaklanır ve femurun major trokanterinin üst kenarına yapışır. Piriformis, S1, S2 ventral ramusları tarafından innerve edilir (37). Obturator internus, obturator forameni çevreleyen kemiklerden kaynaklanır. Obturator internus, obturator internus siniri (L5, S1) tarafından innerve edilir. Obturator internus, femurun major trokanterinin medial yüzeyinde sonlanır. Derin kaslar, uyluk uzatıldığında uyluğu lateral olarak rotasyon yapar. Hepsi kalça üzerinde fleksiyon yapılmış uyluğu abduksiyon pozisyonuna getirir ve femur başını asetabulumda sabitler. Superior gemellus, obturator internus siniri (L5, S1) tarafından innerve edilir. Inferior gemellus, iskiyal tuberositeden kaynaklanır ve femurun major trokanterinde sonlanır. Inferior gemellus, quadratus femoris siniri (L5, S1) tarafından innerve edilir. Quadratus femoris, iskiyal tuberositeden kaynaklanır. Quadratus femoris, quadratus femoris siniri (L5, S1) tarafından innerve edilir. Quadratus femoris, kalça üzerinde uyluğu lateral olarak rotasyon yapar ve femur başını asetabulumda sabitler. Bu daha kısa ve daha derin gluteal kaslar, kalçanın dış rotasyonuna yardımcı olur (38).

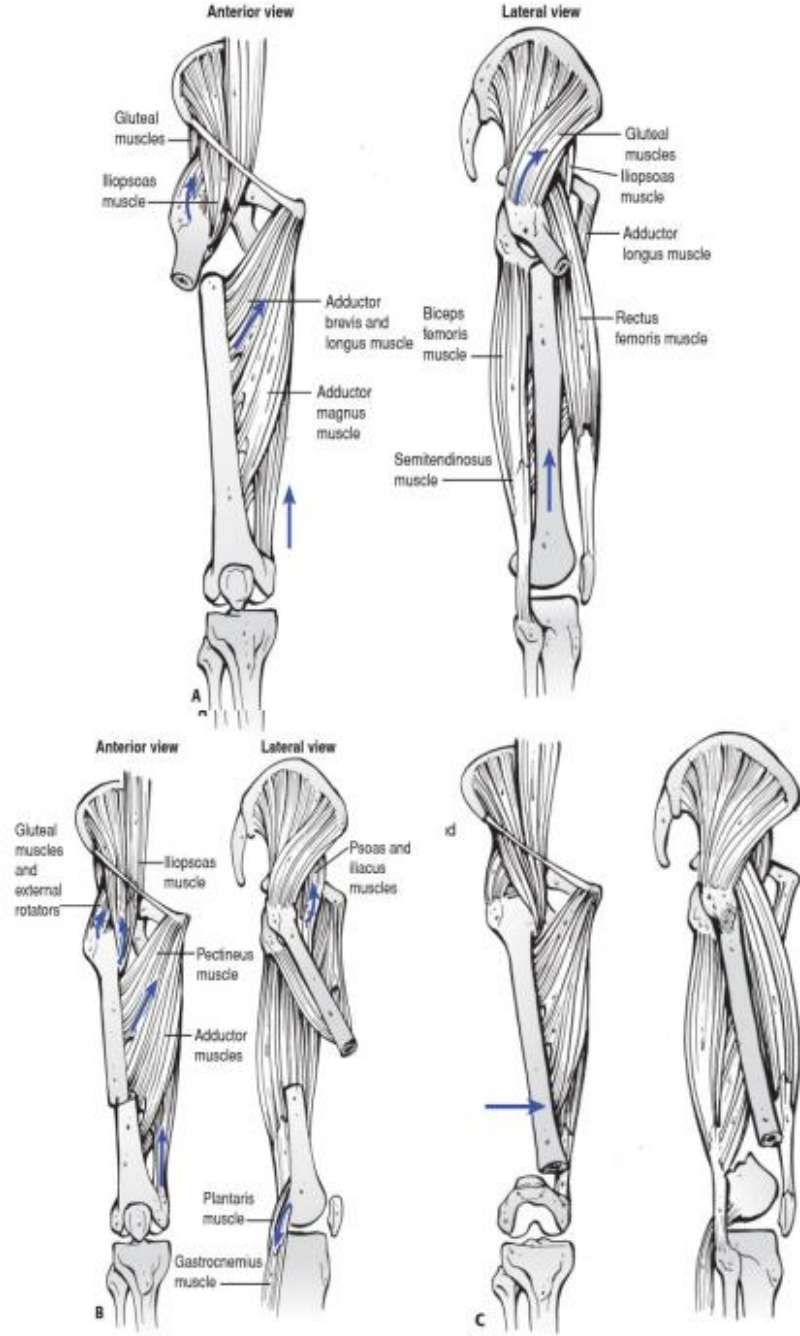
2.1.6.3 Medial bölme kasları

Kalça üzerinde uyluğun abduksiyonu, uyluğun medial bölgesi kaslarının başlıca işlevidir. Bu bölmenin kasları, adductor longus, adductor brevis, adductor magnus, gracilis ve obturator externus kaslarını içerir. Medial bölgenin başlıca siniri obturator sinirdir (39).

Adductor longus, pubis üzerinden kaynaklanır ve linea asperanın orta üçüncüsüne yapışır. Adductor longus, obturator sinir (L2, L3, L4) tarafından innerve edilir ve uyluğu abduksiyona getirir (40). Adductor brevis, pubis üzerinden kaynaklanır ve pectineal çizgi ve linea asperaya yapışır. Adductor brevis, obturator sinir (L2, L3, L4) tarafından innerve edilir (40). Adductor magnus, çift innervasyonlu karmaşık bir kasdır. Ön yarısı ischiopubic ramustan kaynaklanır ve linea asperaya yapışır. Bu kas, kalça üzerinde uyluğun abduksiyonunu yapar ve obturator sinir tarafından innerve edilir. Arka kısım iskiyal tuberositeden kaynaklanır ve femurun adductor tuberclesine yapışır ve siyatik sinirin tibial kısmından (L4) innerve olur ve hamstring görevi görür (41).

Gracilis, pubis'in vücut ve inferior ramusundan kaynaklanır ve tibiannın medial yüzeyine pes anserinus (kaz ayağı) tendonun bir parçası olarak sonlanır. Gracilis, obturator sinir (L2, L3) tarafından innerve edilir; uyluğu lateral olarak çevirir ve femur başını asetabulumda sabitler (41). Obturator externus, obturator forameninden kaynaklanır ve femurun trokanterik fossasına yapışır. Obturator externus, obturator sinir (L3, L4) tarafından innerve edilir ve uyluğu lateral olarak çevirir ve femur başını asetabulumda sabitler (Şekil 2.6) (42).





Şekil 2.6: Uyluk kasları

2.1.7 Femur'un bazı yapısal bozuklukları

2.1.7.1 Femur başı epifiz kayması

Femur başı epifiz kayması (SCFE), kilolu ergen erkeklerde en yaygın olan femoral başın bir kalça bozukluğudur. SCFE, metafizisin epifize göre öne ve yukarı

doğru yer değiştirmesidir. Neden genellikle idiopatiktir, ancak SCFE endokrin bozukluk, böbrek yetmezliği veya radyasyon tedavisi ile ilişkilendirilmiştir. Femoroasetabler sıkışma, SCFE'nin yaygın bir sonucudur. SCFE için koruyucu tedavi tartışmalıdır, ancak büyüme plağından tek bir vida ile erken tedavinin ilerleyen kaymayı önlediği gösterilmiştir (8).

Son zamanlarda, şiddetli SCFE için modifiye Dunn prosedürü incelenmiştir. Modifiye Dunn prosedürü, deformiteyi düzeltmek için femoral boyunda bir kama çıkarılmasını içerir, ardından femoral başı sabitlemek için vidalarla sabitlenir. Modifiye Dunn prosedürü sonrası kalça ağrısı ve avasküler nekroz yaygın cerrahi komplikasyonlardır (26,27).

2.1.7.2 Legg-Calve-Perthes hastalığı

Legg-Calve-Perthes hastalığı (LCP), femoral başın kan akışının kesildiği nadir bir çocukluk hastalığıdır. Belirtileri kalça ağrısı ve topallamayı içerir. LCP, erkeklerde 5 kat daha yaygın görülür ve tipik başlangıç yaşı genellikle 4 ila 8 yaşları arasındadır. İiz alışmaları, LCP'nin düşük sosyal sınıf gibi çevresel faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir. LCP ayrıca üriner sistem anormallikleri, kasık fitiği veya Down sendromu gibi doğuştan gelen malformasyonlarla ilişkilendirilir. Tedavi, ocuğun yaşına ve hastalık aşamasına bağlıdır. Egzersiz, akupunktur, alılar, bisfosfonatlar ve kalça artroskopisi gibi bazı LCP tedavi seçenekleri bulunmaktadır (28).

2.1.7.3 Rikets

Rikets, kemik mineralizasyonunun başarısız olduğu, uzun kemiklerin karakteristik bir şekilde deforme olduğu bir durumdur. Uzun kemiklerin büyümesini teşvik eden büyüme plağının kalsifikasyonunda endokondral ossifikasyon temel yöntemdir. Ancak riketste bu süreç azalmış veya yoktur. Riketsin en yaygın nedeni D vitamini eksikliğidir. Diğer nedenler arasında düşük kalsiyum veya fosfat alımı, azalmış güneş ışığına maruz kalma ve anormal fosfat metabolizması bulunur (29).

2.2 Düşmeler ve sekonder kırıklar

Yaşlılarda kırıkların en sık nedeni, genellikle ayakta durma yüksekliğinden düşmedir ve düşme, kazara yaralanma nedeniyle hastaneye kaldırılmanın önde gelen nedenidir ve komplikasyon nedeniyle ertesi yıl ciddi ölüm riski taşır (43,44). Frajil kırıklarının kümülatif riskinin kadınlarda %51, erkeklerde ise %20 olduğu bildirilmektedir ve bu da sağlık hizmetleri açısından önemli bir zorluğu temsil etmektedir. Düşmelerin %5'e kadarı kırıkla, %1'i ise kalça kırığıyla sonuçlanır, ancak kalça kırığı görülme sıklığının 2021 yılına kadar %66'ya kadar artabileceği tahmin edilmektedir (45,46). Kalça kırığı, tüm kırıklar arasında birey üzerinde en büyük etkiye sahiptir ve kırıklardan kaynaklanan en kötü morbidite, mortalite ve fonksiyonel yetenek bozukluğu sonuçlarıyla ilişkilidir (47). Yoğun hastaneye yatışlara yol açar ve majör komplikasyonlar ve ölümlerle sonuçlanabilir (48). Basit kırıklar bile, eşlik eden hastalıklardan bağımsız olarak önemli düzeyde bozulmaya ve erken ölüme yol açabilir (49). Daha sağlıklı ve daha aktif olan yaşlı insanlar, hayatlarının çok daha sonraki dönemlerinde kırıklara maruz kalabilirler ve bu da bakımlarını daha karmaşık hale getirir. Bu nedenle düşmelerin ve osteoporozun başarılı birincil ve ikincil önlenmesini desteklemek bir zorunluluktur (50,51).

Düşmeler çoğunlukla 65 yaş üstü kişilerde görülür. Aksiyal iskelet kırıklarının yüzde 80'i düşme sonucu oluşur. Yaş, cinsiyet, ülke ve etnik kökene bağlı olarak yaşlıların yaklaşık %30'u yılda en az bir kez düşmektedir; bu oran, özellikle yatılı bakım tesislerinde yaşayanlar olmak üzere 80 yaş üstü kişilerde %50'ye çıkmaktadır. Düşenlerin yarısı bunu tekrar tekrar yapıyor. Düşmeler çok faktörlüdür ve araştırmalar yaşlılarda çok sayıda neden ve risk faktörü bildirmiştir (52).

2.2.1. Düşmelerin nedenleri ve risk faktörleri

Yaşlı insanların düşme nedenlerini anlamak, kanıta dayalı müdahaleye yol açan değerlendirmenin önemli bir parçasıdır. Birçok araştırma ekibi, bireyin düşmesine yol açması en muhtemel faktörleri araştırmıştır:

İçsel faktörler: Bireyin özellikleri ve sarkopeni ve yaşa bağlı diğer durumlar gibi tıbbi durumları dahil olmak üzere kişiye özgü faktörler. Bunlar yaş, cinsiyet, yürüyüş, kondisyon, denge, güç ve aerobik kondisyon, vertigo ve baş dönmesi, görme ve işitme

bozukluğu, bilişsel bozukluk, kardiyovasküler hastalık, ilaçlar (özellikle psikotropik) ve depresyonu içerir (53).

Dışsal faktörler: Ayakkabı ve giyim, ev aydınlatması, döşeme, takılma tehlikeleri, tutunma çubuklarının eksikliği ve dengesiz mobilyalar gibi evde ve dış ortamda düşme tehlikesi oluşturan çevresel faktörler (53).

2.2.2 Tarama ve değerlendirme

Tarama ve değerlendirmenin amacı düşme sıklığını ve sonuçlarını azaltmaya yardımcı olacak müdahaleleri kolaylaştırmaktır. Tarama ve değerlendirme terimleri birbirinin yerine kullanılma eğilimindedir, ancak tarama, değerlendirmenin gerekli olup olmadığını belirler ve değerlendirme, bireysel ihtiyaç ve istekleri karşılayan bir önleme planını yönlendirmek için gereken daha ayrıntılı bilgilerin toplanmasını içerir. Uygulayıcıların düşmelere yönelik tarama ve değerlendirme yapmalarına yardımcı olacak birçok araç mevcuttur (54).

İster toplumda ister yatılı bakımda yaşıyor olsun, tüm yaşlı insanlar düşme riskine karşı düzenli olarak taranmalı, böylece ayrıntılı değerlendirme ve multidisipliner müdahaleler sunulabilmelidir. En önemli tarama yaklaşımı, sağlık bakımına başvuran tüm yaşlı kişilere, geçen yıl içinde düşüp düşmediklerini rutin olarak sormaktır ve ardından düşme/düşmelerinin sıklığı ve niteliği hakkında sorular sormaktır. Yaşlı insanların hareket şekillerini gözlemlemek, risk altında olanları belirlemenin basit bir yoludur; yavaş, asimetrik, karışık ve dengesiz yürüyüşe dikkat edilmelidir. Kişinin sandalyeden kalkmaya çabalaması kas gücünün azalması nedeniyle düşme riskinin olduğunu gösterir. Bu gözlemler sarkopeni için müdahale gerektiren kişileri belirleyebilir (54).

2.2.3 Düşmeyi önleme stratejileri

Düşmeleri önleme stratejileri karmaşıktır. Kırıkları azaltmak için en uygun önleme müdahaleleri risk profiline bağlıdır ve hastanede yatanlar için planlanan taburculuk yeri önemli bir husustur. Müdahaleler, bireysel risk faktörlerini ele almayı amaçlayan birden fazla bileşenden oluşan çok faktörlü olabilir (55,56). Stratejiler şunları içerebilir:

- Çevresel uyarlamalar
- Egzersiz programları—kuvvet, denge ve kardiyovasküler antrenman
- İlaç incelemesi ve modifikasyonu
- Ayak ve ayak kabıların gözden geçirilmesi.

2.2.4 İkincil kırığın önlenmesi

Frajil olan kırığın sürdürülmesi, daha fazla kırığın meydana geleceğinin sinyalidir, dolayısıyla kırılmaların %40'ından fazlasını önlediği bilinen sağlık hizmetleri teşvik edilmelidir. Ne yazık ki dünya genelindeki sağlık sistemleri bu bakımı sağlamakta sıklıkla başarısız oluyor çünkü (49):

- Hiçbir meslek grubu bu hasta grubunun belirlenmesi ve tedavi edilmesi sorumluluğunu üstlenmemektedir.
- Frajil kırığı olan kişilere, osteoporozla yakalanma potansiyellerinin yüksek olduğu bildirilmediğinden, bu durumu hiçbir zaman araştırmalarda bildirmezler, dolayısıyla osteoporozlu kişilerin sonraki nüfus sayıları hatalı bir şekilde düşük olarak rapor edilir.
- Sağlık kayıtlarındaki kodlama, klinik ekiplerin tıbbi kayıtlarında kodlayıcıyı frajil kırıklarının bildirmesi konusunda bilgilendiren terimleri kullanmamaları nedeniyle zayıftır.
- Frajil kırığı tespit edildiğinde bile kullanılacak uluslararası kuralların bulunmaması.

Bu durum, sağlık sistemlerinin harekete geçme ihtiyacının farkında olmamalarına ve kırılma oranlarını azaltan, frajil kırıkları yaşayanların yaşam kalitesini artıran ve sadece frajil kırığına değil, herhangi bir frajil kırığına doğrudan atfedilebilen mortaliteyi azaltan ikincil koruma hizmetlerini uygulama konusunda başarısız olmalarına neden olmaktadır (49).

2.2.5 Frajil kırıklar için risk faktörleri

- Yaş
- Cinsiyet
- Düşük vücut kitle indeksi

- Ayakta yüksekten düşme öyküsü
- Önceki frajil kırığı
- Ebeveyn kalça kırığı öyküsü
- Güncel glukokortikoid tedavisi
- Halen sigara içmek
- Günde üç veya daha fazla birim alkol alımı
- Osteoporozun ikincil nedenleri:
 - Romatizmal eklem iltihabı
 - Tip 1 diyabet
 - Yetişkinlerde Osteogenez imperfekta
 - Uzun süredir tedavi edilmemiş hipertiroidizm
 - Hipogonadizm/erken menopoz (45 yaş altı)
 - Kronik yetersiz beslenme
 - Kronik malabsorbsiyon
 - Kronik karaciğer hastalığı (49)

2.3 Kırığın biyomekaniği

Biyomekanik, biyolojiye uygulanan mekaniğin bir tanımıdır. Mekanik, quanta ve subatomik parçacıkların görelî hareketi veya galaksilerin hareketi olsun, herhangi bir dinamik sistem analizidir (57-60).

