



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**

**TIP FAKÜLTESİ**

**Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı**

**ASETABULUMUN ANTERİOR KOLON POSTERİOR  
HEMİTRANSVERS KIRIKLARINDA FARKLI TESPİT  
YÖNTEMLERİNİN BİYOMEKANİK OLARAK  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Ekin Kaya ŞİMŞEK**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin DEMİRÖRS**

**Ankara, 2019**

**DA18/24**

## TEŞEKKÜRLER

Başkent Üniversitesi Kurucu Rektörü Sayın Prof. Dr. Mehmet Haberal ve Başkent Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Ali Haberal'a

Ortopedi ve Travmatoloji eğitimimi en iyi ve en donanımlı şekilde tamamlamamı sağlayan, her biri benim için ayrı bir rol model olan ve cerrahi disiplin içinde bir aile olmayı öğreten başta Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. İsmail Cengiz Tuncay olmak üzere; Sayın Prof. Dr. İlhami Kuru'ya, Sayın Prof. Dr. Rahmi Can Akgün'e

Uzmanlık eğitimim süresince bana akademisyenliği sevdiren, akademik çalışmalar ve cerrahi eğitimim açısından desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, hem hocam hem de abim olan Sayın Doç. Dr. Orçun Şahin'e

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nın kapısından asistan olarak girdiğim ilk andan itibaren iş disiplini, hasta takibinin ciddiyetini ve sorumluluğunu, ekip ruhunu ve daha sayamayacağım birçok şeyi öğreten, bana asistanlık hayatımın her aşamasında destek olan her şeyden önce dostum, sonra kıdemlim, abim, hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Dr. Bahtiyar Haberal'a

Tezimin her aşamasında emeği geçen, Ortopedi ve Travmatoloji uzmanlığının inceliklerini öğrendiğim; mesleğine bakış açısı, cerrahi disipliniyle bana örnek olan, uzmanlık eğitimimin her aşamasında çok değerli katkıları olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüseyin Demirörs'e

Tezimin gerçekleştirilmesinde ve değerlendirilmesindeki değerli katkı ve desteklerinden dolayı Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Anabilim Dalından Sayın Dr. Öğr. Üyesi. Dr. Cenk Bedi Balçık'a ve makine teknisyeni Sayın İsmail Karabacak'a

Asistanlık sürecimin en büyük şansı, asistanlığın ne demek olduğunu birlikte öğrendiğimiz, gerek çalışma hayatında gerek de sosyal hayatta zorlukları birlikte aştığımız, her şeyden öte benim için adeta bir kardeş olan Sayın Dr. Ateş Mahmuti'ye

Zorlu asistanlık sürecinde beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum ve bana mesleki ve sosyal anlamda büyük katkıları ve yardımları olan Sayın Dr. Engin Baylar, Sayın Dr. Javid Mohammedzadeh Azarabadi'ye

Tıp Fakültesi Eğitimim ve asistanlığım boyunca desteklerini esirgemeyen, her şeyimi borçlu olduğum canım aileme,

Tıp Fakültesinin ilk yılından bu yana her zaman yanımda olan sevgili eşim Dr. Duygu Türkbey'e ve aramıza yeni katılan biricik kızım Duru Şimşek'e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı; asetabulumda anterior kolon posterior hemitransvers (AKPHT) kırık oluşturulmuş hemipelvis modelinde; arka ve ön kolon vidaları ile desteklenmiş infrapektineal (İP) tespit yöntemi, suprapektineal (SP) tespit yöntemi ve SP ile birlikte İP tespit yönteminin biyomekanik olarak karşılaştırılmasıdır.

Çalışmada 21 adet, poliüretan köpükten özel olarak üretilmiş, sol hemipelvis modelleri kullanıldı. Üç ayrı grup oluşturulduktan sonra Letournel Sınıflandırmasında belirtildiği şekilde AKPHT asetabulum kırığı oluşturuldu. Her grupta yedi adet hemipelvis modeli kullanıldı: Grup 1: suprapektineal yerleşimli 3,5 mm rekonstrüksiyon plağı ve kortikal vida uygulaması, Grup 2: infrapektineal yerleşimli 3,5 mm rekonstrüksiyon plağı ve kortikal vida uygulaması ile birlikte iki arka kolon ve bir ön kolon vidası uygulaması, Grup 3: suprapektineal ve infrapektineal yerleşimli 3,5 mm rekonstrüksiyon plağı ve kortikal vida uygulaması. Çalışma gruplarında uygulanan farklı tespit yöntemleri, biyomekanik olarak otomatik materyal test makinesi kullanılarak vertikal yüklenme altında dayanıklılık bakımından test edildi ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Tüm gruplarda, sırası ile implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı 2921 N, 2018 N ve 3658 N olarak belirlendi. İmplant yetmezliğine neden olan kuvvet göz önünde bulundurularak dayanıklılık karşılaştırıldığında, en dayanıklı tespitin SP ve IP tespit yönteminin birlikte uygulandığında sağlandığı, bunu sırasıyla SP tespit ve ön ve arka kolon vidaları ile desteklenmiş IP tespit takip ettiği belirlendi.

Bu çalışmada asetabulumun AKPHT kırıklarında, SP ve IP tespit yönteminin birlikte uygulanmasının en stabil tespiti sağladığını, dayanıklılık açısından bunu SP tespitinin takip ettiğini ve arka ve ön kolon vida uygulaması ile desteklenmiş IP tespit'in tek başına yetersiz olduğunu tespit ettik. Asetabulumun AKPHT kırıklarında limitli kombine yaklaşım ile uygulanan anterior ve posterior kolon vidaları ile desteklenmiş İP tespit daha az invaziv olsa da yeterli stabiliteyi sağlamak için SP tespit, mutlaka cerrahi tedavi yöntemine dahil edilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Asetabulum, Anterior Kolon Posterior Hemitransvers, Biyomekanik

## **ABSTRACT**

### **Biomechanical comparison of different fixation in Anterior Column Posterior Hemitransverse Fractures of the Acetabulum**

The purpose of this study is to compare biomechanical properties of suprapectineal (SP) reconstruction plate osteosynthesis, infrapectineal (IP) plate fixation combined with posterior and anterior column screws and both suprapectineal and infrapectineal plate fixation.

In 21 hard plastic left hemipelvis models, anterior column posterior hemitransverse (ACPHT) fractures of the acetabulum were created, and in three different fixation groups, the methods were compared. Group 1: SP plating by using a 3,5 mm reconstruction plate and cortical screw fixation. Group 2: IP plating by using 3,5 mm reconstruction plate and cortical screws combined with posterior and anterior column screws. Group 3: Combined fixation with SP and IP plating by using 3,5 mm reconstruction plates and cortical screws. The strength of these three groups was evaluated with biomechanical analysis, and the results were statistically compared.

The average load of failure for three groups were 2921 N, 2018 N and 3658 N, respectively. When strength was compared considering the force that causing implant failure, it was determined that the strongest fixation was achieved when SP and IP fixation method were applied together, followed by SP only fixation and IP fixation supported by anterior and posterior column screws respectively.

In conclusion, we found that the combined application of SP and IP fixation provides the most stable fixation of the ACPHT acetabular fractures, followed by SP only fixation and that IP fixation supported by posterior and anterior column screw application alone is insufficient. Although IP fixation supported by anterior and posterior column screws with the limited combined approach is less invasive, SP fixation should be included in the surgical treatment method to ensure adequate stability.

**Keywords:** Acetabulum, Anterior Column Posterior Hemi Transverse, Biomechanics

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Teşekkürler	ii
Özet	iv
İngilizce Özet	v
İçindekiler Dizini	vi
Kısaltmalar ve Simgeler Dizini	ix
Şekiller Dizini	x
Tablolar Dizini	xii
1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler	3
2.1 Tarihçe	7
2.2 Asetabulumun Anatomisi	7
2.2.1 Kalça Gelişimi	8
2.2.2 Asetabular İşaretler	9
2.2.3 Asetabulumun Yapısı	11
2.2.4 Asetabulumun Radyografik Anatomisi	14
2.2.5 Kalça Stabilitesi	14
2.2.6 Asetabular Yerleşim	14
2.2.7 Asetabular Kıkırdak	14
2.2.8 Asetabular Biyomekanik	14
2.2.9 Asetabular Dolaşım	15
2.3 Asetabular Kırıkların Biyomekaniği	16
2.3.1 Normal Kalça Mekanığı	16