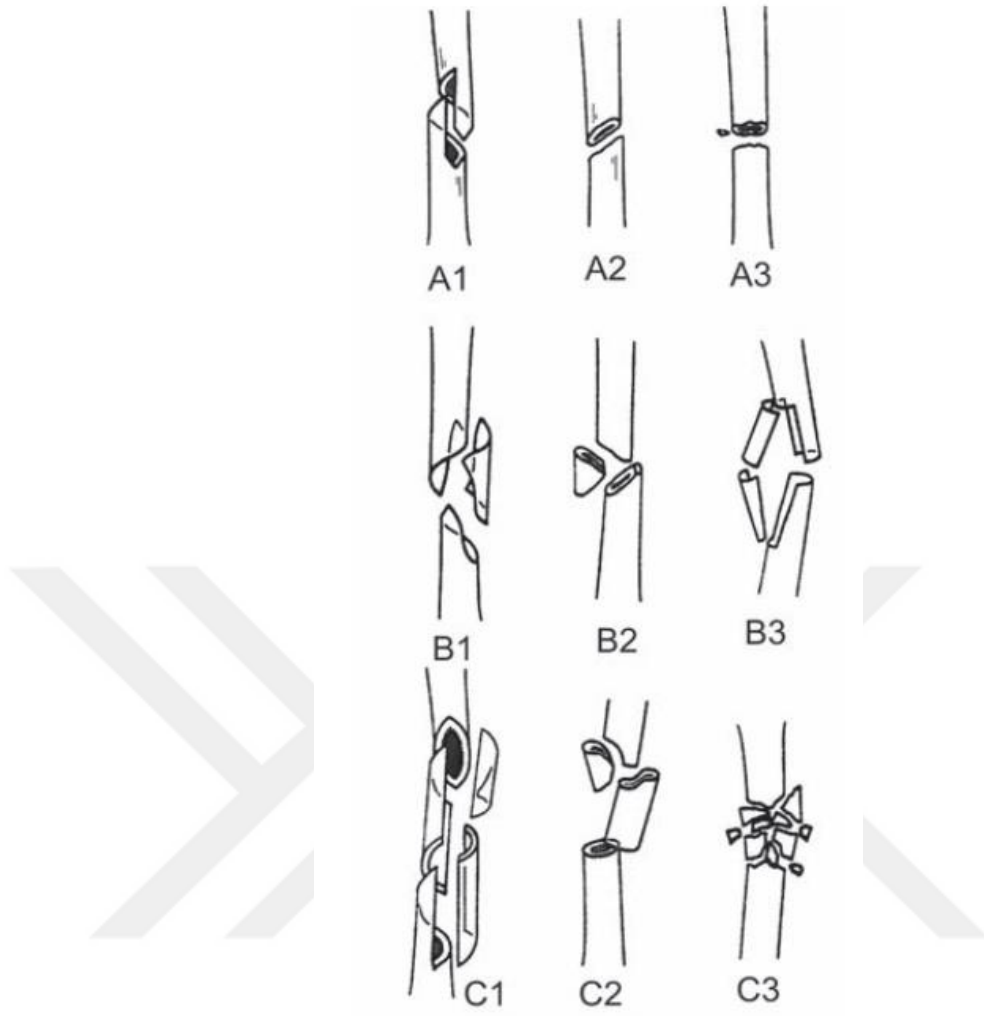
Kazada sürdürülen bir kuvvetin etkisi, büyüklüğü, yönü ve yükün doğası; kemiklerin doğası, mineral içeriği, kemik yoğunluğu ve geometrik şekli dahil kemik mikromimarisi ile yumuşak dokuların karşı etkisi gibi birçok faktöre bağlıdır (60-62). Kemiklerin malzeme dayanıklılığı yaş, cinsiyet ve hayvan türüne bağlı olarak değişir. Ayrıca kemiklerin konumuna bağlı olarak da değişebilir, örneğin femur ile humerus arasında farklılık gösterebilir.

Kemik üzerindeki kuvvetler çekme, basınç, kayma, eğme ve burulma şeklinde olabilir (61). Kırığa neden olan kuvvetler doğrudan veya dolaylı olabilir (dönme, aksiyel basınç ve doğrudan etki olmadan bükülme gibi) (63). Kemik, mineraller içeriğine bağlı olarak kırılma anlığına atfedilen nedenlerden dolayı diğer kas-iskelet materyallerine göre şekil değiştikten sonra kırılır (64). Bu nedenle bir kırık, bir malzeme olarak ve bir yapı olarak kemik başarısızlığıdır (59). Gerilme ve basınç yükleri altında, kemik dayanıklılığı kemik kesit alanına ve görünür yoğunluğun karesine orantılıdır; kemik yoğunluğundaki küçük bir azalma, kemik dayanıklılığında büyük bir azalmayla ilişkilendirilebilir. Kemiklerin elastikiyeti yaşla birlikte azalır. İlerleyen yaş ve osteoporoz ile sıklıkla spiral kırıklar görülür çünkü kırılma momenti yaşla ters orantılıdır.

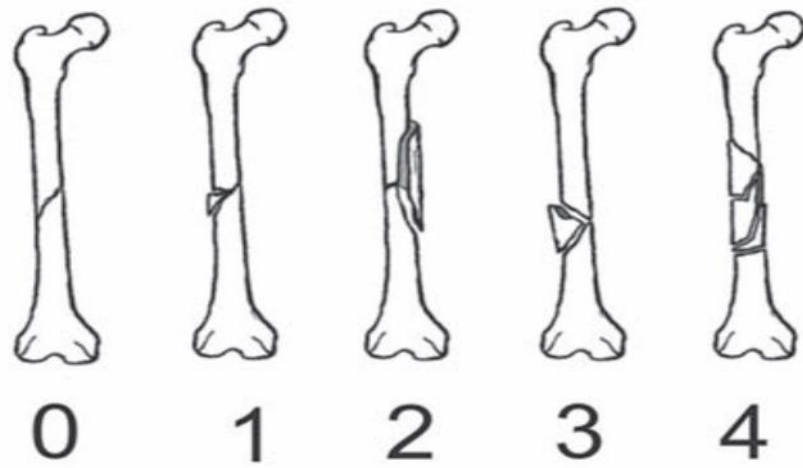
2.4 Kırık sınıflaması

2.4.1 Femur shaft kırıklarının sınıflaması

Femur shaft kırıkları, kırık geometrisi, yer değiştirme, hizalama veya açık - kapalı olup olmaması gibi faktörlere dayalı olarak sınıflandırılabilir. Yaygın olarak kullanılan sınıflandırma sistemleri arasında AO sınıflandırması (Şekil 2.7) ve Winquist Hansen sınıflandırması (Şekil 2.8) bulunur. Diğer sınıflandırmalar arasında kapalı kırıklar için Tschern ve Oestern sınıflandırması ile Gustilo Anderson sınıflandırması bulunmaktadır (65).



Şekil 2.7: AO Sınıflaması



Şekil 2.8: Winqvist Hansen Sınıflaması

2.5 Kırık mekanizması

Femur şaftı kırıkları tüm yaş gruplarında görülür ve çeşitli mekanizmalara bağlıdır. Kırıkların yaş ve cinsiyetle ilişkilendirilen çift tepe dağılımı vardır; yaralanmalar genellikle yüksek enerjili travma sonrasında genç erkeklerde ve ayakta dururken düşmeler sonrasında yaşlı kadınlarda daha sık görülür. Başlıca yaralanma mekanizması trafik kazalarıdır, bu da motorlu taşıt kazalarını, motosiklet kazalarını ve araç çarpmalarını içerir (66).

Femur şaftı kırıklarına neden olan düşük enerjili travma, yer seviyesinde kayma veya tökezleme, spor yaralanmaları ve 1 metreden daha düşük yükseklikten düşme gibi durumları içerir. Genç kişilerdeki kırıklar genellikle yüksek enerjili travma, stres ve patolojik kırıklarla ilişkilidir (34,35).

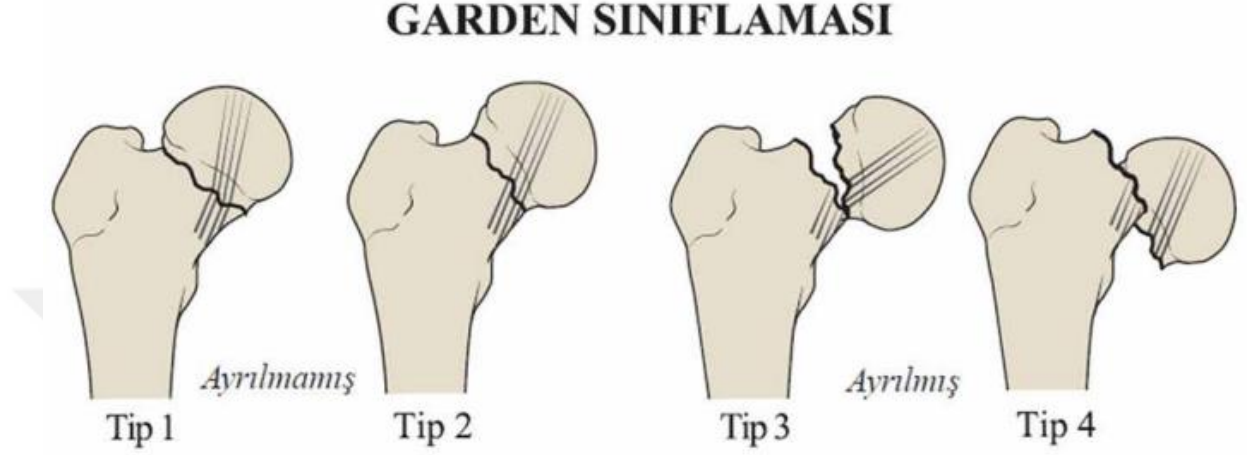
2.6 Cerrahi hususlar

Basit düşme sonrası osteoporozu olan yaşlı kadın hastalarda kırık riski daha yüksektir. Genç hastalarda femur kırıkları genellikle yüksek enerjili travmalardan, örneğin motorlu araç kazalarından veya önemli bir yükseklikten düşmelerden kaynaklanır. Hasta yüksek cerrahi risklere sahip değilse veya ciddi komorbiditeleri yoksa, tüm femur kırıkları operasyonla yönetilir, bu da hastalara daha erken stabilizasyon ve yaşam kalitesinde artma sağlar. Cerrahi revizyona yol açan başlıca komplikasyonlar, avasküler nekroz, aseptik non-ünit ve periprotetik kırıklardır (2).

Proksimal femur kırığına yönelik olarak, artroplasti veya iç sabitleme yaklaşımı tercihi, kırık modeline ve özelliklerine bağlıdır. Femoral boyunu içeren intrakapsüler bir kırığın, ekstrakapsüler bir kırığa göre derin femoral arterin medial dalında kanlanmayı bozması beklenir. Bu nedenle, intramedüller çiviler ve vidalarla tedavi edilirse avasküler nekroz riskini önlemek için femoral başın değiştirilmesi ile artroplasti daha uygundur (6).

Femoral boyun kırıkları düz röntgen filmi ile değerlendirilir ve Garden sınıflandırması kullanılarak sınıflandırılabilir. Garden I, minimal kayma veya valgus etkilenmiş olan eksik bir femoral boyun kırığıdır. Garden II, minimal kaymaya sahip tam bir kırıktır. Garden III, %50'den az kayma olan tam bir kırıktır. Garden IV,

%50'den fazla kayma olan tam bir kırıktır. Ancak kırıkları röntgen ile sınıflandırmak zordur, bu nedenle femoral boyun kırıkları genellikle kaymış (Garden I ve II) veya non-deplese (Garden III ve IV) olarak sınıflandırılır (Şekil 2.9) (6).



Şekil 2.9: Garden sınıflaması

Non-deplese kırıklar genellikle kansellöz lag vidaları veya kayan kalça vidaları kullanılarak tedavi edilir. Her iki teknik de benzer sonuçlar ve komplikasyon oranları gösterir. Kansellöz lag vidaları, daha kısa cerrahi süreler ve azalan kan kaybı ile ilişkilendirilir. Ancak, kayan kalça vidalarına kıyasla daha yüksek bir revizyon oranına eğilimlidirler. Bu artış, cerrahi sonrası femoral boyunun doğal kısalsmasının bir sonucu olarak lag vidasının belirgin başının yumuşak dokuları tahriş etmesine bağlanmaktadır (25).

Distal femur kırıkları, eklem içi katılığı olan kırıkların yarısından fazlasının intra-artiküler olduğu ve cerrahi tedavinin eklem boşluğu katılımına bağlı olduğu karmaşık yaralanmalardır. Ekstra-artiküler kırıklar, antegrad veya retrograd intramedüller (IM) çiviler, plaklar, bıçaklar veya vidalar ile tedavi edilir. Retrograd IM çivi, plak, bıçak veya vidalarla açık redüksiyonlu iç sabitleme ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar ve daha düşük revizyon ve enfeksiyon oranlarına sahiptir. Antegrad IM çivinin retrograd IM çivi ile karşılaştırılabilir sonuçları vardır. Stabil ve non-deplese intra-artiküler kırıkların bazıları retrograd IM çivilerle tedavi edilebilir, ancak çoğu intra-artiküler kırık total diz artroplastisi (TKA) olarak yönetilmelidir. Bununla

birlikte, TKA geçiren yaşlı hastalar yüksek morbidite ve mortalite riskine sahiptir, bu nedenle hasta seçimi önemlidir. TKA revizyonları, birincil TKA'dan daha kötü sonuçlar verir (8).

2.7 Teşhis

Bu kırıkların teşhisi, çoğunlukla klinik bulgular ve radyolojik incelemelerle yapılır. Tipik olarak, travmanın bir öyküsü vardır, ancak patolojik kırıkların öyküsü travmayla uyumlu olmayabilir. Klinik muayene, kırık bölgesinde hassasiyet, şişlik, kısıalma ve deformiteyi ortaya koyar. Herhangi bir aynı taraflı femur boyun kırığı, intertrokanterik kırık ve kalça çıkığı gibi durumları değerlendirmek için dikkatli bir muayene yapılmalıdır. Pelvik halka, eşlik eden pelvik bozukluğu işaret edebilecek hassasiyet, şişlik veya ekimoz açısından incelenmelidir. Etkilenen uzvun nörolojik muayenesi yapılmalı ve sağlam tarafla karşılaştırılmalıdır.

Hemodinamik stabilite, hastanın ameliyat öncesi değerlendirmesinin bir parçası olarak dikkatlice değerlendirilmelidir. Waddell'in femur kırığı, intraabdominal veya intratorasik yaralanma ve baş yaralanması üçlüsü, yüksek hızlı otomobil kazaları ile ilişkilidir. Hematokrit değeri 30%'dan düşük olduğunda, çoklu sistem yaralanması şüphelenmelidir.

Düz radyografi: Radyografların çekilmesi öncesinde ek yumuşak doku yaralanmasını en aza indirmek için ekstremiteleri alçalamak gereklidir. Pelvisin anteroposterior görünümü, dizin anteroposterior ve yan görünümleri ile bütün femurun radyografileri çekilmelidir, böylece herhangi bir kırık tespit edilebilir.

Bilgisayarlı tomografi (BT): BT taramaları, uzunlamasına ve spiral kırıkları tespit edebilir. Yorgunluk kırıklarını tespit etme konusunda geleneksel radyograflara göre daha az hassastır.

Sintigrafik Tarama: Bu şu anda yorgunluk kırıkları için en iyi tanı yöntemidir (66). Hassasiyeti neredeyse %100'e yakındır.

Manyetik Rezonans Görüntüleme: Bu, kemik yorgunluk kırıklarının tespitinde sintigrafiden daha özgüftür. İlk üç haftada en doğru sonuçları verir.

Anjiyografi: Anjiyografi, damar yaralanmalarında endikedir. Vasküler yaralanmanın göstergeleri, nabız veya nörolojik iskemik yetersizlik, hematoma, kanama, hipotansiyon ve ayak bileği-kol indeksi (ankle-brachial index) 1.63'ten düşükse içerir.

Hematolojik araştırmalar: Hemoglobun düzeyleri ve hematokrit, uyluk bölgesinin bölgelerine göreceli olarak büyük miktarda kan kaybedilebileceğinden takip edilmelidir.

Mikrobiyoloji: Enfeksiyon Őüphesi olduğunda mikroskopi, kültür ve duyarlılık testleri için sürüntüler alınmalıdır.

2.8 Kemik Mineralizasyonu

Mineralize Dış Hücre Matrisi (ECM), omurgalı iskelet-diş sisteminin eşsiz bir özelliğidir. Mineralize iskeletin büyük yük taşıma kapasitesi, mavi balinalar gibi 180 tona kadar çıkabilen büyük omurgalıların evrimsel ortaya çıkışına olanak sağlamıştır. Ancak, mineralize dokuların işlevleri sadece vücut kütlesini desteklemek, i  yumuşak organları korumak veya sadece hareketi kolaylaştırmakla sınırlı değildir; aynı zamanda birçok fizyolojik aktivite için vazgeçilmez olan esansiyel mineraller için kolayca erişilebilir bir rezervuar görevi de g r rl r (67).

Biyomineralizasyonun kökeni, tektonik aktivitelerin deniz suyunda  z n r minerallerin belirgin bir Şekilde artışına neden olduğu geç Prekambriyen döneme kadar izlenebilir (67). Deniz organizmalarının ilk olarak kalsiyum karbonat ve/veya kalsiyum fosfat minerallerinden oluşan primitif dış iskeletler geliştirdiğine inanılır (67,68). Evrimsel adaptasyonların bir parçası olarak, iskelet dokuları i elleştirildi ve bu, daha büyük vücut boyutlarına sahip organizmaların ortaya çıkışına yol açtı. Bazı primitif organizmaların iskelet dokularında kalsiyum karbonat yerine kalsiyum fosfat mineralleri biriktirmeye başlamalarının nedeni net olmasada, biriktirilen kalsiyum fosfat minerallerinin belirli fizyolojik avantajlar sağladığı düşünülebilir. Gerçektende, kalsiyum fosfat minerallerinin varlığının iskeleti asidik koşullar altında daha kararlı hale getirdiği  ne sürülmüştür (67). Omurgalı organizmalar, "savaş ya da kaç" durumlarında ani hızlı hareketler için anaerobik glikoliz yoluyla ATP üretimine

güvenir. Bu yolun aktivasyonu, asidik bir doku ortamına yol açar ve bu da kalsiyum karbonat içeren bir iskeleti daha kolayca destabilize eder.

2.8.1 Kemığın Mineral Bileşimi

1771'de Scheele, kemikte kalsiyum fosfat minerallerinin varlığını ilk kez bildirdi (69). Daha sonra, kemik minerali, hem kimyasal bileşimi hem de X-ışını kırınım deseni analizleriyle jeolojik apatitten (fosfat mineralleri grubu) ayırt edilebilen hidroksiapatit $[(Ca)_{10} (PO_4)_6(OH)_2]$ formunda tanımlandı (70). Ancak, sonraki çalışmalar kemikteki minerallerin uniform bir bileşime sahip olmadığını gösterdi (71,72). Yatırılan mineralin başlangıç aşaması ve zamanla apatite geçişine dair hala bazı anlaşmazlıklar olsada, olgunlaşmış kemik mineralinin, karbonatlı hidroksiapatit olarak adlandırılan, kalsiyum fosfatın bir kristalin fazı olduğu artık kabul edilmektedir (73). Organik matris içermeyen kemik örnekleri üzerinde yüksek çözünürlüklü iletim elektron mikroskobu (TEM), 3D stereoskopik TEM ve atomik kuvvet mikroskobu kullanılarak yapılan çalışmalar, kemik kristallerinin doğru ölçümlerini sağladı. Bu çalışmalar, kemik kristallerinin nanometre boyutunda, uzun ve çok ince levhalar olduğunu kesin olarak belirledi (71).

Kemikteki erken mineral fazı hakkındaki anlaşmazlığın kaynağı, Dr. Posner'ın laboratuvarında altmışların ortalarında gerçekleştirilen basit bir in vitro deneye görünmektedir. Kalsiyum klorür ve sodyum asit fosfatın yoğun çözeltilerinin karıştırılması, kalsiyum fosfat tuzlarının çökmesine ve X-ışını kırınım analiziyle geniş ve bulanık bir desen göstermesine neden oldu. Bu desen, çöken mineralin apatit değil, amorf kalsiyum fosfat (ACP) olduğunu öne sürdü. İlginç bir şekilde, aynı örnekler üzerinde iki gün sonra yapılan X-ışını kırınım analizlerinde, çökeltinin kötü biçimlenmiş kristalin bir apatit olduğu bulundu (74). Bu ilk in vitro mineral faz geçiş bulgusu, mineralize doku örnekleri kullanılarak takip eden deneylere ve sonrasında aynı grup tarafından embriyonik civciv kemiklerinde ACP'nin varlığının bildirilmesine yol açtı (75). Ancak, kemikte ACP'nin bulunup bulunmadığı konusundaki tartışma devam etti çünkü sonraki çalışmalar embriyonik kemiklerin ACP içermediği sonucuna vardı (76). O zamandan beri, Raman spektralleri, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve senkrotron üretimi X-ışını kırınım

teknikleri kullanılarak kemik minerallerinin daha sofistike analizleri gerçekleştirildi; ancak, konu hala kesin bir konsensüs sağlanamadı (71).

2.9 Kemik Mineralizasyonu Ölçüm Yöntemleri

Kemiklerin gücü, kemik matris hacmi, kemik mikro mimarisi ve kemikteki mineralizasyon derecesine (DMB) bağlıdır ve biz yakın zamanda, alendronat ile tedavi edilen osteoporoz hastalarında, kemik kırık riski ve kemik mineral yoğunluğunun (BMD), kemik matris hacmi veya kemik mikro mimarisinde değişiklik olmaksızın değiştiğini gösterdik (77). Böylece, kemik mekanik yeteneğini belirleyen faktörler arasında DMB unutulmamalıdır.

2.9.1 Kemik Örneklerinin Mineral İçeriğindeki Nitel ve Nicel Farklılıklar

Kemik mineral içeriği, BMD ve kemik matris hacmine bağlıdır. BMD, mineral maddenin küresel değerlendirilmesine olanak tanıyan noninvaziv yöntemlerle (dual x-ray absorpsiyometri (DXA), tomodensitometri, kantitatif ultrason) ölçülebilir. Buna karşılık, invaziv yöntemler sadece kemik dokusunun mineral maddesini ölçer. Doku yapısını koruyan invaziv yöntemler arasında, kemik histomorfometrisi, özellikle spongiöz kemik dokusu veya çekirdek hacminin yüzdesi olarak ifade edilen süngerimsi veya toplam kemik hacminin ölçümleri yoluyla, belirli bir kemik biyopsi örneği hacmindeki kemik matris miktarının doğrudan ölçümüne erişim sağlar. Kemik histomorfometrisi, metil metakrilatta gömülü dekalsifiye edilmemiş transiliak kemik biyopsi örneklerinde gerçekleştirilir. Bu yöntem, süngerimsi ve kompakt kemikteki kemik yapısı ve mikro mimarisini, kemik yeniden yapılanmasını (rezorpsiyon ve formasyon) ve çift tetrasiklin etiketleme kullanarak osteoblast aktivitesi oranı gibi dinamik parametreleri yansıtan statik parametrelerin ölçülmesine olanak tanır. Bu, kemik organizasyonunun ara düzeyinde, yani temel yapısal birimde (BSU), yani kortikal kemiğin osteonunda veya süngerimsi kemiğin trabeküler paketinde, doku ve hücre değişikliklerini değerlendirmek için uygun tek yöntemdir. Kemik histomorfometrisi, tamamen mineralize edilmemiş matrisin iyi bir ayrımını sağlar; ancak, bu yöntem her BSU'nun bireysel DMB'si hakkında bilgi sağlayamaz. DMB, yaygın olarak x-ışını zayıflama deneyleri ile ölçülür (78,79)

Çoğu çalışma, yüksek doğrusal çözünürlük sağlayan temas mikroradyografisini kullanmıştır. Bilgisayarlı mikrodensitometrik yöntem kullanarak yapılan kantitatif mikroradyografi, bölümün kalınlığı tarafından belirlenen sınırlar içinde her BSU'nun odak DMB'sini ölçmeye olanak tanır (80,81). Mikroskopik mineral varyasyonları ve mineral yoğunluk dağılımları ayrıca kantitatif geri saçılmış elektron görüntüleme (qBEI) ile değerlendirilmiştir (82-87). Son zamanlarda, DMB synchrotron radyasyon mikrotomografisi kullanılarak da ölçülmüştür (88). Son olarak, mineral maddenin nanometre düzeydeki yapısı (kristallerin şekli, tipik baskın yönelimi ve ortalama boyutu) küçük açılı x-ışını saçılması ve Fourier dönüşümlü kızılötesi mikrospektroskopisi (FTIRM) ile araştırılabilir (89,90).

2.10 Hounsfield Unit (HU)

Hounsfield unit (HU), radyologların bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinin yorumlanmasında kullandıkları radyo yoğunluğunun göreceli nicel bir ölçümüdür. Bir dokudaki radyasyonun emilim/zayıflama katsayısı, BT'nin yeniden oluşturulması sırasında gri tonlu bir görüntü üretmek için kullanılır. Dokunun fiziksel yoğunluğu, X-ışını demetinin emilim/zayıflamasına orantılıdır. Hounsfield birimi, aynı zamanda BT birimi olarak da adlandırılır, ardından X-ışını demetinin temel doğrusal zayıflama katsayısının doğrusal bir dönüşümüne dayalı olarak hesaplanır, burada damıtılmış su (standart sıcaklık ve basınçta) sıfır Hounsfield Birimleri olarak keyfi olarak tanımlanır ve hava -1000 HU olarak tanımlanır. Üst sınırlar, kemikler için 1000'e, koklea gibi yoğun kemikler için 2000'e ve çelik veya gümüş gibi metaller için 3000'den fazlaya ulaşabilir (91). Doğrusal dönüşüm, gri tonlar olarak görüntülenen bir Hounsfield skalası üretir. Daha yoğun doku, daha fazla X-ışını demeti emilimiyle pozitif değerlere sahiptir ve parlak görünür; daha az yoğun doku, daha az X-ışını demeti emilimiyle negatif değerlere sahiptir ve koyu görünür. Hounsfield birimi, 1979'da Fizyoloji veya Tıp dalında Nobel Ödülü'nü kazanan ve BT'nin icadında rol alan Sir Godfrey Hounsfield'in adını almıştır, çünkü bu, hemen devrim niteliğinde bir tanı aracı olarak tanınmıştır (91-93).

Orijinal doğrusal zayıflama katsayısının bu doğrusal dönüşümü, Hounsfield skalasını mutlak bir ölçek yerine göreceli bir ölçek yapar. Farklı X-ışını demet enerjileri, farklı doku emilimlerine ve dolayısıyla farklı HU'lara yol açar. Erken

çalışmalar, HU'nun çeşitli BT parametrelerine bağlı olduğunu göstermiştir (94). Rekonstrüksiyon algoritmasının türü, BT'nin tasarımı ve X-ışını kilovoltajı, belirlenen en önemli faktörlerdi. Bu faktörlerin standardizasyonu, HU'yu güvenilir bir tanı ölçüm aracı yapmaya yardımcı olmalıdır (95).

BT sanrıları, Hounsfield birimi ölçümlerini etkileyebilir. En sık karşılaşılan BT sanrılarından biri olan ışın sertleşmesi sanrısı, radyo yoğunluğunun ölçümünü etkiler. Geleneksel BT X-ışınları, polikromatik enerjilerden oluşur. Yüksek yoğunluklu doku, düşük enerjili X-ışınlarını seçici olarak emer, böylece X-ışını demetini değiştirir. Bu emilim, sırasıyla, yüksek yoğunluklu dokunun merkezindeki X-ışını demet emilimini değiştirebilir ve HU'da bir değişikliğe neden olabilir, bu da yanlış düşük HU ölçümlerine ve BT görüntülerinde daha az yoğun veya daha koyu görünmesine yol açabilir. Modern BT makineleri, bu sanrıyı yeniden oluşturma sürecinde düzeltebilir (96,97).

Son olarak, BT'de görüntülemenin temeli, dokunun yoğunluk ve radyo yoğunluk farklılıklarıdır. BT görüntülemesinde yabancı cisim değerlendirmesi söz konusu olduğunda, eğer yabancı cisim, içine gömüldüğü dokunun fiziksel yoğunluğuna benzerse, benzer HU'ye sahip olacak ve görsel olarak BT tarafından tespit edilmesi zor olacaktır. Ahşap bir yabancı cismin radyolojik değerlendirmesi, ahşabın değişken görünümü ve ahşap içindeki değişiklikler göz önüne alındığında karmaşıktır. Ahşap bir yabancı cismin zamanla artan HU gösterdiğini gösteren belgeler bulunmaktadır (98,99)

Yağ için HU yaklaşık -50, beyin omurilik sıvısı +15, beyaz madde +25, gri madde +40 ve kan +30-45'tir. HU'nun doku yoğunluğunu ölçmek için kullanılması, radyologlara görüntülerin yorumlanmasında ve hastalıkların teşhisinde yardımcı olmuştur. Kullanımı tıbbın farklı uzmanlık alanlarında tanımlanmıştır. Yağlı karaciğer teşhisi, pulmoner nodül ve tiroid nodüllerinin değerlendirilmesi gibi birçok hastalıkta kullanılmasının yanısıra kemik mineral yoğunluğunun belirlenmesi, kemik kalitesi, yapılan cerrahi müdahalelerde vida gevşemesinin tahmin edilmesi, travmalarda kırığı öngörmek ve dejeneratif lomber lordoz gibi birçok alanda kullanılabilir (100-105).

Arařtırmamızda, hastanemizin acil servisine basit dűşme sonucu başvuran hastalar űzerinde, Hounsfield űnitesi (HU) deęerinin kırık riski ve mevcut kırıklarla olan iliřkisini belirlemeyi amaçladık.



3. MATERYAL VE METOD

3.1 Popülasyon ve Çalışma Dizaynı

Bu çalışma, etik kurul onayı alınarak 01.01.2020 ile 01.09.2023 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi Acil Tıp Kliniği'nde tek merkezli, retrospektif, tanımlayıcı, kesitsel ve klinik gözlemsel olarak gerçekleştirildi. Çalışmanın ana amacı, basit düşme sonucu başvuran hastaların demografik, klinik ve radyolojik özelliklerinin analiz edilmesidir. Hastalar basit düşme sonrası femur fraktürü gelişen hastalar ve basit düşme ile başvurup femur fraktürü gelişmeyen hastalar olarak iki gruba ayrıldı. Hastaların demografik bilgileri, ek hastalıklar, basit düşme sonucu proksimal femur fraktürü durumları, laboratuvar sonuçları, görüntüleme bulguları, HU değerleri, retrospektif olarak incelendi.

3.2 Etik kurul

Etik onay, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gazi Yaşargil Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurul Komitesi tarafından verilmiştir (13.10.2023 tarih ve 563 sayılı etik kurul onayı alınmıştır). Çalışma etik kurul alındıktan sonra başlandı. Çalışmada, hastaların bilgilerine sadece araştırma ekibi tarafından ulaşılabilmektedir ve tüm bilgiler gizli tutulmuştur.

3.3 Dahil Edilme Kriterleri

Çalışmamıza 18 yaşını doldurmuş ve basit düşme ile başvuran erişkin bireyler dahil edilmiştir. Ayrıca geriye dönük dosya taramasında hastane kayıtları düzgün ve tutarlı olan hastalar ile sistemde CT görüntüleri olan hastalar çalışmaya dahil edildi.

3.4 Dışlama Kriterleri

Çalışmamızdan <18 yaşın altındaki bireyler dışlandı. Herhangi bir kemik malignitesi (kanser) veya kemik metastazı tanısı almış olan hastalar, daha önce proksimal femur bölgesine ameliyat uygulanmış veya bu bölgeye protez ya da fiksator implante edilmiş olan hastalar, bifosfanat grubu ilaçları kullanan hastalar, BT çekimi yapılmamış olan hastalar (veya çekilmiş ise HU hesaplanacak kadar düzgün çekim

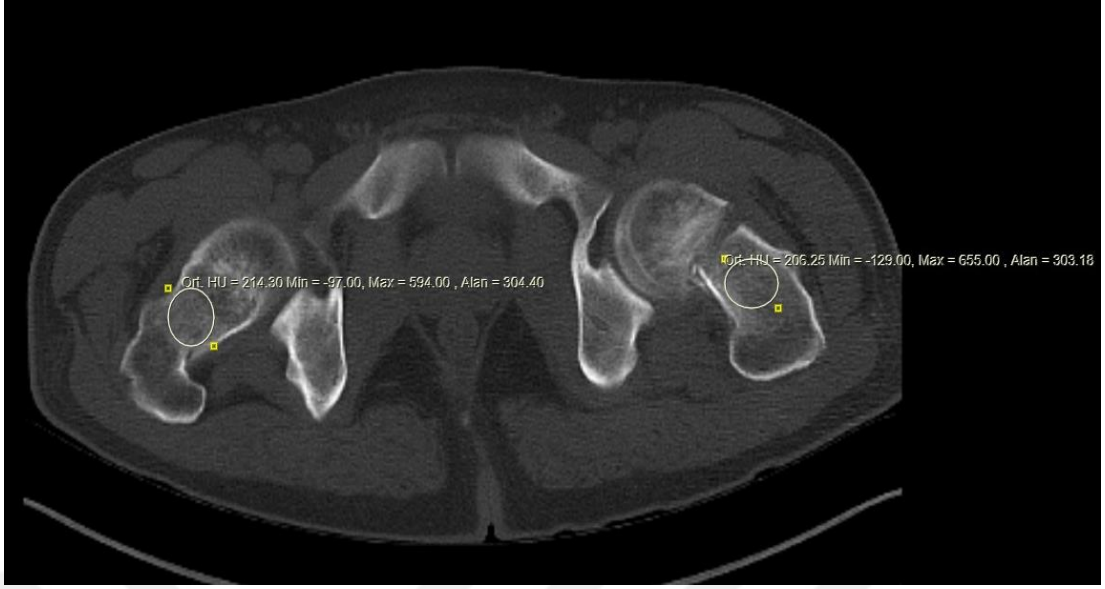
yapılmamış olan hastalar), daha önceden femur kemiğinde kırık öyküsü bulunan hastalar ve hastane kayıtlarında bilgi eksikliği olan, dosyasına ulaşılamayan veya dosyasına ulaşıp verileri tutarsız olan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

3.5 Hounsfield Biriminin Ölçülmesi

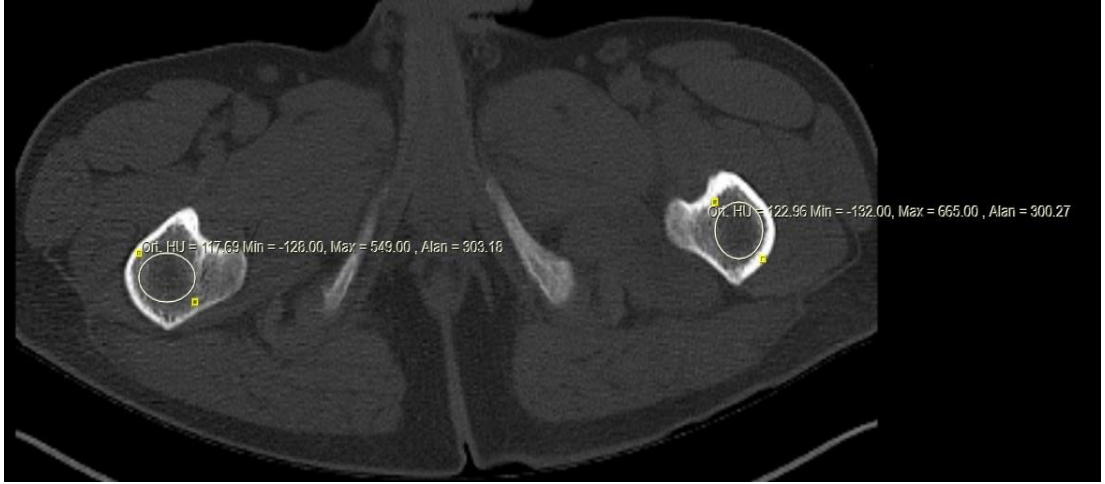
Kemik mineral yoğunluğunu (BMD) değerlendirmek için, kırık bölgesinde, kırığın proksimalinde (femur başı içinde) ve kırığın distalinde (küçük trokanter seviyesinde) aksiyel kesitler üzerinde $3.00 \text{ cm}^2 \pm 0.05 \text{ cm}^2$ lik sabit eliptik Bölge-İlgi Alanları (ROI) çizildi. Bu eliptik ROI'lar, kortikal kemiğin kesişimlerinden kaçınacak şekilde çizildi ve böylece sadece trabeküler kemik ve kemik iliğini örnekledi. Her bir elips için ortalama kemik yoğunlukları (HU) kaydedildi. Bu işlem kırık gelişmiş olan hastalarda hem kırık tarafı hem de kırığın olmadığı taraf için yapılmış ve HU değerleri ayrı ayrı hesaplanıp not edildi. Aynı ölçümler, acil servise basit düşme ile başvurup kırık gelişmeyen hastaların her iki alt ekstremitesi için kırık olan hastaların her birinin kırık bölgesiyle uyumlu olabilecek şekilde simetriğinin ölçümleri yapılarak bulunan HU değerleri ayrı ayrı kaydedildi (Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3).