2.3.2 Asetabulum Kırıklarının Biyomekaniği	17
2.4 Asetabulum Kırıklarının Patoanatomisi ve Sınıflandırılması	18
2.4.1 Yaralanma Mekanizması	18
2.4.2 Tanı	19
2.4.3 Asetabulum Kırıklarının Sınıflandırılması	20
2.4.3.1 Letournel-Judet Sınıflandırması	20
2.4.3.2 AO/OTA Pelvik ve Asetabular Kırık Sınıflandırması	21
2.5 Asetabulum Kırıklarının Tedavi Yöntemleri	22
2.5.1 Asetabulum kırıklarının cerrahi olmayan tedavisi	22
2.5.2 Asetabulum Kırıklarının Cerrahi Tedavisi	23
2.5.2.1 Cerrahi Yaklaşımlar	24
2.5.2.1.1 Kocher-Langenbeck Yaklaşımı ( $\pm$ trokanterik osteotomi)	24
2.5.2.1.2 İlioinguinal Yaklaşım	24
2.5.2.1.3 Modifiye Stoppa Yaklaşımı	25
2.5.2.1.4 Genişletilmiş İliofemoral Yaklaşım	26
2.5.2.1.5 Aşamalı çift yaklaşımlar	26
2.5.2.1.6 Perkütan Tespit	27
2.6 Geriatrik Asetabulum Kırıkları	27
3. Gereç ve Yöntem	31
3.1 Model Hazırlığı	31
3.2 Çalışma Grupları	33
3.3 Biyomekanik Test Konfigürasyonu	35
3.4 Mekanik Ölçümler	35

3.5 İstatistiksel Analiz	36
4. Bulgular	37
4.1 Grup Ortalamaları	38
4.1.1 Grup 1	37
4.1.2 Grup 2	37
4.1.3 Grup 3	38
4.2 Mekanik Sonuçlar	39
4.3 İstatistiksel Sonuçlar	41
5. Tartışma	42
5.1 60 Yaş Üstü Hastalarda Görülen Asetabulum Kırıkları	44
5.2 Asetabulumun Kuadrilateral Yüzeyi İçeren AKPHT Kırıklarında Cerrahi Tedavi Seçenekleri	44
5.3 Cerrahi Tedavide Kullanılan Yaklaşımlar ve Tespit Yöntemlerinin Biyomekanik Karşılaştırılması	45
5.4 Çalışma Dizaynı ve Biyomekanik Ölçümler	47
5.5 Biyomekanik Deneylerde Kullanılan Kemik Tipler	49
5.6 Karşılaştırmalı Çalışmalar	50
6. Sonuç ve Öneriler	53
7. Kaynaklar	55



## KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

**AKPHT:** Anterior kolon posterior hemitransvers

**KY:** Kuadrilateral yüzey

**BT:** Bilgisayarlı tomografi

**MR:** Manyetik Rezonans

**SİAS:** Spina iliaka anterior süperior

**VA:** Vücut ağırlığı

**AK:** Abduktor kol

**ERK:** Eklem reaksiyon kuvveti

**AO/OTA:** Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Orthopedic Trauma Association

**DVT:** Derin ven trombozu

**TKA:** Total kalça artroplastisi

**IP:** İnfrapektineal

**ISP:** İnfra-supra pektineal

**SP:** Suprapektineal:

**ANOVA:** Varyans Analizi

**SPSS:** Statistical Package for the Social Sciences

## ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1: Dr. Robert Judet ve Dr. Emile Letournel	4
Şekil 2.2: Pelvisin obtratar oblik (A) ve iliak oblik (B) direk grafilerinin (Judet grafileri) şematik çizimi	4
Şekil 2.3: Asetabulum kırıklarının Letournel Sınıflandırması	5
Şekil 2.4: Dr. Joel Matta (A) ve Anterior, medial ve posterior çatı ark konseptinin şematik görünümü (B)	6
Şekil 2.5: Çatı ark konseptinin bilgisayarlı tomografideki subkondral ark ile ilişkisi	7
Şekil 2.6: Pelvisin primer ossifikasyon merkezleri: iskiüm, pubis, ilium	8
Şekil 2.7: Asetabular İşaretler	9
Şekil 2.8: Asetabulumu oluşturan bileşenler: medial ve lateralden görünüm	10
Şekil 2.9: Asetabulumun anterior ve posterior kolon ile ilişkisi: medial ve lateralden görünüm	10
Şekil 2.10: Anterior-Posterior direk grafide radyolojik belirteçler	12
Şekil 2.11: Obtratar ve iliak oblik grafiler ve radyolojik belirteçler	12
Şekil 2.12: Asetabulum kırıklarında, kırık hatlarının bilgisayarlı tomografi kesitinde yönelimi	13
Şekil 2.13: Asetabular Dolaşım	16
Şekil 2.14: Kalça ekleminde geçen kuvvetler ve net bileşke kuvvet	17
Şekil 2.15: Kırık oluşumu sırasında femurun pozisyonu ve asetabular kırık tipi	18
Şekil 2.16: Kocher-Langenbeck Yaklaşımı	24
Şekil 2.17: İlioinguinal Yaklaşım	25

Şekil 2.18: Modifiye Stoppa Yaklaşımı	26
Şekil 2.19: Kuadrilateral yüzeyin radyolojik belirteçleri	29
Şekil 3.1: Sol Hemipelvis Modelinde Oluşturulan Kırık Modeli	31
Şekil 3.2: Deney Düzenegi	32
Şekil 3.3: Asetabulumu Yük İletimini Sağlayan Femoral Stem ve Baş	32
Şekil 3.4:Çalışma Gruplarının Tespit Sonrası Görünümü	33
Şekil 3.5: Çalışma Gruplarının Direk Radyografik Görüntüsü	34
Şekil 4.1: Birinci grupta implant yetmezlikleri	37
Şekil 4.2: İkinci grupta implant yetmezlikleri	38
Şekil 4.3: Üçüncü grupta implant yetmezlikleri	38
Şekil 4.4: Gruplar arasında implant yetmezliğine neden olan ortalama kuvvet miktarları ve standart sapmaları	39
Şekil 4.5 Her grup içerisinde implant yetmezliğine sebep olan kuvvet aralıkları ile frekans eğrisi	39
Şekil 4.6 Her grup için kuvvet-deformasyon grafikleri	40

## TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1: Asetabulum Kırıklarının Radyolojik Belirtileri	13
Tablo 2.2: Letournel-Judet Sınıflandırması	21
Tablo 2.3: AO/OTA Sınıflaması	22
Tablo 4.1: Her grup için kuvvet-deformasyon grafikleri	41
Tablo 4.2: Grupların kendi aralarında dayanıklılık yönünden karşılaştırılmaları	41

# 1.GİRİŞ

Asetabulum kırıkları; asetabulumu oluşturduğu varsayılan kolonların bir veya daha çoğunun etkilendiği, eklem yüzünü ilgilendiren, nadir görülen fakat ciddi sonuçları olan kırıklardır. Bu kırıklar gençlerde genellikle motorlu taşıt kazası gibi yüksek enerjili yaralanmalar ile birlikte görülürken, günümüzde ortalama yaşam ve sağlık beklentisinin artması sonucunda yaşlı osteoporotik bireylerde sıklıkla kalça üzerine yan düşme gibi düşük enerjili impaksiyon yaralanmaları olarak karşımıza çıkmaktadır (1).

65 yaş üzerindeki hastalarda en sık asetabulumun anterior kolon kırıklarının özel tipi olan anterior kolon posterior hemitransvers (AKPHT) kırıkları görülür ve bu kırık tipinde femur başının pelvis içine doğru uyguladığı kuvvet, asetabulumun medial duvarı olan “Kuadrilateral Yüzey’i” (KY) ilgilendiren kırıkların oluşmasına sebep olur. KY’in kemik stokunun az olması, pelvis içi derin yerleşimi, osteoporoz varlığında çok parçalı kırıkların oluşması ve femur başının santrale çıkması nedeniyle osteoporotik hastalarda asetabulumun AKPHT kırıklarının cerrahi anatomik tespiti zordur ve sonuçları kötüdür (2).

1960’lı yıllara kadar asetabulum kırıklarının çoğu cerrahi dışı yöntemlerle tedavi edilirken günümüzde kullanılan ortopedik implantların gelişmesi ile birlikte cerrahi tedavi standart yaklaşım haline gelmiştir. Modern ortopedik implantların kullanılmasına rağmen yaşlılarda asetabulum kırıklarının cerrahi tedavisinin mortalite ve morbiditesi yüksektir ve %41 oranında komplikasyon görülür. Asetabulum kırıklarının cerrahi tedavisinin amaçları; ağrıyı azaltmak, hastanın erken hareket etmesini sağlamak, kalça eklemine anatomik yapısı ile fonksiyonunu geri kazandırmak ve böylelikle travma sonrası artrit riskini en aza indirmektir. Cerrahi tedavide; vidalar, plak-vidalar, kablolar ve kalça eklem protezleri kullanılır (3).