Şekil 3.1: HU hesaplaması-1



Şekil 3.2: HU hesaplaması -2



Şekil 3.3: HU hesaplaması -3

3.6 İstatistiksel Analiz

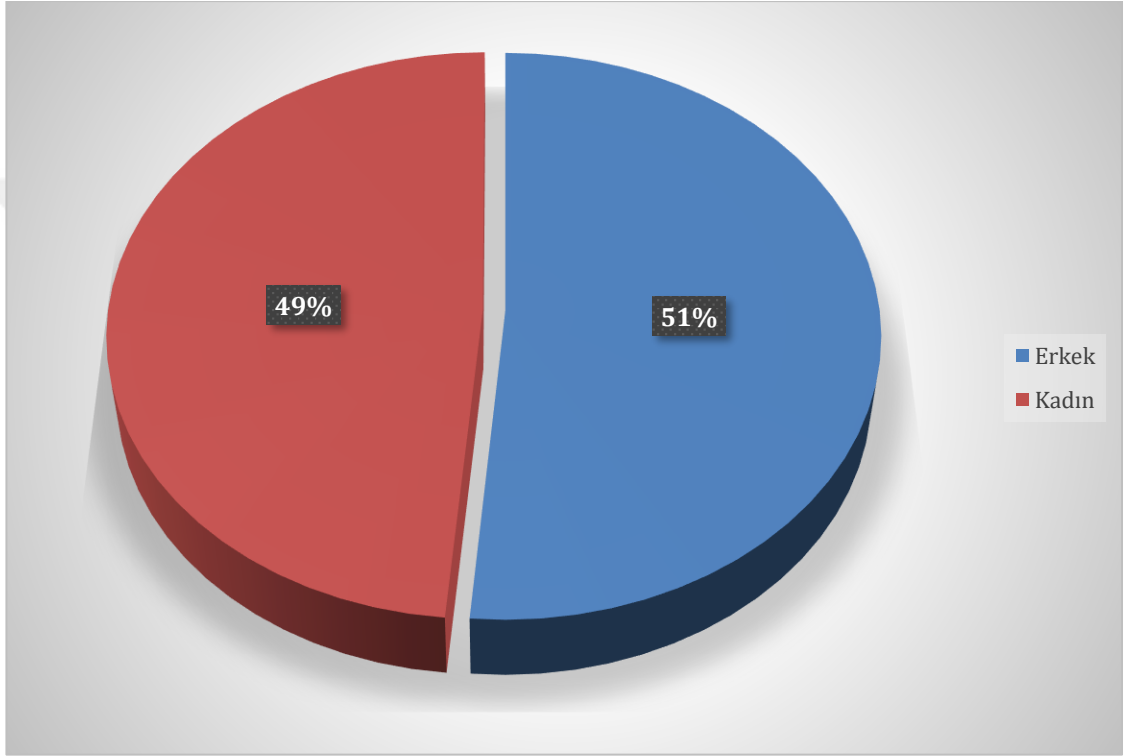
İstatistiksel analizler, SPSS v27 ve JAMOVI yazılımları kullanılarak gerçekleştirildi. Tanımlayıcı istatistikler; kategorik değişkenler için sayı ve yüzde, sürekli değişkenler için ise ortalama, standart sapma, minimum, maksimum ve medyan değerler şeklinde sunuldu. Alt grup analizlerinde, grup içi oranların karşılaştırılması için Ki Kare Analizi kullanıldı. Bağımsız gruplardaki sürekli değişkenlerin karşılaştırılması, normal dağılıma uygunluk durumuna bağlı olarak Student t Testi

veya Mann Whitney U testi ile yapıldı. HU değerlerinin diğer verilerle olan korelasyonu, Pearson Korelasyon Testi ile değerlendirildi. HU değerlerinin kırık öngörme yeteneğini belirlemek için ROC analizi yapıldı. Öngörül modelin gerçek risk faktörü analizinde ve düzeltilmiş Odss oranı ve regresyon analizi binary lojistik regresyon analizi ile yapıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edildi.



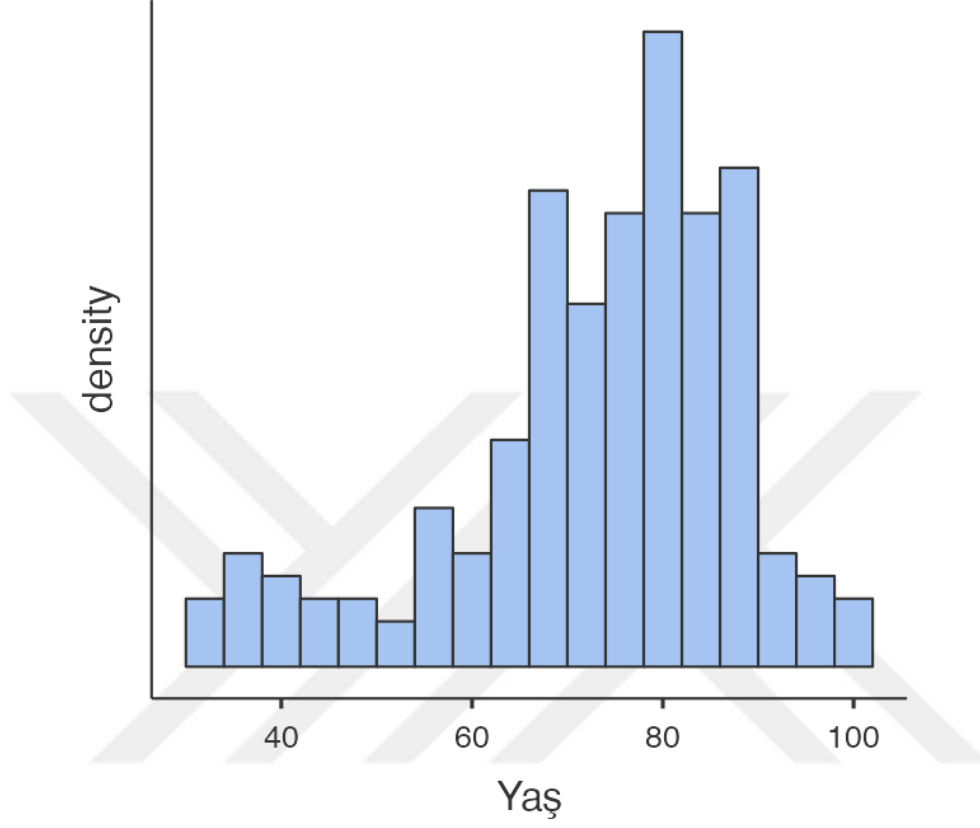
4. BULGULAR

Çalışmamıza iki grup dahil edilmiştir. Grup 1 basit düşme sonrası femur fraktürü gelişen hastalardan, grup 2 ise basit düşme ile acile başvuran ancak herhangi bir fraktürü olmayan hastalardan seçilmiştir. Grup 1’de toplam 91 hasta ve grup 2’de toplam 90 olmak üzere çalışmamıza 181 hasta dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen hastaların %51.4’ü (n=93) kadınlardan oluşmaktaydı (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Çalışmaya dahil edilen hastaların cinsiyet dağılımı

Hastaların yaş ortancası 76 [67-84] idi. Yaş dağılımını gösteren histogram grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2: Yaş dağılım histogramı

Araştırma sonuçlarına göre, hastaların kullanılan ilaçlara ilişkin dağılım şu şekildedir: Kardiyak ilaçlar en yaygın kullanılan ilaç grubunu oluştururken (%59,1), bunu antidiyabetik ilaçlar (%28,7) ve GİS ilaçları (%26,5) izlemiştir. Nörolojik ilaçlar da (%22,1) sıkça kullanılan bir diğer ilaç kategorisidir. Diğer ilaçlar (%57,5) da önemli bir kullanım oranına sahiptir. İlaç kullanımı olmayan hastaların oranı çok düşüktür (%7,2). Ayrıca, respiratuar ilaçlar (%14,4) ve non-steroid anti inflamatuar ilaçlar (%12,2) da belirli bir oranda kullanılmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: İlaç kullanımı

Kullanılan ilaçlar	n	%
Kardiyak ilaçlar	107	59,1
Respiratuar ilaçlar	26	14,4
Nörolojik ilaçlar	40	22,1
GİS ilaçları	48	26,5
Antidiyabetik ilaçlar	52	28,7
Non-steroid anti inflamatuar	22	12,2
Diğer ilaçlar	104	57,5
İlaç kullanımı yok	13	7,2

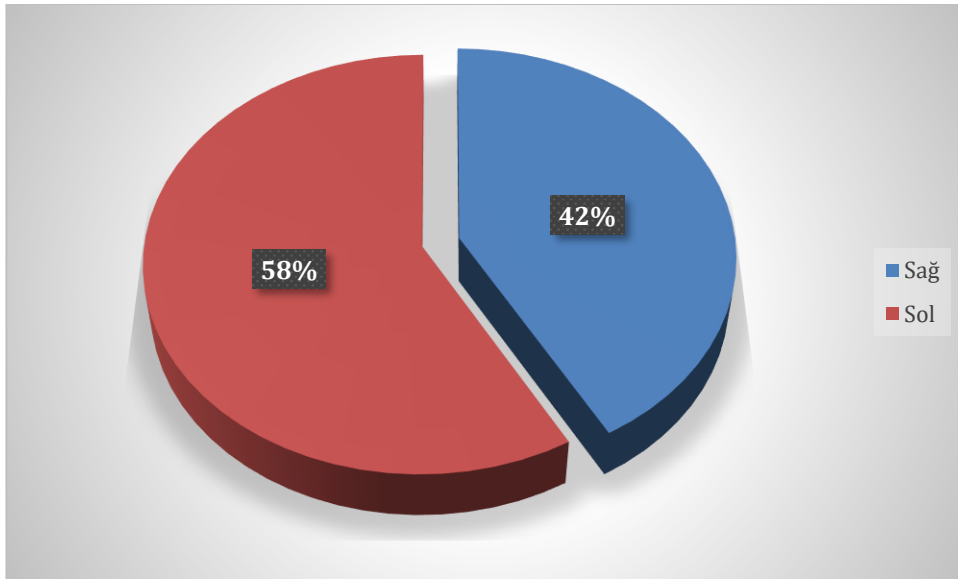
Araştırmanın sonuçlarına göre, hastaların komorbiditeler (eşlik eden hastalıklar) açısından dağılımı oldukça çeşitlilik göstermektedir. Hipertansiyon, %56,91 oranında hastada en sık görülen komorbidite olarak belirlenirken, toplam hasta sayısının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Diabetes Mellitus (DM) ise %29,28 oranında hastada tespit edilen bir diğer önemli komorbiditedir. Koroner arter hastalığı, araştırma grubundaki hastaların %27,07'sinde sıkça karşılaşılan bir komorbidite olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, KOAH (%10,50), Osteoporoz (%8,29), Malignite (Kanser) (%6,08), SVO (Serebrovasküler Olaylar) (%16,02), KBH (Kronik Böbrek Hastalığı) (%10,50) ve Astım (%4,42) gibi farklı komorbiditeler de gözlemlenmiştir. Ayrıca, hastaların %51,93'ünde başka komorbiditeler bulunurken, bu kategori çeşitli diğer hastalıkları içermektedir (benign prostat hiperplazisi, psikiyatrik hastalıklar, gastrit vb hastalıklarını içermektedir). Ancak %7,73 oranındaki hastada herhangi bir komorbidite saptanmamıştır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: Eşlik eden hastalıklar

Komorbiditeler	n	%
Hipertansiyon	103	56,9
DM	53	29,3
Koroner arter hastalığı	49	27,1
KOAH	19	10,5
Osteoporoz	15	8,29
Malignite	11	6,08
SVO	29	16
KBH	19	10,5
Astım	8	4,42
Diğer	94	51,9
Komorbidite yok	14	7,73

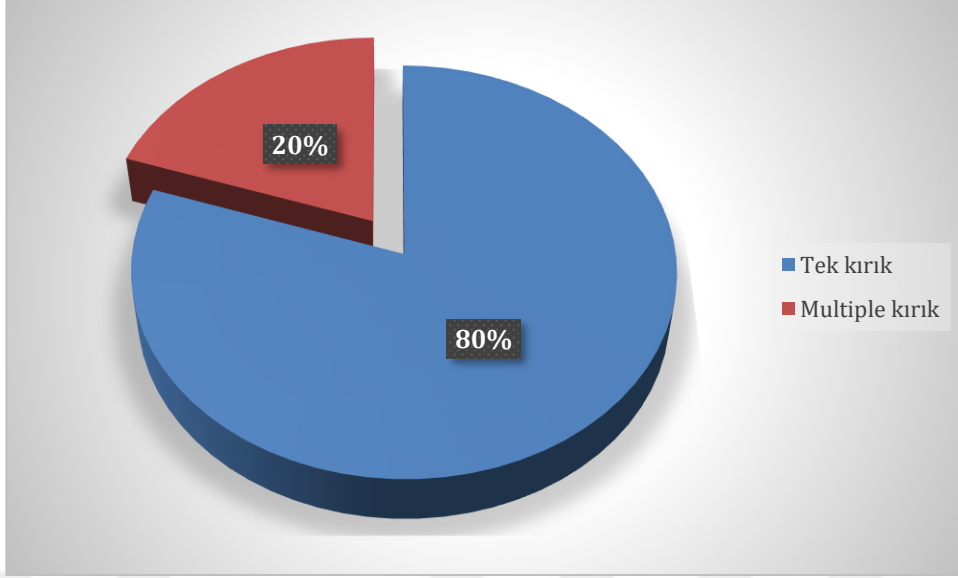
*DM: Diabetes mellitus, KOAH: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı, SVO: Serebrovasküler olay, KBH: Kronik Böbrek Hastalığı, Diğer: Benign Prostat Hiperplazisi, Psikiyatrik Hastalıklar, Kabızlık, Gastrit vb hastalıklarını içermektedir.

Hastaların %58'inde (n=53) kırık sol tarafta, %42'sinde (n=38) sağ tarafta idi. Hiçbir hastada bilateral kırık saptanmadı (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Kırık tarafı

Hastaların %20'sinde (n=18) birden fazla kırık mevcut iken hastaların %80'inde (n=73) tek kırık mevcuttu (Şekil 4.4).



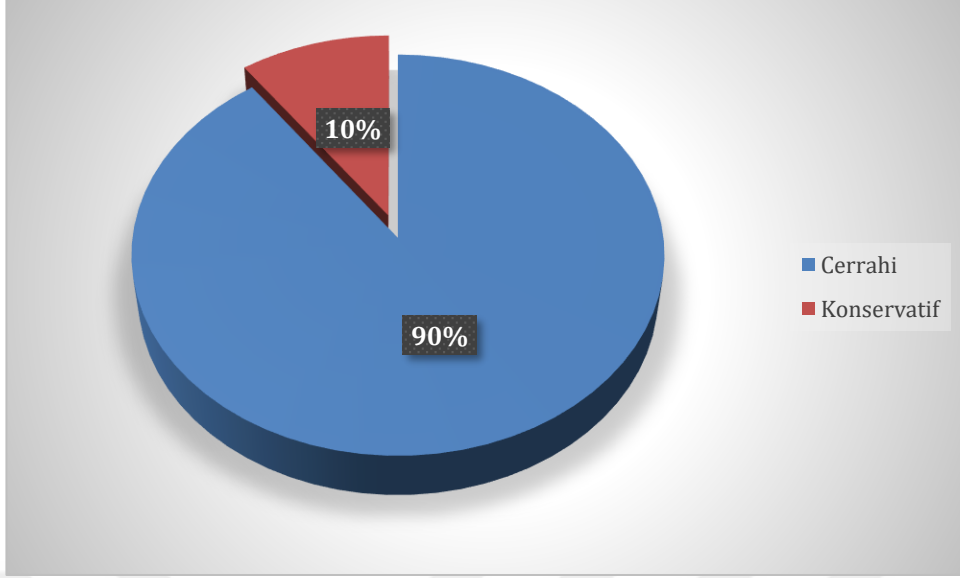
Şekil 4.4: Kırık Sayısı

Kırık yerleri açısından yapılan incelemeye göre, hastaların kırık tipleri farklı dağılımlar göstermektedir. Araştırma sonuçlarına göre, kırıkların %50,5'i (n=46) izole femur boynu bölgesinde tespit edilmiştir, bu da en sık görülen kırık türüdür. İntertrokanterik kırıklar ise hastaların %19,8'inde saptanmıştır. Femur başı kırığı (%1,1), femur başı ve femur boynu kırığı (%3,3), femur boyun ve intertrokanterik kırık (%16,5), trokanter major kırığı (%8,8) gibi diğer kırık tipleri de gözlemlenmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Kırık yeri

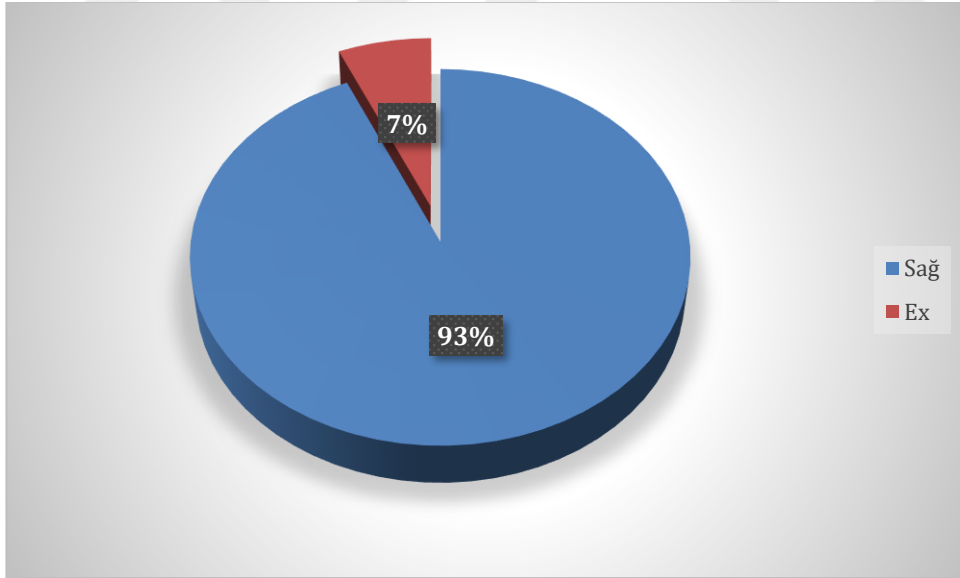
Kırık yeri	n	%
Femur başı	1	1,1
Femur başı + femur boynu	3	3,3
Femur boynu	46	50,5
İntertrochanterik	18	19,8
Femur boynu + intertrochanterik	15	16,5
Trochanter major	8	8,8

Hastaların %10'u konservatif izlenirken, %90'mına cerrahi yapıldı (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Tedavi

Hastaların yatış süresi ortancası 5 [3-8] gün idi. Çalışmamızda kırık grubunda mortalite oranı %7 (n=6) saptanmıştır (Şekil 4.6). Hiçbir HU ölçümü mortalite ile ilişkili değildi ($p>0.05$).



Şekil 4.6: Mortalite

Yaş ortalaması açısından, kırık grubunda 74.8 ± 15.2 iken, kırık olmayan grupta bu oran 72.5 ± 15 olarak tespit edilmiştir ($p=0.307$). Cinsiyet dağılımına bakıldığında, kırık grubundaki kadınların oranı %50.5 (46 kişi), erkeklerin oranı ise %49.5 (45 kişi)

olarak bulunurken, kırık olmayan grupta kadınlar %52.2 (47 kişi), erkekler %47.8 (43 kişi) oranındadır (p=0.822). Osteoporoz durumu, kırık grubunda %4.4 (4 kişi), kırık olmayan grupta ise %12.2 (11 kişi) olarak kaydedilmiştir (p=0.056). Komorbidite varlığı, kırık grubunda %91.2 (83 kişi), kırık olmayan grupta ise %93.3 (84 kişi) olarak belirlenmiştir (p=0.593). Kırık bölgesindeki HU değerlerine göre, kırık grubunda HU değeri <72 olanların oranı %44 (40 kişi), >72 olanların oranı ise %56 (51 kişi) iken, kırık olmayan grupta bu oranlar sırasıyla %72.2 (65 kişi) ve %27.8 (25 kişi) olarak tespit edilmiştir (p<0.001). Ortalama hastanede yatış süresi, kırık grubunda 7.94±16.1 gün olarak bulunurken, kırık olmayan grupta bu süre 0.13±0.71 gün olarak hesaplanmıştır (p<0.001). Mortalite oranı, kırık grubunda %6.7 (6 kişi) iken, kırık olmayan grupta sıfır olarak kaydedilmiştir. Cerrahi müdahale, kırık grubunda %90 (81 kişi) oranında uygulanırken, kırık olmayan grupta hiç uygulanmamıştır (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Grupların demografik ve genel özelliklerinin karşılaştırılması

	Kırık grubu	Kırık olmayan grup	p-değeri
Yaş	74.8±15.2	72.5±15	0.307
Cinsiyet			0.822
Kadın	46 (50.5%)	47 (52.2%)	
Erkek	45 (49.5%)	43 (47.8%)	
Osteoporoz durumu (var)	4 (4.4%)	11 (12.2%)	0.056
Komorbidite (var)	83 (91.2%)	84 (93.3%)	0.593
Kırık bölgesinde HU			<0.001
<72	40 (44%)	65 (72.2%)	
>72	51 (56%)	25 (27.8%)	
Hastanede yatış süresi (gün)	7.94±16.1	0.13±0.71	<0.001
Mortalite	6 (6.7%)	0 (0)	
Cerrahi	81 (90%)	0 (0)	

Kırıkları olan hastalar değerlendirildiğinde, kırığın proksimalindeki HU değerleri, kırık tarafında 229.8±68.2 iken, karşı tarafta 238.7±85.6 olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (p=0.258). Kırık

bölgesinin HU değerleri, kırık tarafında ortalama 45.1 ± 55.4 iken, karşı tarafta 79.4 ± 52.9 olarak tespit edilmiştir. Bu iki değer arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olup, p-değeri <0.001 olarak bulunmuştur. Kırığın distalindeki HU değerleri, kırık tarafında ortalama 67 ± 60.5 , karşı tarafta ise 69.8 ± 62.7 olarak ölçülmüştür. Bu iki değer arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p=0.516$) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Kırık gelişen hastalarda kırık tarafı ve karşı tarafın HU ölçüm sonuçları

	Kırık tarafı	Karşı taraf	P-değeri
HU proksimal	229.8 ± 68.2	238.7 ± 85.6	0.258
HU kırık bölgesi	45.1 ± 55.4	79.4 ± 52.9	<0.001
HU distal	67 ± 60.5	69.8 ± 62.7	0.516

Taraf durumuna göre kırığın proksimali, kırık bölgesi veya kırığın distalinde ölçülen HU arasında istatistiksel olarak anlamlı fark çıkmamıştır (sırasıyla; $p=0.469$, $p=0.976$, $p=0.841$) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Tarafa göre ölçümlerin karşılaştırılması

	Grup	N	Ortalama	Median	SD	SE	p-değeri
HU Proksimal	Sağ	38	223.6	225.5	67.7	10.98	0.469
	Sol	53	234.2	233.0	68.9	9.47	
HU Kırık bölgesi	Sağ	38	79.2	80.5	41.7	6.77	0.976
	Sol	53	79.5	72.0	60.0	8.24	
HU Distal	Sağ	38	65.5	64.5	45.3	7.35	0.841
	Sol	52	68.1	48.5	70.0	9.71	

Cinsiyetler arası karşılaştırmaya bakıldığında kırık bölgesi ve kırık proksimalinde ölçülen HU değerleri arasında anlamlı fark yok iken, kırık distalinde elde edilen HU değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. Kırık distalinde kadınlardaki HU değeri daha düşük idi (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Cinsiyetler arasında HU ölçümlerinin karşılaştırılması

	Grup	N	Ort	Median	SD	P-değeri
HU Proksimal	Kadın	46	226.2	235.5	73.7	0.610
	Erkek	45	233.5	230.0	62.8	
HU Kırık bölgesi	Kadın	46	80.4	76.5	55.7	0.856
	Erkek	45	78.4	80.0	50.5	
HU Distali	Kadın	46	54.5	48.0	44.6	0.044
	Erkek	44	80.1	68.0	71.8	

Kırığın sayısına göre (tek – multiple) yapılan HU ölçümleri arasında anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$ her bir ölçüm için) (Tablo 4.8).

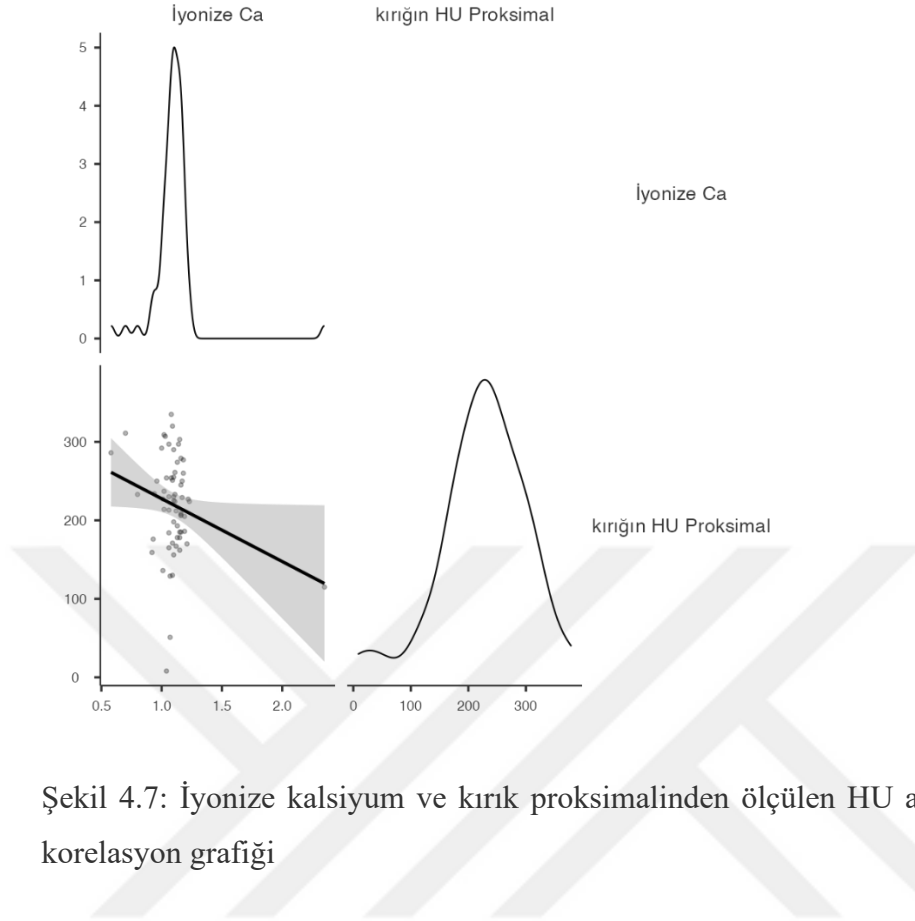
Tablo 4.8: Kırık sayısına göre ölçümlerin karşılaştırılması

	Grup	N	Ort	Median	SD	p-değeri
HU Proksimal	Tek Kırık	73	230.2	229.0	68.4	0.905
	Multiple Kırıklar	18	228.1	233.5	69.4	
HU Kırık bölgesi	Tek Kırık	73	77.3	76.0	56.0	0.443
	Multiple Kırıklar	18	88.0	98.0	37.5	
HU Distali	Tek Kırık	73	62.1	52.0	57.8	0.116
	Multiple Kırıklar	17	87.8	82.0	69.1	

Hastaların kalsiyum değerleri ile yapılan HU ölçümleri arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Hastanın iyonize kalsiyum değerleri ile kırık proksimalinden ölçülen HU değeri arasında negatif korelasyon saptandı ($p=0.046$, $r= -0.250$) (Tablo 4.9 ve Şekil 4.7).

Tablo 4.9: Ölçümlerin kalsiyum değerleri ile olan korelasyon sonuçları

Ölçümler		İyonize Ca	Ca
HU proksimal	Pearson's r	-0.250	0.152
	p-value	0.046	0.156
HU kırık bölgesi	Pearson's r	-0.041	0.080
	p-value	0.749	0.453
HU distal	Pearson's r	-0.078	0.142
	p-value	0.545	0.188



Şekil 4.7: İyonize kalsiyum ve kırık proksimalinden ölçülen HU arasındaki negatif korelasyon grafiği

Tüm hastalar incelendiğinde kırıkları olan hastaların kırık olduğu tarafın kırık olmayan gruptaki aynı tarafla karşılaştırma yapıldığında, distalde ölçülen HU değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Kırığın proksimalinden ölçülen HU kırık grubunda 229 iken kırık olmayan grupta 278 olarak saptanmıştır ($p<0.001$). Kırık bölgesinde ölçülen HU değerinde, kırık olmayan grupla karşılaştırıldığında, kırık grubunda daha düşük (45.1) saptanmıştır ($p<0.001$) (Tablo 4.10).

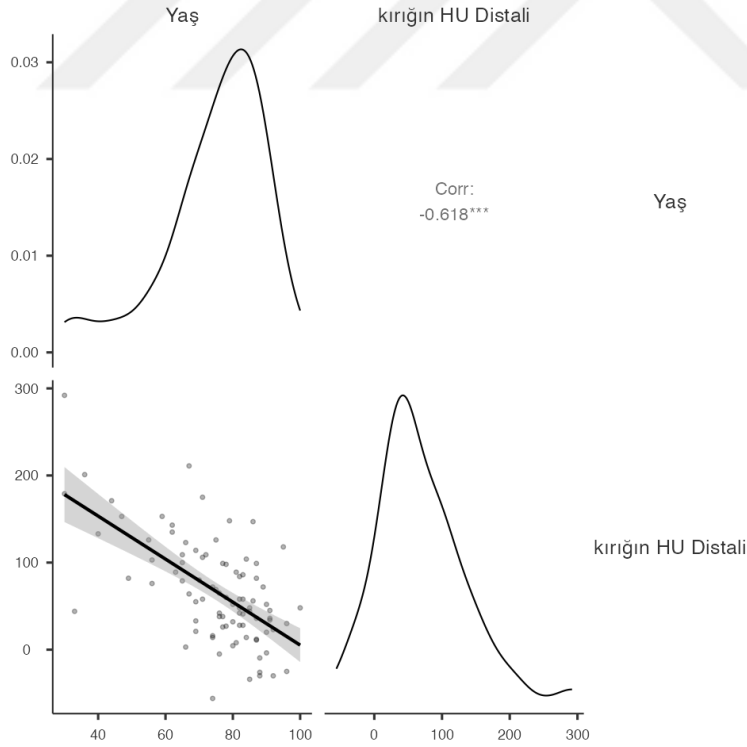
Tablo 4.10: Gruplar arasında aynı taraflarda ölçülen HU değerleri arasındaki ilişki

	Kırık grubu	Kırık olmayan grup	p-değeri
HU proksimal	229.8±68.2	278.1±85.0	<0.001
HU kırık bölgesi	45.1±55.4	82.3±50.6	<0.001
HU distal	67±60.5	53.1±59	0.122

Kırık grubu incelendiğinde, kırığın tüm kırığın hem proksimalinden, hem distalinden hem de kırık bölgesinde ölçülen HU değerinin yaş ile negatif korelasyon gösterdiği saptandı (Tablo 4.11). En yüksek korelasyon distalde ölçülen HU ile karşılaştırılmada saptandı (Şekil 4.8).

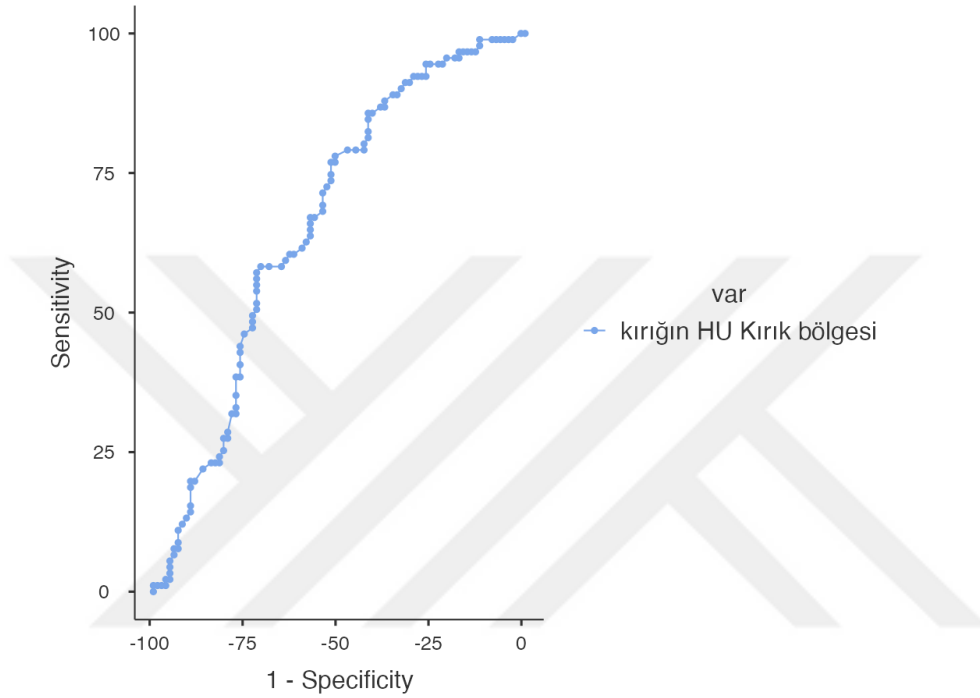
Tablo 4.11: Yaş ve ölçüm arasındaki korelasyon tablosu

		Yaş
HU proksimal	Pearson's r	-0.525
	p-value	<0.001
Hu kırık bölgesi	Pearson's r	-0.421
	p-value	<0.001
HU distal	Pearson's r	-0.618
	p-value	<0.001



Şekil 4.8: Kırığın distalinden ölçülen HU değeri ile yaş arasındaki negatif korelasyon grafiği

Düşme sonrası kırık gelişen ve gelişmeyen hastaların kırık oluşma öngörüsü için yapılan ROC analizinde, maksimum youden's indexi değerinde elde edilen optimal cut-off değeri 72 HU olup bu değerdeki sensitivite %58, spesificite %73, pozitif prediktif değeri %68, ve negatif prediktif değeri %63 olarak hesaplanmıştır (AUC: 0.663) (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Kırık durumu / HU prediktif hesaplaması için ROC analizi sonuçları ve eğri

Yapılan binary lojistik regresyon analizi sonucunda kırık bölgesindeki $HU > 72$ cut-off değerinde kırık oluşma riskini öngören modelde Odds oranı 3.3 (1.63-6.17) saptandı (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Kırık öngörüsül modelinde lojistik regresyon analizi sonuçları

	p-değeri	Odds oranı	95% GA
Kırık bölgesinde HU >72	<0.001	3.3	1.63 – 6.17



5. TARTIŞMA

Çalışmamız, basit düşmeler sonucu farklı sonuçlarla karşılaşan iki grup üzerinde odaklanmaktadır. Grup 1, düşme sonrası femur fraktürü gelişen hastalardan oluşurken, Grup 2 ise düşme sonucu acile başvuran ancak herhangi bir fraktürü olmayan bireylerden oluşmaktadır. Bu çeşitli örneklem, fraktür gelişimi üzerine detaylı bir analiz yapılmasını sağlamıştır.