Yer değiştirmiş asetabulum kırıklarının cerrahi tedavisinde yerleştirme ve tespitler arkadan (Kocher-Langenbeck, Gibson ) veya önden (ilioinguinal, Modifiye Stoppa) yaklaşımlarla yapılabilir. Anterior kolonu ilgilendiren kırıklarda kullanılan altın standart yaklaşım ilioinguinal yaklaşımdır. İlioinguinal yaklaşım önemli, hayati anatomik yapıların arasında oluşturulan pencerelerin kullanıldığı, geniş diseksiyon gerektiren bir yaklaşımdır ve asetabulumun yalnızca tek bir kolonu görülebilir. İmplantlar ise pelvisin girişini oluşturan pektineal hattın üzerine yani suprapektineal alana yerleştirilir. Daha az invaziv olan Modifiye Stoppa yaklaşımında ise infrapektineal alana anteriordan intrapelvik fakat

ekstraperitoneal ulaşılır ve hem anterior kolon hem de posterior kolonun medial duvarına erişilebilir (4).

Literatürde yapılan klinik ve biyomekanik çalışmalar, asetabulumun AKPHT kırıklarının görüldüğü yaşlı hastalarda standart tedavi yönteminin cerrahi olması gerektiğini göstermektedir. Yaşlı hastaların sahip oldukları ek hastalıklar ve cerrahi girişimin yüksek riskli olması, hastaya en az zarar veren, en az riski içeren ve en kısa sürede uygulanabilen cerrahi yaklaşımın seçilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Günümüzde KY'i ilgilendiren AKPHT asetabulum kırıklarında ideal yöntem ilioinguinal yaklaşım kullanılarak tespitin suprapektineal alandan yapıldığı ve gerekli görüldüğü takdirde intrapelvik ekstraperitoneal yaklaşımla infrapektineal alandan tespitle desteklendiğı yaklaşımdır fakat literatürde daha güvenli olan intrapelvik yaklaşımın tek başına uygulandığında sağladığı tespitin biyomekanik özellikleri değerlendirilmemiştir (5).

Bu çalışmanın amacı; asetabulumun AKPHT kırıklarında farklı cerrahi yaklaşımlar kullanılarak uygulanan tespit yöntemlerinin biyomekanik olarak karşılaştırılmasıdır.

## 2. GENEL BİLGİLER

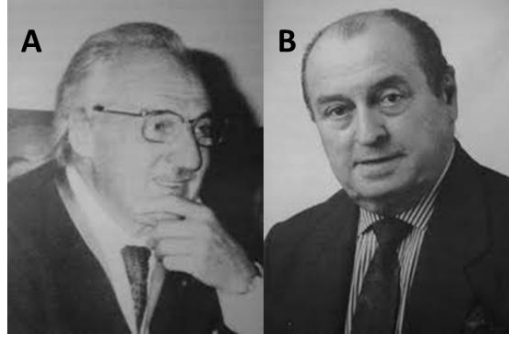
### 2.1 Tarihçe

Yer değiştirmiş asetabulum kırıkları; ciddi iskelet travmalarının sonucunda oluşan, az görülen fakat kemiğin üç boyutlu yapısı ve derin yerleşimi nedeniyle tedavisi oldukça zor olan kırıklardır. Asetabulum kırıkları, erken dönemlerde travma hastalarının otopsilerinde ilk olarak tanımlanmıştır. Bu kırığı ilk kez 1788 yılında “Callisen” bildirmiş fakat detaylı bir tanımlama yapmamıştır. Cooper ise 1821 yılında bir hastanın otopsi bulgularında femoral başın pelvis içine yer değiştirdiğini görmüş ve rapor etmiştir. 1909 yılında literatürde yayınlanan 49 vakanın detaylı bir özetini rapor haline getiren “Schroeder”, bu kırıklara hemorajik şok ve geç başlangıçlı intra-abdominal sepsis nedeniyle ölen hastaların otopsi bulgularında rastlandığını göstermiştir.

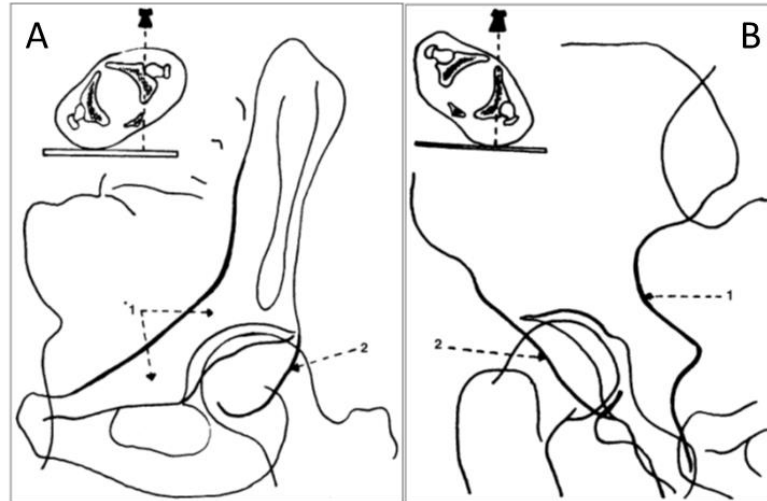
1940’lı yılların başına kadar asetabulum kırıklarının tedavisi laterale traksiyon ve immobilizasyon iken, bu tarihte Levine ilk kez asetabulumun her iki kolon kırıklarında “Smith Petersen” yaklaşımı kullanarak yaptığı açık redüksiyon ve internal fiksasyon vakalarının erken sonuçlarını yayınlamış ve girişimsel tedaviden yana olduğunu bildirmiştir. 1940’lı yıllarda II. Dünya Savaşı’nın başlaması ve genç askerler tarafında hızlı kullanılan motorlu taşıtların neden olduğu kazalar, nadir görülen asetabulum kırıklarının sayısının giderek artmasına sebep olmuştur. Armstrong ve ark. “Kraliyet Hava Kuvvetleri’ndeki” deneyimlerine dayanarak ilk kez bu kırıkları sınıflandırmıştır. Thompson ve Epstein, 1950 yılında Armstrong’un sistemini modifiye ederek yeni sınıflandırma sistemlerini yayınlamışlar ve açık redüksiyonu savunmuşlardır. Stewart ve Milford’un, 100 asetabulum kırıklı hastanın tedavi sonuçlarını yayınladıkları raporlarında cerrahi olmayan tedavinin daha iyi sonuç verdiğini göstermeleri nedeniyle bu dönemde cerrahi olmayan tedavi ön plana çıkmıştır. Diğer yandan Elliot, Knight ve Smith gibi cerrahların öncülük ettiği küçük bir grup cerrah ise bu yaralanmaların cerrahi tedavisini geliştirmek için çalışmalarına devam etmiştir.

1960’lı yılların başında Pearson ve arkadaşları ilk kez asetabulum kırığına neden olan yaralanma mekanizmalarını kadavrular üzerinde yaptıkları testler ile göstermişler ve anterior duvar posterior hemitransvers kırıkları, transvers kırıkları ve alt anterior kolon yaralanmalarını tanımlamışlardır. Yine bu yıllarda direk radyografinin kullanılmaya başlaması ile birlikte asetabulum kırıklarının daha iyi değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

1964 yılında Robert Judet (Şekil 2.1) ve ark. yayınladıkları “Asetabulum kırıkları, sınıflandırma ve açık redüksiyon için cerrahi yaklaşımlar” başlıklı makalelerinde, asetabulum kırıklarının değerlendirilmesi için ön-arka ve 45 derece açılı iki oblik (obtratuvar oblik-iliak oblik) pelvis direk grafilerini (Judet Grafileri)(Şekil 2.2) tanımlamışlardır. Bu grafiler halen, asetabulum kırıklarının tanısında ilk basamakta kullanılan grafilerdir. Bu makale asetabulum anatomisinin anlaşılmasında ve kırıklarının sınıflandırılmasında bilimsel açıdan büyük bir sıçrayışa neden olmuştur. Anterior kolon ve posterior kolon terimleri, marjinal impaksiyon terimi, üst kanal (iliopektineal çizgi) terimi ilk kez bu makale ile kullanılmaya başlamıştır. Bu makalede tanımlanan sınıflandırma sistemi sırasıyla; arka duvar kırığı, ilioiskial kolon (posterior kolon) kırığı, transvers kırık, arka duvar kırığına eşlik eden transvers kırık, T-şeklinde kırıklar, iliopubik kolon kırıkları (anterior kolon), ön duvar kırıkları ve her iki kolon kırıkları terminolojilerini literatüre kazandırmıştır.



Şekil 2.1: A-Dr. Robert Judet ve B- Dr. Emille Letournel



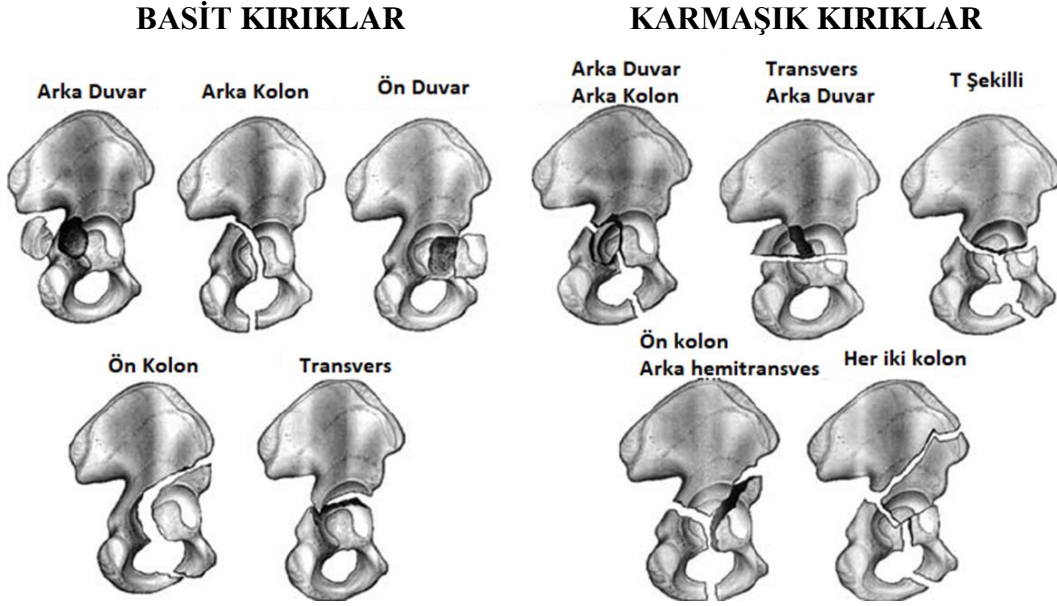
Şekil 2.2: Pelvisin obtratuvar oblik (A) ve iliak oblik (B) direk grafilerinin (Judet grafileri) şematik çizimi

A: Obtratuvar oblik grafide anterior kolon (1) ve asetabulumun posterior duvarı (2)

B: İliak oblik grafide posterior kolon (1) ve asetabulumun anterior duvarı (2)

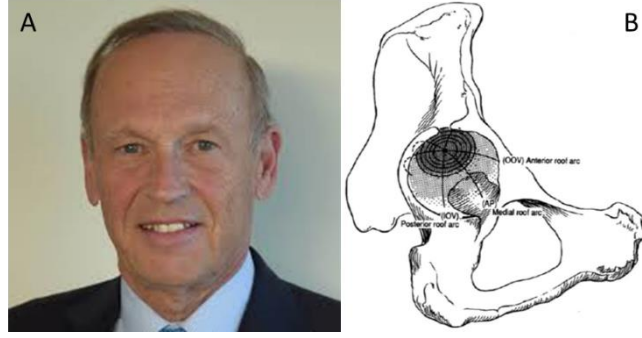


Letournel sınıflandırması (Şekil 2.3); ilk olarak Fransızca yayınlanmış ve 1981 yılında İngilizceye çevrilene kadar Kuzey Amerika literatürüne adapte olamamıştır. Emile Letournel'in (Şekil 2.1) 1980'de "Kuzey Kaliforniya Üniversitesi'ne" ziyaretçi profesör olarak gelmesi ve birlikte çalıştığı cerrahların kendi pratiklerinde öğrendiklerini uygulaması ile birlikte sınıflandırması ve yöntemleri Kuzey Amerika'ya yayılmaya başlamıştır ve ilk kez 1988 yılında "pelvis ve asetabulum kırıklarının tedavisi kursu" düzenlenmiştir.



Şekil 2.3: Asetabulum kırıklarının Letournel Sınıflandırması

1986 yılında Matta (Şekil 2.4) ve ark. iki makale yayımlayarak asetabulum kırıklarının cerrahi olmayan tedavisinin modern temelini oluşturmasını sağlamışlardır. Çalışmalarında; "ağırlık taşıyan kubbe" terimini kullanan Rowe, Lowell ve Neurobay'in makalelerini temel alan Matta, onlardan farklı olarak asetabulumun üst kısmının ne kadarlık kısmının kritik öneme sahip olduğunu değerlendirmiş ve "çatı ark ölçümü" (Şekil 2.4) konseptini geliştirmiştir. Böylelikle kırık sonrasında asetabulumun üst kısmının ne kadarının sağlam kaldığı tayin edilebilmiştir. 1988 yılında yayınladıkları çalışmalarında, her üç grafide çatı ark açısının 45 derece ölçüldüğü durumda femur başı ile asetabulum arasındaki uyumun korunduğu ve instabiliteye neden olacak arka duvar kırığının olmadığını bildirmişler ve çatı ark ölçümünün cerrahi olmayan tedavi için bir kriter haline gelmesini sağlamışlardır.

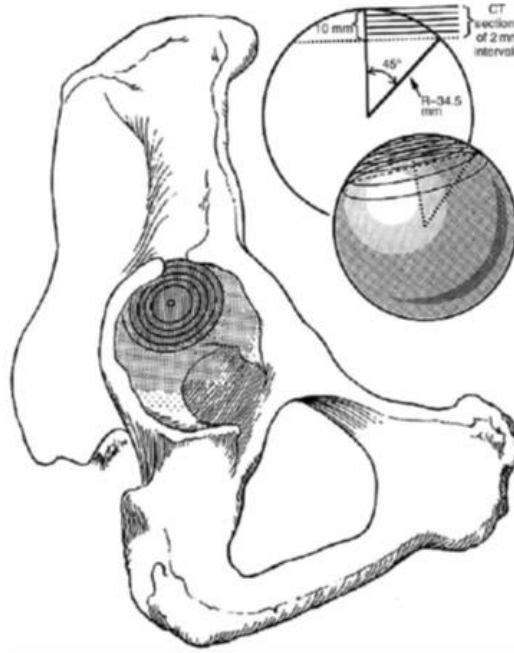


Şekil 2.4: Dr. Joel Matta (A) ve Anterior, medial ve posterior çatı ark konseptinin şematik görünümü (B)

1980’lerde, asetabulum kırıklarının cerrahi tedavisi ile bilgi birikiminde dünya çapında ciddi bir artış görüldü. Bilgi artışı ile birlikte gerçekleşen gelişmelerin büyük bir kısmı, Letournel’in makalesinin İngilizceye çevrilmesi ile ilişkilidir. Bu gelişmeler şunları içermektedir;

1. Pelvis ve asetabulumun direk grafigerinin detaylı olarak tanımlanması
2. Asetabulum kırıklarının mevcut Letournel Sınıflandırma Sistemi’nin tanımlanması
3. Letournel’in ilioinguinal yaklaşımının yaygınlaşması ve Kocher-Langenbeck yaklaşımını iyileştirmek için yaptığı diseksiyonlar
4. Modern anterior kolon konsepti ve ön kolon ile arka kolon arasında ters “y” formasyonunun ortasında oturan asetabulum konseptinin geliştirilmesi
5. Siyatik siniri korumak için posterior yaklaşımlarda dizin fleksiyona ve kalçayı ekstansiyona getirilmesinin öneminin kavranması
6. Kırık redüksiyonunun ve kırığa yaklaşımının kolaylaştırılması için cerrahi kırık masalarının kullanılmaya başlanması
7. Asetabulum kırıklarının açık yerleştirme ve içeriden tespit ile ilgili ilk uzun vadeli klinik sonuçların derlenmesi

Bilgisayarlı tomograflerin (BT) 1980’lerde kullanılmaya başlaması ile birlikte cerrahlar için oldukça önemli bir tetkik haline geldi. Çatı ark ölçümü, BT’de subkondral ark (Şekil 2.5) olarak tanımlandı ve asetabulumun üst 10 mm’lik kısmınının 45 derecelik çatı ark ölçümü ile eşdeğer olduğu bildirildi.



Şekil 2.5: Çatı ark konseptinin bilgisayarlı tomografideki subkondral ark ile ilişkisi

Son yıllarda birçok yazar, asetabulum kırıkları cerrahi tedavisi alanında literatüre geniş ölçüde katkıda bulunmuştur. Farklı kırık tipleri için hangi cerrahi yaklaşımın ve tespit yönteminin uygulanması gerektiği üzerine yapılan tartışmalar devam etmektedir. Bu süreçte tedavi yöntemleri ile ilişkili sinir yaralanması, pulmoner emboli, heterotopik ossifikasyon ve benzer komplikasyonlar tanımlanmış ve bunların nasıl önleneceği bildirilmiştir (6).