Çalışmamız, femur kırıklı hastalarda kırık olan ve olmayan bölgelerdeki HU değerlerini karşılaştırmaktadır. Kırık olan tarafta proksimal bölgedeki HU değerleri ile karşı taraftaki değerler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, kırık bölgesinde kırık tarafın HU değerleri, hem karşı tarafa göre hem de kontrol grubunun aynı tarafında göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük bulunmuştur. Kırığın distalindeki HU değerleri arasında ise anlamlı bir fark saptanmamıştır. Hastaların iyonize kalsiyum değerleri ile kırık proksimalinden ölçülen HU değeri arasında negatif bir korelasyon bulundu. ROC analizi sonucu, 72 HU değerlerinde düşme sonucu kırık gelişme riskinin belirlenmesinde kullanılabileceğini işaret etmektedir. Bu bulgular, kırık riskinin öngörülmesi ve tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bilgiler sunmaktadır.

Kalça kırıkları, tüm dünyada büyük ilgi odağı olup, yaşlanan nüfus ile birlikte giderek artan bir sorun haline gelmektedir. Son yapılan bir sistemik inceleme, 2050 yılına kadar dünya genelindeki kalça kırıklarının yarısından fazlasının Asya'da gerçekleşeceğini öngörmekte; bu durum, hızla artan yaşlı nüfus ve uzun yaşam süreleriyle ilişkilendirilmektedir (1,106,107). Özellikle Çin'de, 2013 yılında 0.7 milyon olan kalça kırığı vakalarının 2050 yılında 4.5 milyona ulaşarak altı katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Japonya'da ise 50 yaşındaki bireylerde ömür boyu kalça kırığı riski, erkeklerde %5.6, kadınlarda ise %20 olarak rapor edilmiştir (106,107).

Her yıl meydana gelen ve sayıları hızla artan kalça kırıkları, ortopedik travma cerrahları için önemli bir tedavi alanı oluşturmanın yanı sıra, sürekli artan bir halk sağlığı meselesi haline gelmiştir. Bu kırıkların çoğu, günlük yaşam aktiviteleri sırasında osteoporoz ve düşmeler sonucu oluşmakta, erkek ve kadın oranı ise 1:4'tür. Geriatrik kalça kırıkları arasında femur boynu ve trokanterik kırıklar yer almakta, bunların insidansı yaklaşık %40 ile %60 arasında değişmektedir. Trokanterik kırıklar, femur boynu kırıklarına göre daha yaşlı bireylerde daha sık görülmektedir. Genel

olarak yaşlılar, osteoporoz ve çeşitli tıbbi komorbiditelerden daha ağır etkilenmekte ve yürüme kabiliyetleri daha zayıf olmaktadır (1,4,108).

Elli yaş üstü hastalar arasında yaygın bir hastalık olan düşük kemik mineral yoğunluğu (BMD), klinik olarak fragil kırıkları şeklinde kendini göstermektedir. Düşük enerjili bir kırık sonrasında osteoporoz taraması ve tedavisini geliştirmeye yönelik çabalar önemli olmakla birlikte, birincil kırığı önleme, öncü kırıkla ilişkili morbidite ve mortaliteyi ortadan kaldırmaktadır (109). Bu, özellikle önemli morbidite taşıyan kalça ve omurga kırıkları için son derece kritiktir. Birincil kırıkların sayısını azaltmak, osteoporozun farmakolojik tedavisi yoluyla mümkündür. Bu tedavi, ilacın cinsi, çalışma süresi ve engellenen kırık türüne bağlı olarak kırık oranlarını %20 ila %70 arasında azaltmıştır. Hangi hastaların önceden kırık geçireceğini ve dolayısıyla kimi tedavi etmek gerektiğini belirlemek net değildir. Ulusal Osteoporoz Vakfı'nın mevcut tedavi kılavuzları, osteoporoz tanısı olan hastalar, kalça veya vertebral kırık öyküsü olanlar ya da belirli Kırık Risk Değerlendirme Aracı (FRAX) puan eşikleri için farmakolojik tedavi önermektedir. Sadece osteoporozu olan hastaların tedavisi, 2005 maliyetlerini kullanarak bir maliyet-etkinlik modeline dayanmaktadır (108,109).

Kırık oranı osteoporozlu kadınlar arasında en yüksek olmasına rağmen, kadınlarda meydana gelen kırıkların çoğunluğu, yukarıdaki tedavi algoritmasında yer almayan osteopeni hastalarında görülmektedir. Bu durum, kırık geçirecek olan kadınların %82'sine kadarının tedavi edilememesine yol açmaktadır. Özetle, çift X-ışını absorpsiyometrisi (DEXA) taraması ile osteoporoz sınıflandırması spesifikdir ancak kırık için duyarlılık açısından sınırlıdır. Sonuç olarak, düşük BMD'yi belirlemekten daha da önemlisi kırıkları öngörmek için birçok alternatif yöntem araştırılmaktadır. Bu yöntemler arasında risk faktörlerinin bütünleşik kullanımı, serum biyomarkerleri, FRAX ve alternatif görüntüleme modelleri bulunmaktadır. Bilgisayarlı tomografi (BT) ile BMD'nin incelenmesi, DEXA sonuçları ile yüksek oranda korelasyon gösterse de, bu genellikle tüm klinisyenlere sunulmayan ek yazılımlar gerektirmektedir. Bu yazılımın yerine, çoğu görüntüleme sistemi, atenüasyonu ölçen HU rapor edebilir (110). Bir çalışma, distal ulna HU ölçümlerini fragil kırığı oranları ile ilişkilendirmiştir (111). Bir çalışmanın sonuçları, kırık geçiren hastalarda proksimal femur HU'sunun önemli ölçüde düşük olduğunu göstermektedir.

Bu, düşük HU'nun hassas bir tarama testi olarak kullanılabilmesi hipotezimizi doğrulamaktadır. Düşük HU'ye sahip hastalar, 112 HU eşliğinin üzerinde olanlara kıyasla 2.5 kat daha fazla kırık riski taşımaktadır. Bu hastalar göz ardı edilmemelidir (112).

Daha önceki çalışmalar, DEXA ve HU ölçümleri arasında vücudun çeşitli bölgelerinde pozitif korelasyonlar bulmuştur (111-113). Bu nedenle, düşük HU ölçümlerine sahip hastaların daha yüksek kırık oranlarına sahip olması muhtemeldir. Son araştırmalar, gelecekteki fragil kırıklarını öngören distal ulna HU eşiklerini belirlemiştir, ancak bu hiçbir zaman kalça için değerlendirilmemiştir (111). DEXA sonuçları genellikle spesifiktir ancak duyarlı değildir; zira osteopeni veya normal kemik mineral yoğunluğu kategorisinde sınıflandırılan birçok hasta kırık geçirmektedir. Bu nedenle, hastaları daha iyi sınıflandırma yeteneği, düşük kemik mineral yoğunluğu için tedaviden en çok kimin fayda göreceğine dair karar vermede iyileştirmeler sağlayacaktır.

Dworak ve arkadaşları, kalça, omurga, proksimal humerus veya kaburgalarda kırıkları olan hastaların, Wagner ve arkadaşları tarafından tanımlanan ölçüm tekniğini kullanarak, bu tür kırıkları olmayanlara göre anlamlı derecede düşük distal ulna HU ölçümlerine sahip olduğunu bulmuştur (111,113). Çalışmalarında, basit ve doğrudan bir kemik mineral yoğunluğu değerlendirmesi ideal olmasına rağmen, distal ulna HU gibi olası yedek ölçümlerin el cerrahisi için büyük faydaları olacağını söylemişlerdir. Çünkü ortopedik hastaların çoğu, kırıklardan sonra uygun şekilde BMD değerlendirmesine yönlendirilmediği yönünde geniş bir kanıt bulunmaktadır. Bilek CT taramaları, genellikle distal radius kırıklarını veya diğer endikasyonları değerlendirmek için yaygın olarak yapılmakta olup, önceki çalışmalar distal ulna ve kapitatin düşük HU değerlerinin, hem ön kol hem de kalça ve lomber omurga BMD'sinin azalmasıyla ilişkili olduğunu bulmuştur. Literatürde, bilek CT taramalarının BMD değerlendirmesi için bir tarama aracı olarak kullanılabilmesi yönünde bazı öneriler bulunmaktadır. Ancak bildiğimiz kadarıyla, daha önce HU kesme değerlerinin uygulanmasının ve fragil kırığı riskinin değerlendirilmesinin bir popülasyonda değerlendirildiği sadece birkaç çalışma yapılmıştır.

Nappo ve arkadaşları, omuzun CT taramalarında anormal BMD'nin varlığını tahmin etmeye yardımcı olan yüksek gözlemci arası güvenilirliğe sahip yeni bir ölçüm sunmuştur (114). Ortalama glenoid boyun HU ölçümü 197'nin altında olan hastaların anormal BMD olma olasılığı %97 iken, HU ölçümü 257'nin üzerinde olan hastaların normal BMD'ye sahip olma olasılığı %100'dür. Bu iki grup, muhtemelen taramadan fayda görmeyecektir. Glenoid boyun HU ölçümlerini risk sınıflandırma aracı olarak kullanmak, BMD'de de anormalliklere sahip olabilecek hastaları başarıyla belirleyebilir. Bu taramadan faydalanarak, anormal BMD'nin teşhis ve tedavisini iyileştirebilir ve sonuçta ek maliyet, radyasyon veya zaman gerektirmeden kırıkların oluşma riskini azaltabileceklerini öngörmüşlerdir.

Johnson ve arkadaşlarının çalışmasında, bilek kırığı tedavisinin bir parçası olarak CT taraması ve DEXA taraması yapılan 45 kadın hasta ile ilgili veriler incelenmiştir (115). BMD ölçümleri, kapitat bölgesindeki süngerimsi kemik HU değeri kullanılarak yapılmış ve DEXA taraması ile elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Kapitat bölgesindeki HU değerleri, femur boynu, kalça ve lomber omurga BMD ve t skorları ile anlamlı derecede korelasyon göstermiştir. Kapitat bölgesinde 307 HU eşiği, osteoporotik hastaları tespit etmede yüksek duyarlılık (%86) ve özgüllük (%94) sağlamıştır. Çalışma, klinik CT taramalarından elde edilen kapitat HU ölçümlerinin, kalça, femur boynu ve lomber omurga BMD ve t skorları ile korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. İlgili çalışmanın sonuçları, klinik CT taramalarının osteopeni ve osteoporoz tespitinde bir rol oynaması gerektiğini önermektedir.

Kırık osteoporozun önemli bir komplikasyonu olmasına rağmen tarama rutin olarak yapılmamaktadır. CT taraması, tarama için bir fırsat sunmaktadır. Rambe ve arkadaşları, CT taramasındaki kemik yoğunluğu ile osteoporotik kırık riski arasındaki korelasyonu analiz etmeyi amaçlamıştır (116). Çalışmaları, karın-pelvik CT taraması yapılan hastalar üzerinde kesitsel bir araştırmadır. Kemik yoğunluğu, proksimal femur ve 3. lomber omurganın HU CT taraması ile değerlendirilmiştir. Proksimal femoral HU değerleri, baş-boyun bağlantısında trabeküler ve kortikal kemiklerde (HNt, HNC), femur boynunda (FNt, FNC) ve inter-trokanterik bölgede (ITt, ITc) ölçülmüşlerdir. Proksimal femoral HU değerleri, üst uç plakasında, omurga gövdesinin ortasında ve

alt uç plakasında ölçülmüştür. Osteoporotik kırık riski, FRAX ile değerlendirilmiştir. HNt, HNc, omurga gövdesinin ortasında, alt uç plakasında ve ortalama proksimal femoral HU ile büyük osteoporotik kırık riski arasında negatif korelasyonlar bulunmuştur. Ayrıca HNt, HNc, FNc, ITt, ITc, üst uç plakasında, omurga gövdesinin ortasında, alt uç plakasında ve ortalama proksimal femoral HU ile kalça kırığı riski arasında negatif korelasyonlar bulunmuştur.

İntramedüller çivi fiksasyonu sonrası intertrokanterik kırıklarda implant başarısızlığının oluşumu ile femur başı kemik kalitesinin HU ile ilişkisini değerlendirmek amacıyla Fan ve arkadaşları bir çalışma yapmışlardır (117). Çalışmalarında, intramedüller fiksasyonla tedavi edilen 160 intertrokanterik kırık incelenmiştir. İmplant başarısızlığı yaşayan ve yaşamayan hastalar, sırasıyla başarısızlık ve kontrol gruplarına ayrılmıştır. İntramedüller çivi fiksasyonu sonrası intertrokanterik kırıklarda implant başarısızlığının risk faktörlerini değerlendirmek için lojistik regresyon analizleri yapılmıştır. Hastaların %9.38'i (15 hasta) intramedüller fiksasyon sonrası implant başarısızlığı yaşamıştır. Başarısızlık grubundaki femur başı ortalama HU değeri, kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha düşüktür (133.25 ± 34.10 'a karşı 166.12 ± 42.68 , $p=0.004$). Multivariate lojistik regresyon analizleri, femur başı HU değerinin (OR, 0.972; %95 CI, 0.952–0.993; $p=0.008$) ve zayıf redüksiyon kalitesinin (OR, 7.614; %95 CI, 1.390–41.717; $p=0.019$) implant başarısızlığı için bağımsız etkileyici faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Femur başı HU değeri, implant başarısızlığı insidansı ile anlamlı şekilde ilişkilidir ve intramedüller fiksasyon sonrası intertrokanterik kırıklarda implant başarısızlığını öngörmek için bağımsız bir faktör olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Kim ve arkadaşlarının 2016 yılında 100 hastalık retrospektif vaka-kontrol çalışmasına göre, hemiarthroplasti sırasında intra-operatif kırık gelişen hastaların HU değerleri, kırık olmayan kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha düşük saptanmıştır (118). Kalça kırığı için preoperatif planlamanın bir parçası olarak sıkça CT taramaları kullanıldığından, bu bilgi preoperatif planlamaya dahil edilebileceğini saptamışlardır. Aynı çalışmada, femur boynunun HU değerleri ile BMD arasındaki korelasyonun anlamlı olduğu ($r=0.347$; $p<0.001$) belirlenmiştir. Ayrıca, femur boynunun HU değerleri ile vertebra BMD'si arasında da anlamlı bir ilişki bulunmuştur

($r=0.133$; $p<0.001$). Benzer şekilde, femur boynunun t skorları ile HU değerleri arasında bir ilişki saptanmıştır ($r=0.426$; $p<0.001$).

Christensen ve arkadaşlarının çalışmasında, 10 yıl boyunca 3711 hastada 183 kırık tespit etmişlerdir (112). Kırıkları %80 duyarlılıkla belirleyen HU eşiği 112 HU olarak saptamışlardır. Genel kırıklar ve kalça kırıkları için negatif prediktif değer (NPV) %97'nin üzerinde bulmuşlardır. 112 HU'nun altındaki hastalarda 10 yıllık kırık insidansı, üstündekilere göre genel kırıklar için %6.3'e karşı %1.7 ve kalça kırıkları için %2.7'ye karşı %0.07 daha yüksek bulmuşlardır. 112 HU eşiği, genel kırık ve kalça kırıkları için sırasıyla 2.5 (%95 GA: 1.7–3.6) ve 24.5 (%95 GA: 3.3–175.5) oranına denk gelmektedir. Sonuç olarak, 10 yıl içinde CT takip edilen hastalarda, kırık geçirenlerin kalça HU'su daha düşük bulmuşlardır CT'de HU'nun düşmesi, kırık potansiyeli için erken bir uyarı işareti olabileceğini ifade etmişlerdir.

Narayanan ve arkadaşları, spontan femur kırıkları olan ve olmayan hastalarda BMD değişikliklerini CT analizi ile niceliksel olarak karşılaştırmayı amaçlayan bir çalışma yürütmüştür (119). Spontan femur kırıkları için CT görüntülemesi yapılan ardışık hasta serileri, yaş ve cinsiyet açısından eşleştirilmiş kontrollerle karşılaştırılmıştır. Kırık hastalarında ve kontrollerde kırık bölgesinde, proksimalde femur başında ve distalde küçük trokanterde sabit alan HU ölçümleri yapılmıştır. Hasta içi ve hasta arası karşılaştırmalar gerçekleştirmişlerdir. 24 spontan kırık ve 25 kontrol, ortalama yaş, cinsiyet veya vücut kitle indeksi açısından anlamlı bir farklılık göstermeden analiz edilmiştir. Kırık ve karşı taraftaki kırık olmayan bölgeler arasında kemik yoğunluğunda ($p=0.0001$) ve kırığın distalinde ($p<0.0001$) farklar saptanmıştır. Vaka kırık ve kontrol kırık olmayan bölgeleri arasında proksimal ve distal kemik yoğunluğu farkları ($p<0.0001$, $p=0.0001$) ve vaka kırık olmayan ile kontrol kırık olmayan bölgeleri arasında ($p<0.0001$, $p<0.0001$) bulunmaktaydı. Ölçümler için güvenilirlik, proksimalde iyi ile mükemmel (ICC=0.63–0.87), kırık bölgesinde orta ile mükemmel (ICC=0.43–0.78) ve kırık bölgesinin distalinde adil ile iyi (ICC=0.24–0.68) arasında saptanmıştır. Spontan femur kırıkları olan hastalar, semptomsuz kontrollerden daha düşük kemik yoğunluğuna sahip olduğu saptanmıştır. Kemik yetersizliği, kırık bölgesinde değil, daha çok proksimal veya distal bölgelerde belirginleştirilmiştir.