## 2.2 Asetabulumun Anatomisi

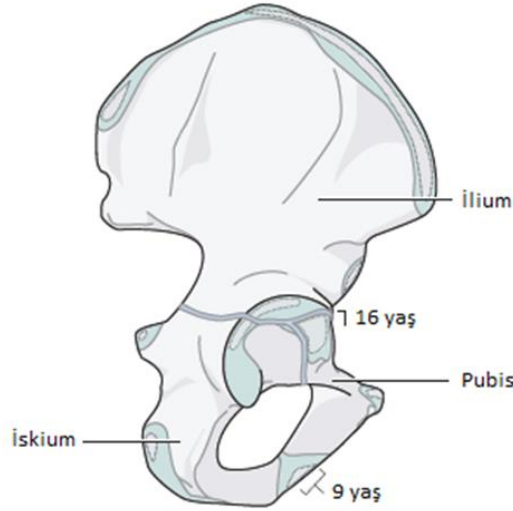
Kalça eklemi; yüksek derecede stabil, sürtünmenin en az düzeyde olduğu, geniş eklem hareket açıklığına izin veren yapıdadır. Bu yapıyı morfoloji, oryantasyon, kırıkdağ yüzey ve arteriyel dolaşım sisteminin eşsiz uyumu sağlar. Travmatik yaralanma nedeniyle eklem bir kez bozulduğunda, eklemin kompleks anatomisini tekrar oluşturmak oldukça zordur ve normal anatomiye hakimiyet gerektirir.

### 2.2.1 Kalça Gelişimi

Kalça ekleminin gelişimi, 4. Haftada alt ekstremitte tomurcuklarının gelişmesi ile başlar ve 16. hafta civarında tamamlanır. Femur başı ve asetabulum, primitif kondroblastlardan oluşan iç içe geçmiş yapıdan oluşur. Kondroblastların yoğun bir küre oluşturduğu merkezdeki bölgeden femur başı gelişir ve çevresinde ilium, iskiyum ve pubisi oluşturacak olan üç adet disk şeklinde kırıkdağdan oluşan rudimenter yapı vardır. Eklem boşluğu ise bu kırıkdağ yapıları ile femur başı arasındaki hücrelerin apoptozu ile oluşur. 8.

Haftanın sonuna gelindiğinde kalça eklemine dolaşım sistemi tam olarak gelişmiştir. 16. Haftada ise ilium, iskium ve pubisin ossifikasyon merkezleri ortaya çıkar ve triradiat kırık oluşur. Kalça eklemi, fetal hayatın kalan kısmı boyunca büyümeye devam eder fakat infantil döneme kadar morfolojik değişikliğe uğramaz.

Asetabulum ve labrum son morfolojik değişikliklerini infantil dönem ve çocukluk döneminde geçirirler. Üç innominat kemiğin birleşmesiyle oluşan asetabulum doğumda tamamen kırık yapıdadır ve yaşamın ilk bir yılında değişikliğe uğramaz. Innominat kemiklerin arasında yer alan “T” şeklindeki yapı olan triradiat kırık; asetabulumun ön duvarı, arka duvarı ve çatısını oluşturan kubbesinin oluşumundan ve daha da önemlisi asetabulumun en son derinliğinin oluşumundan sorumludur (Şekil 2.6). Triradiat kırık laterale doğru merkezi hiyalin kırıkdaktan ve çevresi fibrokırıkdaktan oluşan dudak benzeri bir yapı oluşturarak femur başının şekillendirici etkisi altında asetabular epifizleri oluşturur. Kemik asetabulum 7 yaşından sonra oluşmaya başlar ve 9 yaşından önce tamamen kapanır. Triradiat kırık 14-16 yaş civarında kapanır fakat asetabular epifizler 18 yaşına kadar açık kalabilir (7).

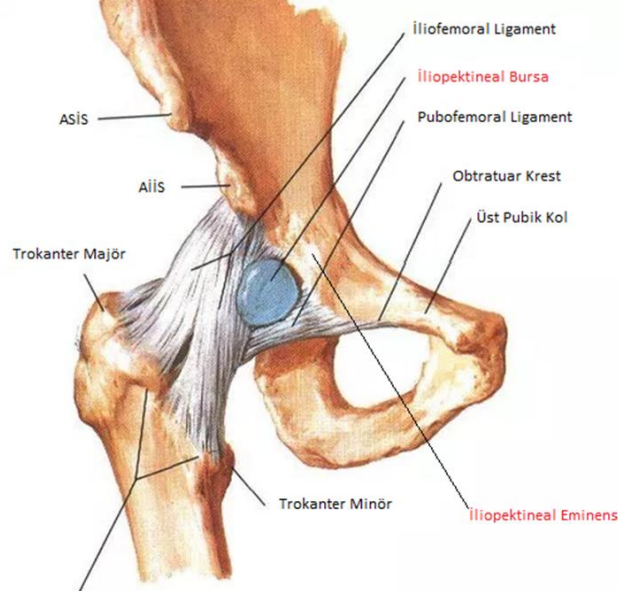


Şekil 2.6: Pelvisin primer ossifikasyon merkezleri: iskium, pubis, ilium  
Ossifikasyon merkezleri asetabulumda triradiat kırık ile birleşirler ve 16 yaşında birbirlerine kaynarlar

## 2.2.2 Asetabular İşaretler

Asetabulumun doğal anatomisini anlamak için kılavuz olarak, asetabulumu çevreleyen iç ve dış birçok kemik yapı kullanılabilir. Bunlardan ilki spina iliaca anterior süperiordur (SİAS). SİAS koronal planda, asetabulumun üzerinde ve hemen lateralinde yer alır ve anterior işaret olarak kullanılır. Bu yapı palpe edilerek anterior kolon, anterior duvar

ve iliak krestin yerleşimine karar verilir. Lateral femoral kutanöz sinir, ASİS'in 2 cm medial ve inferiorunda yer alır. Triradiat kırıkdağın pubik uzanımının rezidüsü olan iliopektineal eminens önemli bir iç işaret bölgesidir. Koronal planda asetabulumun medial kenarını ve iliopektineal bursanın yerini gösterir (Şekil 2.7) .



Şekil 2.7: Asetabular İşaretler

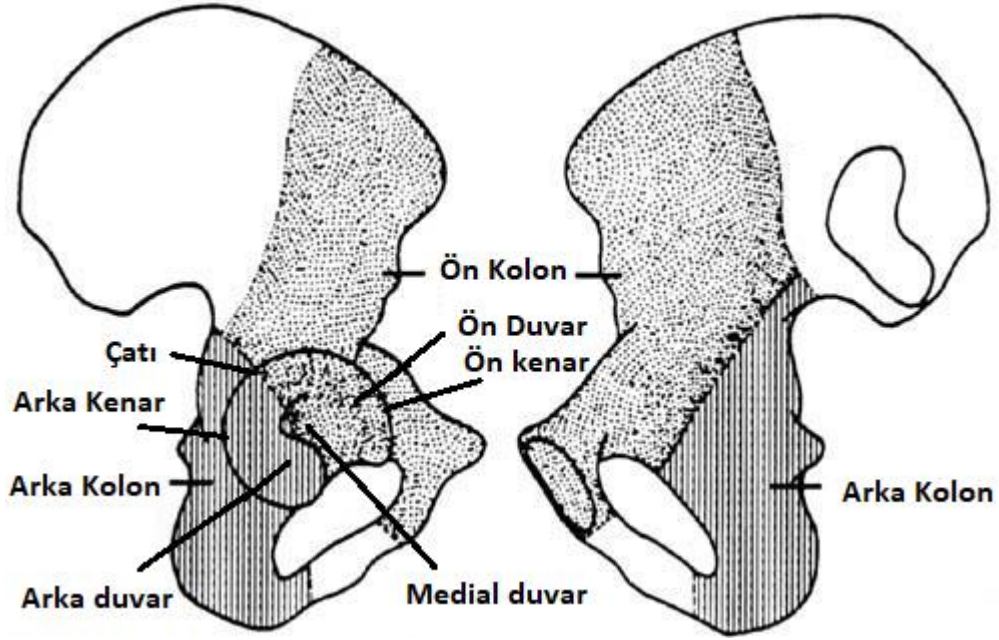
ASİS ile anterior kolon, anterior duvar ve iliak krest'in ilişkisi

İliopektineal eminens'in, iliopektineal bursa ve asetabulum medial kenarı ile ilişkisi

### 2.2.3 Asetabulumun Yapısı

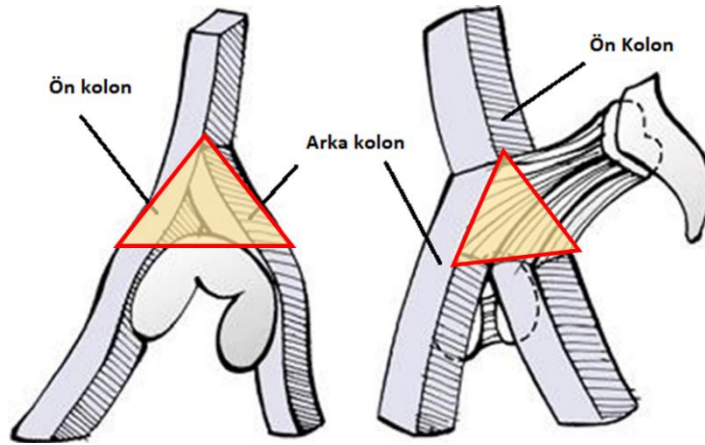
Asetabulum yapısal olarak, altı temel kısımdan oluşan karmaşık bir geometriye sahiptir (Şekil 2.8). Asetabulumu oluşturan kısımlar femur başına 170 derecelik kapsama sağlar. Bu kısımlar;

1. Anterior kolon
2. Posterior kolon
3. Anterior duvar
4. Posterior duvar
5. Asetabular çatı (kubbe)
6. Medial duvardır.



Şekil 2.8: Asetabulumu oluşturan bileşenler: medial ve lateralden görünüm

Anterior ve posterior kolon asetabulumu pelvisin geri kalanına bağlar ve asetabulumu yapısal destek sağlar (Şekil 2.9). Judet'in tarif ettiği üzere kolonlar arası arkın konkav kısmında yer alan asetabulum iki kolonun birleşmesiyle oluşur ve yükü bu ark yardımıyla süperiora transfer eder. Her iki kolon sakroiliak eklemin 60 derece anterior ve inferiorunda birleşir ve büyük siyatik çentiğinin hemen üzerindeki bu alanda yoğun bir kemik yapı oluşturur. Bu yapı asetabulum kırıklarında hemen hiç etkilenmez. Bu bağlantı bölgesinin hemen altında asetabulumun çatısını adet kilit taşı gibi destekleyen yoğun kortikal kemik alanı bulunur.



Şekil 2.9: Asetabulumun anterior ve posterior kolon ile ilişkisi: medial ve lateralden görünüm

Asetabulumu yapısal destek sağlayan anterior ve posterior kolon ve bunların oluşturduğu ark (üçgenler)

Anterior kolon, ilium ve pubik kemiğin birlikteliğinden oluşur. Posterior-superior iliumdan başlayarak pelvik brim boyunca devam eder ve pubik tüberküle sonlanır. Arka kolon, kalın ve yoğun kemik dokusundan oluşan ve transvers planda kama şeklinde bir yapıdır. Büyük siyatik çentiğın üst kısmından başlar ve iskiyal tuberosite uzanır. Bu sütun sayesinde büyük ve küçük siyatik çentik sakrospinöz ve sakrotüberöz ligamentler ile stabilize edilir. Posterior kolon anterolateralde asetabular eklem yüzeyinin posterior yarısını destekler. Posterior kolonun mediali kuadrilateral yüzeyi oluştururken, posterior duvar bu bölgeden laterale doğru uzanır.

Asetabulumun konkav bölgesinin yapısına, anterior duvar, posterior duvar, asetabular çatı ve medial duvar katılır. Anterior duvar doğrudan pubise bağlıdır ve süperior pubik ramus medial sınırından öne doğru uzanır. Asetabulumun anterior duvarı ile anterior kenarı değişken morfolojiye sahiptir. İliopektineal eminensin hemen lateralinde yerleşen ve pelvik brimden asetabulumun ön duvarına ulaşan oluk, iliopsoas kasına yerleşim sağlar. Posterior duvar ön duvara göre daha büyüktür ve daha laterale uzanır. Lateral kenarı neredeyse vertikaldir fakat hafif bir eğime sahiptir. Asetabulumun posterior duvarı; iki kolonun oluşturduğu arkın en uzağında yer alan ve bu nedenle yapısal desteğın en az olduğu, kırık oluşumuna en yatkın ve stabilitenin sağlanmasında en önemli bölgedir.

Medial duvarı lateralde asetabular fossa ve medialde kuadrilateral yüzey oluşturur. Fossa, merkezde yer alan ve içini “pulvinar” adı verilen yağ yastıkçığının ve “ligamentum teres’in” doldurduğu ve eklemleşmenin olmadığı kavitedir. Bu bölgede yer alan çok sayıdaki foramenden geçen ve obtratuarterin asetabular dalından köken alan küçük arterioller; yağ yastıkçığının, tüm duvarların ve asetabular çatının içine dağılır.

#### **2.2.4 Asetabulumun Radyografik Anatomisi**

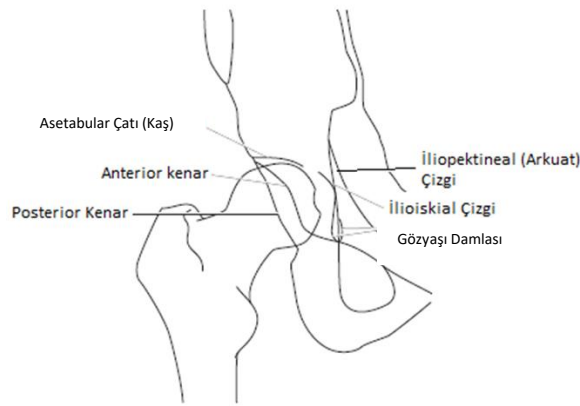
Düz pelvis grafilerinde asetabulum anatomisinin tanınabilmesi, kırıkları değerlendirmekte en önemli basamaklardan biridir. Anterior-posterior pelvis grafilerinde değerlendirilmesi gereken radyolojik belirteçler şunlardır:

1. İliopubik/İliopektineal çizgi (Arkuat çizgi)
2. İlioiskiial çizgi
3. Göz yaşı damlası
4. Asetabular çatı (Kaş)



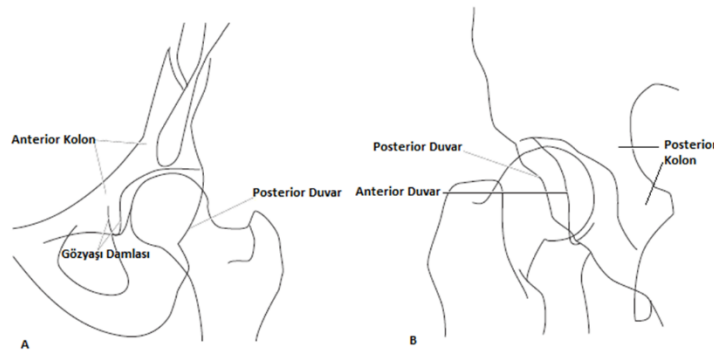
5. Anterior kenar
6. Posterior kenar

Bu radyolojik belirteçlerin herhangi birindeki bozulma, altta yatan yapının kırıldığını gösterir. Bu nedenle her birinin ayrı ayrı değerlendirilmesi çok önemlidir. İliopubik çizgi anterior kolonun medial kortikal sınırını gösterirken, ilioiskial çizgi ise posterior kolonun medial kortikal sınırını gösterir. Göz yaşı damlasını medialde kuadrilateral yüzey, lateralde ise asetabular fossanın anteroinferior kısmı oluşturur. Sorsil ise asetabulumun üst kısmının büyük çoğunluğunu ifade eder. Anterior ve posterior kenarlar ise anterior ve posterior kolonun en lateraldeki kortikal kısmının göstergesidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Anterior-Posterior direkt grafide radyolojik belirteçler

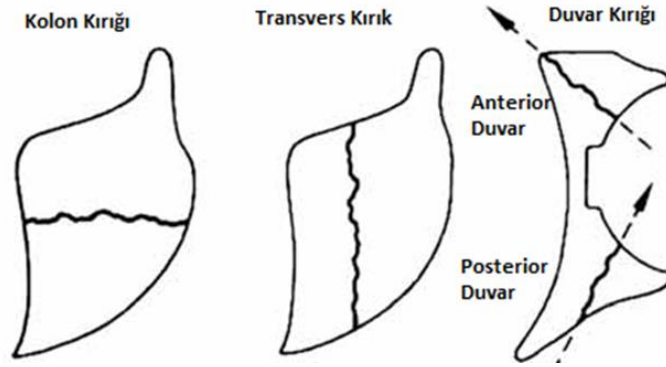
Asetabulum kırıklarının direkt grafi ile ileri incelemesinde ise oblik grafiğin (Judet Grafiği) elde edilmesi, anterior ve posterior kolon ve duvarların gösterilmesinde zorunludur. Obtrator oblik grafi; anterior kolon ve posterior duvarı gösterirken, iliak oblik grafi ise posterior kolon ve anterior duvarı gösterir. Bu oblik grafiğin pelvisin 45 derece açılması ile elde edilir (Şekil 2.11)(7).



Şekil 2.11: Obtrator ve iliak oblik grafiğin radyolojik belirteçleri  
A: Obtrator oblik direkt grafide anterior kolon ve posterior duvarın görünümü  
B: İliak oblik direkt grafide posterior kolon ve anterior duvarın görünümü



Bilgisayarlı tomografiler kullanılmaya başlandıktan sonra asetabulum kırıklarının değerlendirilmesinde önemli bir görüntüleme yöntemi haline gelmiştir. Medial deplasman, marjinal impaksiyon ve eklem içi parça varlığı ile posterior instabilite derecesinin saptanması ve bunların yanında eşlik eden diğer pelvik yaralanmaların gösterilebilmesi en önemli avantajlarıdır. İliak kanat 5mm, asetabulum ise 3 mm'lik kesitlerle incelenmelidir. Asetabulumun duvar kırıkları bilgisayarlı tomografide oblik bir kırık hattı oluşturur. Diğer taraftan kolon kırıklarında ise ana kırık hattının medialden laterale doğru ilerlemesi horizontal, vertikal olarak ilerlemesi ise transvers kırığın mevcudiyetini gösterir. Kolon kırıkları kuadrilateral yüzeye veya obratuar foramene doğru uzanırken, duvar kırıkları genellikle kuadrilateral yüzeye paralel olarak uzanır (Şekil 2.12)(Tablo 2.1)(8).