Bizim çalışmaya bakıldığında, çalışmamızın sonuçları önceki çalışmaları destekler niteliktedir. Ancak daha önceki dönemlerde HU'nun kırılabilirliği öngörmedeki rolü ile ilgili çok az sayıda yayın bulunmaktadır. Dahası, bu yayınların büyük bir kısmı ise başka kemikleri ilgilendirirken bazıları ise introperatif kırık veya cerrahi enstrümanlarla ilişkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, bizim çalışmamızın amacıyla örtüşen amaçla yapılmış çok az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Çalışmamızda, basit düşme sonrası kırık ile başvuran hastaların verileri değerlendirildiğinde (grup içi karşılaştırma yapıldığında); kırık olan taraf ile simetriği karşılaştırmasında, kırığın proksimalinden ve distalinden ölçülen HU değeri arasında anlamlı bir fark çıkmamıştır. Buna karşın, kırık bölgesinde kırık olan tarafın HU değeri istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük saptanmıştır (45'e 79). Çalışmamızın bu aşaması Narayanan ve arkadaşlarının çalışmasının sonuçları ile örtüşmektedir. Öte yandan yine aynı kırık grubunda grup içi karşılaştırma yapıldığında, kırığın proksimalinden ve kırık bölgesinden ölçülen HU değeri arasında anlamlı fark saptanmazken, kırığın distalinden ölçülen HU değeri kadınlarda anlamlı derecede daha düşük saptanmıştır (54'e 80). Çalışmamızda cinsiyetler arasında karşılaştırma yapılmış olması önem arz etmektedir. Çalışmamızın bu aşaması literatürde ilk kez bu çalışmada değinilmiştir.

Çalışmamızda aynı zamanda kırığın sayısına (tek-multiple) göre HU ölçümleri yapılmıştır. Ancak ölçülen HU değerleri arasında anlamlı bir fark elde edilmemiştir. Tüm hastalar incelendiğinde kırıkları olan hastaların kırık olduğu tarafın kırık olmayan gruptaki aynı tarafla karşılaştırma yapıldığında (gruplar arası karşılaştırma), distalde ölçülen HU değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Kırığın proksimalinden ölçülen HU kırık grubunda 229 iken kırık olmayan grupta 278 olarak saptanmıştır ($p < 0.001$). Kırık bölgesinde ölçülen HU değerinde, kırık olmayan grupla karşılaştırıldığında, kırık grubunda daha düşük (45.1) saptanmıştır ($p < 0.001$). Sonuç olarak çalışmamızda gruplar arası karşılaştırıldığında hem kırığın proksimalinden ölçülen hem de kırık bölgesinden ölçülen HU değerleri arasında anlamlı fark saptanmış ve kırık bölgesinde bu değer daha düşük izlenmiştir. Çalışmamızın bu aşaması hem Kim ve arkadaşları hem de Narayanan ve arkadaşlarının sonuçlarına

benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlar Rambe ve arkadaşları ile Christensen ve arkadaşlarının sonuçları ile de desteklenmektedir.

Çalışmamızda, kırık grubu incelendiğinde, kırığın tüm kırığın hem proksimalinden, hem distalinden hem de kırık bölgesinde ölçülen HU değerinin yaş ile negatif korelasyon gösterdiği saptandı. En yüksek korelasyon distalde ölçülen HU ile karşılaştırılarda saptandı. Hastaların kalsiyum değerleri ile yapılan HU ölçümleri arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Hastanın iyonize kalsiyum değerleri ile kırık proksimalinden ölçülen HU değeri arasında negatif korelasyon saptandı ($p=0.046$, $r=-0.250$). Bunlar yaş arttıkça osteoporotik süreç ve buna bağlı BMD azalması ile açıklanmaktadır. Çalışmamızda, düşme sonrası kırık gelişen ve gelişmeyen hastaların kırık oluşma öngörüsü için yapılan ROC analizinde, maksimum youden's indexi değerinde elde edilen optimal cut-off değeri 72 HU olup bu değerdeki sensitivite %58, spesificite %73, pozitif prediktif değeri %68, ve negatif prediktif değeri %63 olarak hesaplanmıştır (AUC: 0.663). Yapılan binary lojistik regresyon analizi sonucunda kırık bölgesindeki $HU>72$ cut-off değerinde kırık oluşma riskini öngören modelde Odds oranı 3.3 (1.63-6.17) saptandı. Christensen ve arkadaşlarının çalışmasında, kırıkları %80 duyarlılıkla belirleyen HU eşiği 112 HU olarak saptamışlardır. Genel kırıklar ve kalça kırıkları için negatif prediktif değer (NPV) %97'nin üzerinde bulmuşlardır. Johnson ve arkadaşlarının çalışmasında, bilek kırığı tedavisinin bir parçası olarak CT taraması ve DEXA taraması yapılan 45 kadın hasta ile ilgili veriler incelenmiştir. Kapitat bölgesinde 307 HU eşiği, osteoporotik hastaları tespit etmede yüksek duyarlılık (%86) ve özgüllük (%94) sağlamıştır. Çalışmamızda elde edilen HU cut-off değeri ile diğer çalışmalardan elde edilen cut-off değerleri arasında, farklı kemikler ve farklı popülasyonlar incelendiğinden, farklılık çıkması retrospektif çalışmaların doğasına uymaktadır. Sonuç olarak tüm bu çalışmalar düşük HU değerinin düşük BMD ve dolayısıyla yüksek kırık riskiyle korelasyon gösterdiğini kanıtlar niteliktedir. Çalışmamız, bu açıdan bakıldığında proksimal femur kırıklarında hem grup içi hem de gruplar arası karşılaştırma hem de cut-off belirleme açısından literatürdeki en geniş seridir.

Çalışmamızın sınırlılıkları, retrospektif çalışma olması, hastaların belli bir zamanda acile başvuran hastalardan oluşması ve popülasyonun dar bir popülasyona

seçilmiş olması olarak ifade edilebilir. Daha doğru ve daha genellenebilir sonuçlar için, daha geniş hasta sayılı, çok merkezli prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.



6. SONUÇ

1. Çalışmamıza iki grup dahil edilmiştir. Grup 1 basit düşme sonrası femur fraktürü gelişen hastalardan, grup 2 ise basit düşme ile acile başvuran ancak herhangi bir fraktürü olmayan hastalardan seçilmiştir. Grup1’de toplam 91 hasta ve grup 2’de toplam 90 olmak üzere çalışmamıza 181 hasta dahil

edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen hastaların %51.4'ü (n=93) kadınlardan oluşmaktaydı.

2. Hastaların yaş ortancası 76 [67-84] idi.
3. Araştırmanın sonuçlarına göre, hastaların komorbiditeler (eşlik eden hastalıklar) açısından dağılımı oldukça çeşitlilik göstermektedir. Hipertansiyon, %56,91 oranında hastada en sık görülen komorbidite olarak belirlenirken, toplam hasta sayısının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Diabetes Mellitus (DM) ise %29,28 oranında hastada tespit edilen bir diğer önemli komorbiditedir.
4. Hastaların %58'inde (n=53) kırık sol tarafta, %42'sinde (n=38) sağ tarafta idi. Hiçbir hastada bilateral kırık saptanmadı.
5. Hastaların %20'sinde (n=18) birden fazla kırık mevcut iken hastaların %80'inde (n=73) tek kırık mevcuttu.
6. Araştırma sonuçlarına göre, kırıkların %50,5'i (n=46) izole femur boynu bölgesinde tespit edilmiştir, bu da en sık görülen kırık türüdür. İntertrokanterik kırıklar ise hastaların %19,8'inde saptanmıştır. Femur başı kırığı (%1,1), femur başı ve femur boynu kırığı (%3,3), femur boyun ve intertrokanterik kırık (%16,5), trokanter major kırığı (%8,8) gibi diğer kırık tipleri de gözlemlenmiştir.
7. Çalışmamızda kırık grubunda mortalite oranı %7 (n=6) saptanmıştır.
8. Kırıkları olan hastalar değerlendirildiğinde, kırığın proksimalindeki HU değerleri, kırık tarafında 229.8 ± 68.2 iken, karşı tarafta 238.7 ± 85.6 olarak ölçülmüştür ($p=0.258$). Kırık bölgesinin HU değerleri, kırık tarafında ortalama 45.1 ± 55.4 iken, karşı tarafta 79.4 ± 52.9 olarak tespit edilmiştir ($p<0.001$). Kırığın distalindeki HU değerleri, kırık tarafında ortalama 67 ± 60.5 , karşı tarafta ise 69.8 ± 62.7 olarak ölçülmüştür ($p=0.516$).
9. Taraf durumuna göre kırığın proksimali, kırık bölgesi veya kırığın distalinde ölçülen HU arasında istatistiksel olarak anlamlı fark çıkmamıştır (sırasıyla; $p=0.469$, $p=0.976$, $p=0.841$).
10. Cinsiyetler arası karşılaştırmaya bakıldığında kırık bölgesi ve kırık proksimalinde ölçülen HU değerleri arasında anlamlı fark yok iken, kırık

distalinde elde edilen HU değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı. Kırık distalinde kadınlardaki HU değeri daha düşük idi ($p<0.05$).

11. Kırığın sayısına göre (tek – multiple) yapılan HU ölçümleri arasında anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$ her bir ölçüm için).
12. Hastaların kalsiyum değerleri ile yapılan HU ölçümleri arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır.
13. Hastanın iyonize kalsiyum değerleri ile kırık proksimalinden ölçülen HU değeri arasında negatif korelasyon saptandı ($p=0.046$, $r=-0.250$).
14. Tüm hastalar incelendiğinde kırıkları olan hastaların kırık olduğu tarafın kırık olmayan gruptaki aynı tarafla karşılaştırma yapıldığında, distalde ölçülen HU değerleri arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Kırığın proksimalinden ölçülen HU kırık grubunda 229 iken kırık olmayan grupta 278 olarak saptanmıştır ($p<0.001$). Kırık bölgesinde ölçülen HU değerinde, kırık olmayan grupla karşılaştırıldığında, kırık grubunda daha düşük (45.1) saptanmıştır ($p<0.001$).
15. Kırık grubu incelendiğinde, kırığın tüm kırığın hem proksimalinden, hem distalinden hem de kırık bölgesinde ölçülen HU değerinin yaş ile negatif korelasyon gösterdiği saptandı. En yüksek korelasyon distalde ölçülen HU ile karşılaştırmada saptandı.
16. Düşme sonrası kırık gelişen ve gelişmeyen hastaların kırık oluşma öngörüsü için yapılan ROC analizinde elde edilen optimal cut-off değeri 72 HU olup bu değerdeki sensitivite %58, spesificite %73, pozitif prediktif değeri %68, ve negatif prediktif değeri %63 olarak hesaplanmıştır (AUC: 0.663).
17. Yapılan binary lojistik regresyon analizi sonucunda kırık bölgesindeki $HU>72$ cut-off değerinde kırık oluşma riskini öngören modelde Odds oranı 3.3 (1.63-6.17) saptandı.

7. ÖNERİLER

Çalışmamız, basit düşme sonuçlarına göre femur fraktürü gelişen ve gelişmeyen iki farklı hasta grubunu incelemektedir. Elde ettiğimiz bulgular, düşük HU değerlerinin, femur fraktürü riski ile ciddi anlamda korele olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, özellikle osteoporoz riskinin arttığı ve düşme olasılığı yüksek

olan yaşı nüfus için büyük önem taşımaktadır. Bu bulgular ışığında, önleyici sağlık hizmetlerinin düşme riski yüksek olan ve düşük HU değerlerine sahip bireyleri erken tespit edebilmek adına daha sık tarama yapmaları gerekmektedir. Ayrıca, osteoporoz tanı ve tedavi yöntemlerinin, HU değerlerini de göz önünde bulunduracak şekilde güncellenmesi önemlidir. Yaşlı hastalar için düşme önleyici programların ve kemik sağlığını destekleyici önlemlerin geniş çaplı uygulanması, kırık riskinin azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Elde edilen bulgular, düşük HU değerlerinin femur kırığı riski ile olan ilişkisini daha iyi anlamak için ek araştırmaların yapılmasını gerektirmektedir. Sağlık profesyonellerinin, özellikle acil hekimleri, ortopedist ve fizik tedavi hekimleri, özellikle yaşlı hastaların düşme riskini ve kemik sağlığını değerlendirirken, HU değerlerini aktif olarak kullanmaları önem taşımaktadır. Klinik pratikte, düşük HU değerlerine sahip hastalar için özel tedavi ve takip stratejilerinin geliştirilmesi bu alandaki tedavi yaklaşımlarını iyileştirecektir. Son olarak, prospektif çalışmalar ve daha geniş popülasyonlar üzerinde yapılacak araştırmalar, elde edilen bulguları destekleyerek genel geçer sonuçlar elde etmemize olanak tanıyacaktır. Bu önerilerin hayata geçirilmesi, kırık riskini azaltmak ve özellikle yaşlı hastaların yaşam kalitesini artırmak adına önemli adımlar olacaktır.

8. REFERANSLAR

1. Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES. Risk factors for injurious falls: a prospective study. J Gerontol 1991; 46(5): 164-170.

2. Tinetti ME, Doucette J, Claus E, Marottoli R. Risk factors for serious injury during falls by older persons in the community. *J Am Geriatr Soc* 1995; 43(11): 1214-1221.
3. Kannus P, Parkkari J, Sievänen H, et al. Epidemiology of hip fractures. *Bone* 1996;18:57S
4. Lawrence VA, Hilsenbeck SG, Noveck H, Poses RM, Carson JL. Medical complications and outcomes after hip fracture repair. *Arch Intern Med* 2002;162:2053-7
5. Melton LJ 3rd. Who has osteoporosis? A conflict between clinical and public health perspectives. *J Bone Miner Res* 2000; 15:2309.
6. Wilk KE, Arrigo CA, Andrews JR. Current concepts: the stabilizing structures of the glenohumeral joint. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997 Jun;25(6):364-79.
7. Kanatli U, Bölükbaşı S, Ekin A, Ozkan M, Simşek A. [Anatomy, biomechanics, and pathophysiology of instability of the glenohumeral joint]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2005;39 Suppl 1:4-13.
8. Karbach LE, Elfar J. Elbow Instability: Anatomy, Biomechanics, Diagnostic Maneuvers, and Testing. *J Hand Surg Am.* 2017 Feb;42(2):118-126.
9. Martin S, Sanchez E. Anatomy and biomechanics of the elbow joint. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2013 Nov;17(5):429-36.
10. Paraskevas G, Papadopoulos A, Papaziogas B, Spanidou S, Argiriadou H, Gigis J. Study of the carrying angle of the human elbow joint in full extension: a morphometric analysis. *Surg Radiol Anat.* 2004 Feb;26(1):19-23.
11. Long F, Ornitz DM. Development of the endochondral skeleton. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2013 Jan 01;5(1):a008334.
12. Kwong S, Kothary S, Poncinelli LL. Skeletal development of the proximal humerus in the pediatric population: MRI features. *AJR Am J Roentgenol.* 2014 Feb;202(2):418-25.
13. Zember JS, Rosenberg ZS, Kwong S, Kothary SP, Bedoya MA. Normal Skeletal Maturation and Imaging Pitfalls in the Pediatric Shoulder. *Radiographics.* 2015 Jul-Aug;35(4):1108-22.

14. Jaimes C, Jimenez M, Marin D, Ho-Fung V, Jaramillo D. The trochlear pre-ossification center: a normal developmental stage and potential pitfall on MR images. *Pediatr Radiol*. 2012 Nov;42(11):1364-71.
15. Menck J, Döbler A, Döhler JR. [Vascularization of the humerus]. *Langenbecks Arch Chir*. 1997;382(3):123-7.
16. Hettrich CM, Boraiah S, Dyke JP, Neviasser A, Helfet DL, Lorich DG. Quantitative assessment of the vascularity of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. 2010 Apr;92(4):943-8.
17. Attum B, Thompson JH. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Jul 4, 2023. Humerus Fractures Overview.
18. Ichimura K, Kinose S, Kawasaki Y, Okamura T, Kato K, Sakai T. Anatomic characterization of the humeral nutrient artery: Application to fracture and surgery of the humerus. *Clin Anat*. 2017 Oct;30(7):978-987.
19. Marion B, Leclère FM, Casoli V, Paganini F, Unglaub F, Spies C, Valenti P. Potential axillary nerve stretching during RSA implantation: an anatomical study. *Anat Sci Int*. 2014 Sep;89(4):232-7.
20. Ozer H, Açar HI, Cömert A, Tekdemir I, Elhan A, Turanlı S. Course of the innervation supply of medial head of triceps muscle and anconeus muscle at the posterior aspect of humerus (anatomical study). *Arch Orthop Trauma Surg*. 2006 Oct;126(8):549-53.
21. Dellon AL, Ducic I, Dejesus RA. The innervation of the medial humeral epicondyle: implications for medial epicondylar pain. *J Hand Surg Br*. 2006 Jun;31(3):331-3.
22. Sakoma Y, Sano H, Shinozaki N, Itoigawa Y, Yamamoto N, Ozaki T, Itoi E. Anatomical and functional segments of the deltoid muscle. *J Anat*. 2011 Feb;218(2):185-90.
23. Sanchez ER, Howland N, Kaltwasser K, Moliver CL. Anatomy of the sternal origin of the pectoralis major: implications for subpectoral augmentation. *Aesthet Surg J*. 2014 Nov;34(8):1179-84.
24. Curtis AS, Burbank KM, Tierney JJ, Scheller AD, Curran AR. The insertional footprint of the rotator cuff: an anatomic study. *Arthroscopy*. 2006 Jun;22(6):609.e1.