Şekil 2.12: Asetabulum kırıklarında, kırık hatlarının bilgisayarlı tomografi kesitinde yönelimi

Tablo 2.1. Asetabulum Kırıklarının Radyolojik Belirtileri

Kırık Tipi	Obratuar Foramende Bozulma	İlioiskial Çizgide Bozulma	İliopektineal Çizgide Bozulma	İliak Kanat Kırığı	Posterior Duvar Kırığı	Pelviste ikiye ayrılma	BT'de kırık hattının yönelimi
Anterior Duvar	-	-	+	-	-	-	Oblik
Posterior Duvar	-	±	-	-	+	-	Oblik
Anterior Kolon	+	-	+	+	-	Ön-arka	Horizontal
Posterior Kolon	+	+	-	-	-	Ön-arka	Horizontal
Her iki kolon	+	+	+	+	-	Ön-arka	Horizontal
Transvers	-	+	+	-	-	Üst-alt	Vertikal
T tipi	+	+	+	-	-	Üst-alt	Vertikal
Anterior kolon posterior hemitransvers	-	+	+	+	-	-	
Posterior kolon posterior duvar	+	+	-	-	+	Üst-alt	Horizontal/Oblik
Transvers-posterior duvar	-	+	+	-	+	Üst-alt	Vertikal/Oblik

BT: Bilgisayarlı tomografi

### **2.2.5 Kalça Stabilitesi**

Kalça stabilitesinin sağlanmasında en önemli yapı posterior duvardır. Yapılan araştırmalar kalça stabilitesinin sağlam bir asetabulum arka duvarı ve sağlam kapsül ile sağlandığını göstermiştir. Arka duvarın %25'inin etkilendiği kırıklarda stabilitede herhangi bir sorun yaşanmazken %50'sinin etkilendiği kırıklarda kalça tamamen instabildir. Posterior kapsül eksize edildiğinde ise kalça stabilitesi %14-89 arasına düşmektedir.

### **2.2.6 Asetabular Yerleşim**

Asetabulumun uzaysal yerleşiminin tanımı, pelvis ve vücudun diğer kısımları ile ilişkisinin tanımlanması oldukça zordur. Asetabulumun pelvis ile olan uzaysal ilişkisinin değerlendirilmesinde en önemli parametreler versiyon ve inklinasyondur. Versiyon ön ve arka duvarları birbirine bağlayan merkezi bir horizontal çizgi ya da asetabulumun ortalama açılış düzlemi ile sagittal düzlem arasındaki açı olarak tanımlanır. İnklinasyon ise ya süperolateral asetabulumu, inferomedial fossaya bağlayan merkezi bir dikey çizgi ya da asetabulumun açılış düzlemi ve enine düzlem arasındaki açı olarak tanımlanır. Ortalama anteversiyon 16-21 derece arasındadır ve erkekler (12-20 derece) kadınlara (15-24 derece) göre daha az antevert asetabulumu sahiptirler. Ortalama inklinasyon ise 48 derecedir. Cinsiyetler arasında minimal değişiklikler olabilir. Asetabular oryantasyon ve tanımlayıcı açıların; pelvik tilt, pelvik rotasyon, pelvik insidans ve vücudun referans planları gibi değişkenlerden etkilendiği unutulmamalıdır.

### **2.2.7 Asetabular Kıkırdak**

Asetabulumun iç yüzeyi, hilal şeklinde, kıkırdak doku ile kaplanmıştır. Kıkırdak doku asetabulumun anterior duvar, posterior duvar ve çatısını örterken; medial yüzey ve inferior yüzeyde hemen hiç yoktur. Yapılan çalışmalar bu hilal şeklindeki yapının, eklem temas bölgelerindeki kuvveti optimal şekilde dağıtarak stres noktalarının oluşmasını engellediğini göstermiştir.

Labrum; transvers asetabular ligament ile devam eden ve asetabulumun dış sınırını saran bağ dokusundan oluşan, halka şeklinde devamlı bir yapıdır. Kaygan yapıda olan labrum, asetabulumu derinleştirir ve eklem temas bölgelerini %22 oranında artırır.

### **2.2.8 Asetabular Biyomekanik**

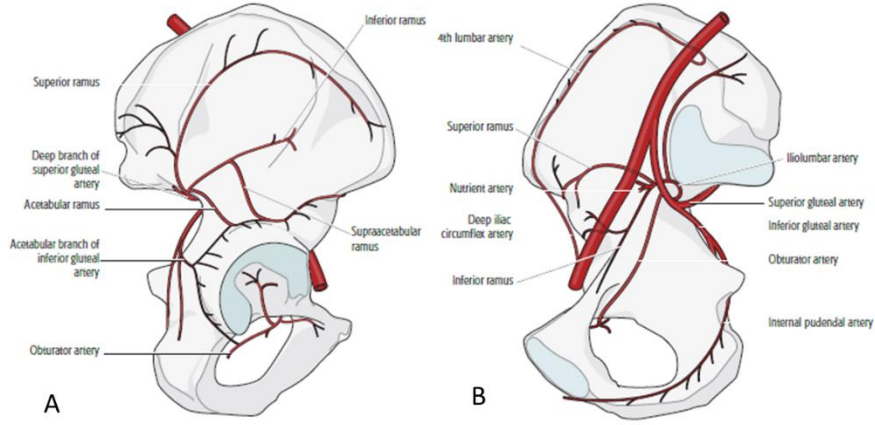
Her iki kolon; anterior ve posterior duvar ile birlikte çalışarak, farklı yüklenmelerde asetabulumun dinamik deformasyonuna izin verirler. Düşük yüklerde yük transfer anterior

ve posterior duvar üzerinden yapılır ve femur başı asetabulum çatısına temas etmez. Asetabulumu gelen yük arttıkça her iki kolon birbirinden uzaklaşmaya başlar ve duvarlar esneyerek femoral başın çatıya temas etmesine ve yük aktarımının bu bölgeye yapılmasına izin verirler. Ön duvar daha sert iken arka duvar daha esnektir ve yüklenme ile arka duvar daha fazla esner olur. Yürümek gibi en yüksek fizyolojik yüklerde; asetabulumda tam temas ve küresel kuvvet aktarımı meydana gelir. Bunu sağlamak için yüklenme altında anterior ve posterior duvar temas alanını arttırmak için hızla esner. Anterior ve posterior duvarı birbirine bağlayan transvers ligament bir gergi bandı şeklinde çalışarak aşırı esnemesini önler ve kuadrilateral yüzey bu fonksiyona katkı sağlar.

Labrumun biyomekanik olarak iki işlevi mevcuttur. Bunlardan ilki; eklem içi negatif basıncı koruyarak stabiliteyi arttırmasıdır. Labrum yırtıldığında, femur başı asetabulum içinde normalden daha fazla hareket eder ve daha kolay çıkar. İkinci ve daha önemli olan fonksiyonu ise sinoviyal sıvının düzgün dağılımını sağlamaktır. Eklem içi basıncın artmasıyla sinoviyal sıvı hem femoral başın periferinde devamlı olarak bulunur hem de eklem aralığı adeta yağlanarak eklemdeki sürtünme azaltılır. Ayrıca artmış basınç ile sinoviyal sıvı ve su içeriği kıkırdak yüzeyden maksimum absorbe edilir.