25. Salhi A, Burdin V, Mutsvangwa T, Sivarasu S, Brochard S, Borotikar B. Subject-specific shoulder muscle attachment region prediction using statistical shape models: A validity study. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2017 Jul;2017:1640-1643.
26. Vosloo M, Keough N, De Beer MA. The clinical anatomy of the insertion of the rotator cuff tendons. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2017 Apr;27(3):359-366.
27. Dancker M, Lambert S, Brenner E. Teres major muscle - insertion footprint. *J Anat.* 2017 May;230(5):631-638.
28. Quach T, Jazayeri R, Sherman OH, Rosen JE. Distal biceps tendon injuries--current treatment options. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2010;68(2):103-11.
29. Ilayperuma I, Nanayakkara BG, Hasan R, Uluwitiya SM, Palahepitiya KN. Coracobrachialis muscle: morphology, morphometry and gender differences. *Surg Radiol Anat.* 2016 Apr;38(3):335-40.
30. Thorek P: *Anatomy in surgery 2nd edition pp 756-786 Lippincott company philadelphia Toronto 1962.*
31. Henry Gray FRS: *Anatomy .Descriptive and surgical. 15th edition chancellor press publishers 1994.*
32. Hedlund R. Lindgren u: *Epidemiology of diaphyseal femoral fracture. Acta orthop. Scand. 57: 423-427, 1986.*
33. Dencker HM: *Fractures of the shaft of the femur. A clinical study based on 10003 fractures treated in Swedish hospitals during a 3 year period 1952-1954. Thesis ppl-135. University of Gothenbary. Gothenbury 1963.*
34. Kootstra G. *Femoral shaft fractures in adults. A study of 329 consecutive cases with a statistical analysis of different methods of treatment. Thesis. University Groningen, Van Gorcurn & Comp B.V. Assen 1973.*
35. Bucholz R, Urumbach R. *Fractures of the shaft of the femur in: Rouckwood .and Green D, Bucholz. R et al (eds) Rockwood and Green's fractures in adults. 4th edition pp 1827 - 1918, Lippicott Raven Philadephia 1996.*
36. Moore KL: *Clinically oriented anatomy 3rd edition Williams and wilkins Baltimore 1992.*

37. RJ Last. *Anatomy Regional and applied*. 7th edition Longman publishers Pg. 138-139.
38. . Bart Eastwood Doh, kurtis et al. Diaphyseal Femur fractures. e-medicine <http://e.medicine.com>. Nov 2005
39. Laing P: The Blood supply of the femoral shaft. An anatomical study. *J bone joint surgery Br*. 35: 462 - 466, 1953.
40. Brookes M. *The blood supply of bone: An approach to bone biology: Butherwaths*. lenden 1971.
41. Rozbruch, Roberts, MD, Muller et al. The evolution of femoral shaft plating technique. *Clinical Orthopaedics*, vol 354(1) September 1998 195-208.
42. Trueth J. Cavadias AX: Vascular changes caused by the Kuntscher type of nailing: an experimental study in the rabbit. *J of bone and joint surgery Br*. 37: 492-505 1955.
43. Ambrose A et al (2015) Falls and fractures: a systematic approach to screening and prevention. *Maturitas* 82:85–93.
44. Curtis EM et al (2017) The impact of fragility fracture and approaches to osteoporosis risk assessment worldwide. *Bone* 104:29–38.
45. Lippuner K et al (2008) Remaining lifetime and absolute probabilities of osteoporotic fracture in Swiss men and women. *Osteoporos Int* 20(7):1131–1140.
46. Chipchase LS et al (2000) Hip fractures in South Australia; into the next century. *ANZ J Surg* 70:117–119.
47. Eisman JA et al (2012) Making the first fracture the last fracture: ASBMR Task Force on Secondary Fracture Prevention. *J Bone Miner Res* 27(10):2039–2046.
48. Bain H et al (2016) A comprehensive fracture prevention strategy in older adults: The European Union Geriatric Medicine Society (EUGMS) statement. *Aging Clin Exp Res* 28(4):797–803.
49. Bliuc D et al (2015) Risk of subsequent fractures and mortality in elderly women and men with fragility fractures with and without osteoporotic bone density: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Miner Res* 30(4):637–646.

50. Svedborn A et al (2014) Epidemiology and economic burden of osteoporosis in Switzerland. *Arch Osteoporosis*. 9: 187. *Osteoporos Int* 22(7):2051–2065.
51. Ganda K et al (2013) Models of care for the secondary prevention of osteoporotic fractures: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int* 24(2):393–406.
52. Lord SR et al (2007) Falls in older people: risk factors and strategies for prevention. Cambridge University Press, Cambridge.
53. Ambrose AF et al (2013) Risk factors for fall among older adults: a review of the literature. *Maturitas* 75:51061.
54. NICE (2013) Falls in older people: assessing risk and prevention. CG161. National Institute for Health and Care Excellence.
55. Edwards N Lockett D (2008) Development and validation of a modified falls-efficacy scale. *Disabil Rehabil Assist Technol* 3(4):193–200.
56. Podsiadlo D, Richardson S (1991) The timed “Up and Go” Test a Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc* 39:142–148.
- Cavedias AX, Trueta J. An experimental study of the vascular contribution to the callus of the fracture. *Surg Gynecol Obstetric* 120: 731 - 747 1965
57. Chapman MW: The effect of reamed and non reamed intramedullary nailing on fracture healing. *Clin Orthop related research* 355: 5230 - 5238 1998.
58. Healey Jr. JE, Seybold WD, A synopsis of clinical anatomy pp 262-275. W.B. Saunders company philadelphia London Toronto 1969.
59. Gail K. Smith: Biomechanics pertinent to fracture etiology , reduction and fixation. Chapter 12.
60. Abdel-AA, Ahmed M MD, Farouk et al The use of the locked plate in the treatment of femoral shaft fractures. *Trauma* vol 57(4) Oct 2004, 382-836.
61. Rosson J. Egan J. Shearer J. Monro: Bone weakness after removal of plates and screws. Cortical a trophy or screw holes? *J. Bone joint surgery Br.* 73: 283 - 286, 1991.
62. Alms: Fracture Mechanics . *Bone joint surg Br.* 43: 162 - 166, 1961.
63. Burstein AH, Reilly DT, Martens M. Aging of bone tissue: mechanical properties. *J Bone joint surgery AM* 58: 82-86 1976.

64. Gustillo RB, Mendoza Rm, Williams DN: Problems in the management of Type III (Severe) open fractures J. Trauma 24: 742-746, 1984.
65. Demetriades D, Murray J, Brown C, et al High level falls: type and severity of injuries and survival outcome according to age. Trauma 58: 342-345, 2005
66. Matheson GO, Clement DB, Me Kenzie et al. Stress fracture in athletes. A study of 320 cases. Am J. Sports Medicine 15: 46-58 , 1987.
67. Wagner DO, Aspenberg P. 2011. Where did bone come from? Acta Orthop 82: 393–398
68. Knoll AH. 2003. Biomineralization and evolutionary history. Rev Mineral Geochem 54: 329–356.
69. Scheele CW. 1931. The collected papers of Carl Wilhelm Scheele (translated by Leonard Dobbin). G. Bell & Sons, London
70. Eliaz N, Metoki N. 2017. Calcium phosphate bioceramics: A review of their history, structure, properties, coating technologies and biomedical applications. Materials (Basel) 10: E334.
71. Rey C, Combes C, Drouet C, Glimcher MJ. 2009. Bone mineral: Update on chemical composition and structure. Osteoporos Int 20: 1013–1021.
72. Pasteris JD, Wopenka B, Freeman JJ, Rogers K, ValsamiJones E, van der Houwen JA, Silva MJ. 2004. Lack of OH in nanocrystalline apatite as a function of degree of atomic order: Implications for bone and biomaterials. Biomaterials 25: 229–238.
73. Mahamid J, Sharir A, Addadi L, Weiner S. 2008. Amorphous calcium phosphate is a major component of the forming fin bones of zebrafish: Indications for an amorphous precursor phase. Proc Natl Acad Sci 105: 12748–12753
74. Boskey AL. 1997. Amorphous calcium phosphate: The contention of bone. J Dent Res 76: 1433–1436.
75. Eanes ED, Gillessen IH, Posner AS. 1965. Intermediate states in the precipitation of hydroxyapatite. Nature 208: 365–367.
76. Grynblas MD, Bonar LC, Glimcher MJ. 1984. Failure to detect an amorphous calcium-phosphate solid phase in bone mineral: A radial distribution function study. Calcif Tissue Int 36: 291–301.

77. Boivin GY, Chavassieux PM, Santora AC, Yates J, Meunier PJ (2000) Alendronate increases bone strength by increasing the mean degree of mineralization of bone tissue in osteoporotic women. *Bone* 27:687–694
78. Arnold JS, Bartley MH, Tont SA, Jenkins DP (1966) Skeletal changes in aging and disease. *Clin Orthop* 49:17–38
79. Boivin G, Baud C (1984) Microradiographic methods for calcified tissues. In: Dickson G (ed) *Methods of calcified tissue preparation*. Elsevier, Amsterdam, pp 391–411
80. Meunier PJ, Boivin G (1997) Bone mineral density reflects bone mass but also the degree of mineralization of bone: therapeutic implications. *Bone* 21:373–377
81. Boivin G, Meunier P (2002) The degree of mineralization of bone tissue measured by computerized quantitative contact microradiography. *Calcif Tissue Int* 70:503–511
82. Reid SA, Boyde A (1987) Changes in the mineral density distribution in human bone with age: image analysis using backscattered electrons in the SEM. *J Bone Miner Res* 2:13–22
83. Skedros JG, Bloebaum RD, Bachus KN, Boyce TM (1993) The meaning of gray levels in backscattered electron images of bone. *J Biomed Mater Res* 27:47–56
84. Skedros JG, Bloebaum RD, Bachus KN, Boyce TM, Constantz B (1993) Influence of mineral content and composition on gray levels in backscattered electron images of bone. *J Biomed Mater Res* 27:57–64
85. Boyde A, Jones S, Aerssens J, Dequeker J (1995) Mineral density quantitation of the human cortical iliac crest by backscattered electron image analysis: variations with age, sex and degree of osteoarthritis. *Bone* 16:619–627
86. Roschger P, Plenk H, Klaushofer K, Eschberger J (1995) A new scanning electron microscopy approach to the quantification of bone mineral distribution: backscattered electron image greylevels correlated to calcium K-alpha-line intensities. *Scanning Microsc* 9:75–88

87. Roschger P, Fratzl P, Eschberger J, Klaushofer K (1998) Validation of quantitative backscattered electron imaging for the measurement of mineral density distribution in human bone biopsies. *Bone* 23:319–326
88. Bloebaum R, Skedros J, Vajda E, Bachus K, Constantz B (1997) Determining mineral content variations in bone using backscattered electron imaging. *Bone* 20:485–490
89. Nuzzo S, Peyrin F, Cloetens P, Bachurel J, Boivin G (2002) Quantification of the degree of mineralization of bone in three dimension using synchrotron radiation microtomography. *Med Phys* 29:2672–2681
90. Fratzl P, Groschner M, Vogl G, et al (1992) Mineral crystals in calcified tissues: a comparative study by SAXS. *J Bone Miner Res* 7:329–334
91. Raju TN. The Nobel chronicles. 1979: Allan MacLeod Cormack (b 1924); and Sir Godfrey Newbold Hounsfield (b 1919). *Lancet*. 1999 Nov 06;354(9190):1653.
92. Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *Radiographics*. 2002 Jul-Aug;22(4):949-62.
93. Hounsfield GN. Computed medical imaging. Nobel lecture, Decemberr 8, 1979. *J Comput Assist Tomogr*. 1980 Oct;4(5):665-74.
94. Levi C, Gray JE, McCullough EC, Hattery RR. The unreliability of CT numbers as absolute values. *AJR Am J Roentgenol*. 1982 Sep;139(3):443-7.
95. Zerhouni EA, Spivey JF, Morgan RH, Leo FP, Stitik FP, Siegelman SS. Factors influencing quantitative CT measurements of solitary pulmonary nodules. *J Comput Assist Tomogr*. 1982 Dec;6(6):1075-87.
96. Razi T, Niknami M, Alavi Ghazani F. Relationship between Hounsfield Unit in CT Scan and Gray Scale in CBCT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014 Spring;8(2):107-10.
97. Aran S, Daftari Besheli L, Karcaaltincaba M, Gupta R, Flores EJ, Abujudeh HH. Applications of dual-energy CT in emergency radiology. *AJR Am J Roentgenol*. 2014 Apr;202(4):W314-24.
98. Bolus D, Morgan D, Berland L. Effective use of the Hounsfield unit in the age of variable energy CT. *Abdom Radiol (NY)*. 2017 Mar;42(3):766-771.

99. Natung T, Shullai W, Lynser D, Tripathy T. A challenging case of a large intraorbital foreign body perforating the nasal septum in a child. *Indian J Ophthalmol.* 2018 Oct;66(10):1511-1513.
100. Zeb I, Li D, Nasir K, Katz R, Larijani VN, Budoff MJ. Computed tomography scans in the evaluation of fatty liver disease in a population based study: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Acad Radiol.* 2012 Jul;19(7):811-8.
101. Wei PY, Jiang ND, Xiang JJ, Xu CK, Ding JW, Wang HB, Luo DC, Han ZJ. Hounsfield Unit Values in ACR TI-RADS 4-5 Thyroid Nodules with Coarse Calcifications: An Important Imaging Feature Helpful for Diagnosis. *Cancer Manag Res.* 2020;12:2711-2717.
102. Scheyerer MJ, Ullrich B, Osterhoff G, Spiegl UA, Schnake KJ., Arbeitsgruppe Osteoporotische Frakturen der Sektion Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie. [Hounsfield units as a measure of bone density-applications in spine surgery]. *Unfallchirurg.* 2019 Aug;122(8):654-661.
103. Narayanan A, Cai A, Xi Y, Maalouf NM, Rubin C, Chhabra A. CT bone density analysis of low-impact proximal femur fractures using Hounsfield units. *Clin Imaging.* 2019 Sep-Oct;57:15-20.
104. Zaidi Q, Danisa OA, Cheng W. Measurement Techniques and Utility of Hounsfield Unit Values for Assessment of Bone Quality Prior to Spinal Instrumentation: A Review of Current Literature. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019 Feb 15;44(4):E239-E244.
105. Zou D, Muheremu A, Sun Z, Zhong W, Jiang S, Li W. Computed tomography Hounsfield unit-based prediction of pedicle screw loosening after surgery for degenerative lumbar spine disease. *J Neurosurg Spine.* 2020;3;1-6.
106. Zhao C, Li X, Liu P, Chen Z, Sun G, Dai J, Wang X. Predicting fracture classification and prognosis with hounsfield units and femoral cortical index: A simple and cost-effective approach. *J Orthop Sci.* 2023 Oct 13:S0949-2658(23)00259-2.
107. Cha Y, Chung JY, Jung CH, Kim JW, Lee J, Yoo JI, Kim JT, Jeon Y. Pre-sliding of femoral neck system improves fixation stability in pauwels type III femoral

- neck fracture: a finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023 Jun 21;24(1):506.
108. Xu G, Wang D, Zhang H, Xu C, Li H, Zhang W, Li J, Zhang L, Tang P. Prediction of osteoporosis from proximal femoral cortical bone thickness and Hounsfield unit value with clinical significance. *Front Surg.* 2023 Jan 6;9:1047603.
109. Lee HJ, Hwang JY. Multidetector Computed Tomography in Patients with Femoral Neck Fracture for Assessing Osteoporosis: Comparison with Dual Energy X-Ray Absorptiometry. *Taehan Yongsang Uihakhoe Chi.* 2021 Jan;82(1):173-181.
110. Kılınc RM, Açıan AE, Türk G, Kılınc CY, Yeniçeri İÖ. Evaluation of femoral head bone quality by Hounsfield units: a comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *Acta Radiol.* 2022 Jul;63(7):933-941.
111. Dworak TC, Wagner SC, Nappo KE, Balazs GC, Grimm PD, Colantonio DF, Tintle SM. The Use of Distal Ulnar Hounsfield Units to Predict Future Fragility Fracture Risk. *J Hand Surg Am.* 2018 Nov;43(11):1010-1015.
112. Christensen DL, Nappo KE, Wolfe JA, Tropf JG, Berge MJ, Wheatley BM, Saxena S, Yow BG, Tintle SM. Ten-year fracture risk predicted by proximal femur Hounsfield units. *Osteoporos Int.* 2020 Nov;31(11):2123-2130.
113. Wagner SC, Dworak TC, Grimm PD, Balazs GC, Tintle SM. Measurement of Distal Ulnar Hounsfield Units Accurately Predicts Bone Mineral Density of the Forearm. *J Bone Joint Surg Am.* 2017 Apr 19;99(8):e38.
114. Nappo KE, Christensen DL, Wolfe JA, Tintle SM. Glenoid neck Hounsfield units on computed tomography can accurately identify patients with low bone mineral density. *J Shoulder Elbow Surg.* 2018 Jul;27(7):1268-1274.
115. Johnson CC, Gausden EB, Weiland AJ, Lane JM, Schreiber JJ. Using Hounsfield Units to Assess Osteoporotic Status on Wrist Computed Tomography Scans: Comparison With Dual Energy X-Ray Absorptiometry. *J Hand Surg Am.* 2016 Jul;41(7):767-74.
116. Rambe TPRR, Rahardjo P, Setiawati R. Correlation of proximal femur and lumbar spine hounsfield unit with risk of osteoporotic fracture. *Int J Health Sci.* 2022;6(8):1594–1602.

117. Fan J, Lv Y, Xu X, Zhou F, Zhang Z, Tian Y, Ji H, Guo Y, Yang Z, Hou G. Evaluation of femoral head bone quality by Hounsfield units: A predictor of implant failure for intertrochanteric fractures after intramedullary nail fixation. *Front Surg.* 2023 Jan 6;9:816742.
118. Kim SJ, Park HS, Lee DW, Kim JH. Lower preoperative Hounsfield unit values are associated with intra-operative fractures in cementless bipolar hemiarthroplasty. *Arch Osteoporos.* 2017 Dec 7;12(1):110.
119. Narayanan A, Cai A, Xi Y, Maalouf NM, Rubin C, Chhabra A. CT bone density analysis of low-impact proximal femur fractures using Hounsfield units. *Clin Imaging.* 2019 Sep-Oct;57:15-20.

9. ETİK KURUL ONAY SAYFASI

13.10.2023 tarih ve 563 sayılı etik kurul onayı alınmıştır.