### **2.2.9 Asetabular Dolaşım**

Asetabulumu besleyen damar ağı; medialde iliolumbar, obtrator ve 4. lumbar arterden, lateralde ise superior gluteal, inferior gluteal ve medial femoral sirkümfleks arterden oluşur. Medialde; obtrator arter, obtrator kanala girmeden önce kuadrilateral yüzeye ve pubik ramusa birkaç besleyici dal verir. Sonrasında medial sirkümfleks arterin dalları ile anastomoz yapabilir. Buradan çıkan asetabular dal transvers ligamentin altından eklem girer. Eğer hem medial hem de lateral besleyici arterler yaralandıysa asetabulumun geriye kalan son besleyicisi olan bu arter sistemi, kuadrilateral yüzeyin mediali diske edilirken mutlaka korunmalıdır. Lateralde ise en önemli besleyici yapı süperior gluteal arterdir. Gluteal arter ve dalları; iliolumbar ve sirkümfleks iliak damarlar ile birlikte ilium seviyesinde anastomotik bir halka oluşturur (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Asetabular Dolaşım

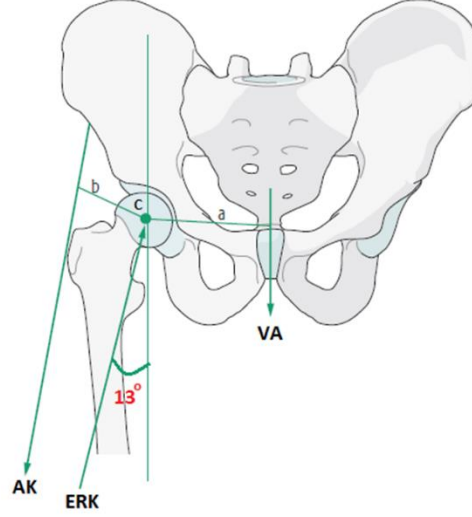
A: lateralden görünüm

B: Medialden görünüm

## 2.3 Asetabular Kırıkların Biyomekaniği

### 2.3.1 Normal Kalça Mekanikliği

Kalça eklemi; basit bir top-yuva tipi eklem olarak görülse de, eklemden geçen kuvvetler ve bu kuvvetlerin dağılımı nedeniyle oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Eklemden geçen kuvvetler yürümenin basma ortası evresinde en fazladır. Bu kuvvetlerin kaynağı ise vücut ağırlığı (VA) ve abduktör momenttir. Tek ayak üzerinde durma sırasında bu iki kuvvet birbirine eşit hale gelir. Abduktör kuvvet (AK) sahip olduğu daha kısa moment kolu nedeniyle vücut ağırlığından büyüktür ve bu durumda kalır  $(VA \times A) = (AK \times b)$ . Ekleme etkileyen kuvvetlerin net bileşkesi “eklem reaksiyon kuvveti” (ERK) adını alır ve sagittal plan ile yaklaşık 13 derecelik bir açı yapar (Şekil 2.14)(KAYNAK). ERK; yürümenin basma fazında VA'nın 2,5-3 katı iken salınım fazında 0,1-0,5 katıdır. Bu değerler koşarken VA'nın 4.8-5.5 katına, tökezleme esnasında ise VA'nın 8 katına kadar çıkar. Düz bacak kaldırma ve yataktan sandalyeye transfer gibi sedanter aktiviteler de ERK'nin VA'nın 0,8-1,8 katına çıkmasına neden olabilir (7, 9).



Şekil 2.14: Kalça ekleminden geçen kuvvetler ve net bileşke kuvvet (Eklem Reaksiyon Kuvveti)

AK: Abduktör kol, VA: vücut ağırlığı, ERK: Eklem reaksiyon kuvveti, a: VA'nın kuvvet kolu, b: Abduktör kolun kuvvet kolu c: kalça eklemine rotasyon merkezi

### 2.3.2 Asetabulum Kırıklarının Biyomekaniği

Asetabulum kırıklarının biyomekanik sonuçları üzerine yoğunlaşan çalışmalar inceledikleri konulara göre 3'e ayrılabilir. Bunlar; eklem içi temas bölgesi ve basınç, kırık sonrası eklem uyumunun bozulması ve instabilite ve kırık tespitinin sertliğidir.

Kırık sonrasında eklem içi temas bölgelerini ve basıncı inceleyen çalışmalarda, kırıkta adapte olabileceğinden daha fazla strese maruz kaldığı ve dejeneratif sürecin başladığı savunulmaktadır. Arka duvar kırıklarında özellikle asetabulumun üst kısmında tepe basınçlarında ciddi artış olmaktadır ve bu değişikliğin anatomik redüksiyon ve sağlam tespit ile düzeltilemediği gösterilmiştir. Temas bölgelerindeki büyük değişiklikler, en küçük yetmezliklerden kaynaklanmaktadır. Yüksek anterior kolon kırıkları üzerinde yapılan çalışmalar eklem içi basamaklanma, açıklık ve yanlış redüksiyonların tepe temas basınçlarını ciddi oranda arttırdığını göstermiştir. Diğer yandan 45 derecelik çatı ark ölçümünü bozmayan düşük anterior kolon kırıklarında tepe basınçlarında veya temas bölgelerinde değişiklik gösterilmemiştir.

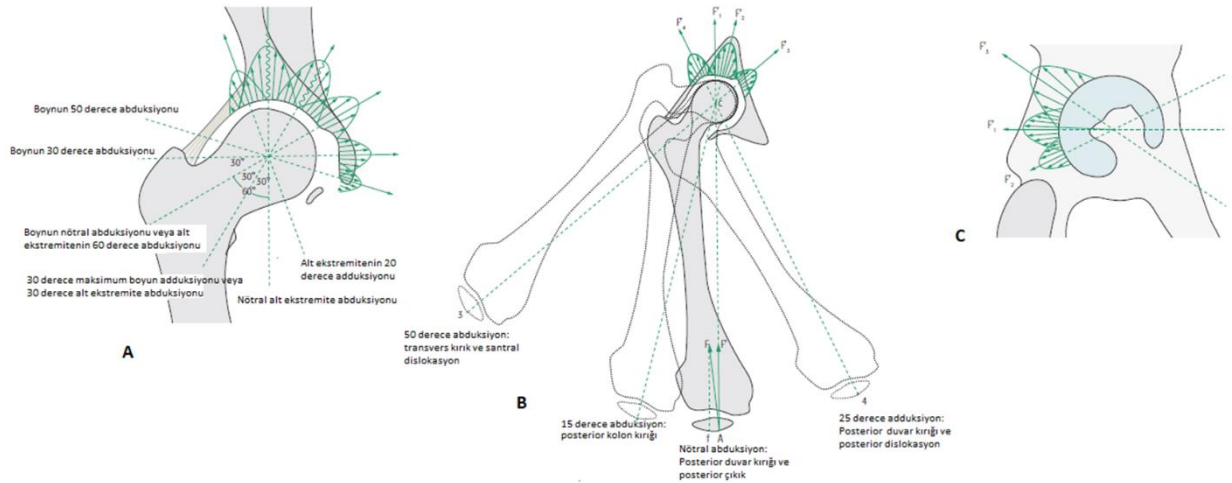
Bazı yazarlar arka duvar kırıkları sonrasında kalça stabilitesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Arka duvar kırıklarında stabilitenin en önemli belirleyicisi kırık fragmanının boyutudur. 45 derecelik çatı ark ölçümünün korunduğu kırıklarda femur başının asetabulumun üst kısmı ile uyumunun korunduğu ve kalçanın stabil olduğu kabul edilir.

Asetabulum kırıklarının tespit stabilitesi ve özel kırık paternlerinin cerrahi tedavisinde kullanılacak teknikler üzerine az sayıda veri literatürde mevcuttur. Çoğu çalışma farklı tespit tekniklerinin görelî kuvvet ve sertliğini birbirinden farklı deneysel yüklenme modellerinde test etmektedir.

## 2.4 Asetabulum Kırıklarının Patoanatomisi ve Sınıflandırılması

### 2.4.1 Yaralanma Mekanizması

Asetabulum kırıkları; femur başını asetabulumu iten kuvvetler nedeniyle meydana gelir. Bu nedenle her zaman femur başı ve asetabulumu kaplayan kırıkta yaralanmaları açısından şüphe etmek gerekmektedir. Asetabulum kırığının tipi; yaralanmaya sebep olan kuvvetin etkisini gösterdiği sırada femur başının asetabulum içindeki pozisyonuna göre değişir (Şekil 2.15). Oturma pozisyonu, darbe ve darbenin gücü gibi birçok değişken farklı kırık tiplerinin oluşmasına neden olabilir.



Şekil 2.15: Kırık oluşumu sırasında femurun pozisyonu ve asetabular kırık tipi

A: Kalça ekleminin koronal planda kesiti ve etki eden kuvvetler

B: Kalça ekleminin horizontal planda kesiti ve diz üzerinden etki eden kuvvetler

C: Kalça fleksiyonda iken dizden aktarılan kuvvet vektörlerinin çizimi

Genel olarak dizin fleksiyonda ve farklı derecelerde iç rotasyonda oluşu durumlarda, kuvvetin dizden femur boyunca asetabulumu iletildiğinde daha çok arka duvarı ve arka kolonu ilgilendiren kırıklar görülür. Bu kırıklara femurun posterior çıkığı eşlik edebilir.

Trokanter majör üzerinden doğrudan etki eden kuvvetin olduğu yaralanma durumunda ise eğer femur başı nötral rotasyonda ise anterior kolon posterior hemitransvers kırıklar, dış rotasyonda ise anterior tip kırıklar, iç rotasyonda ise arka duvar veya kolon komponenti içeren transvers kırıklar, baş abduksiyonda ise inframedial adduksiyonda ise süperolateral kırıklar görülür.

Asetabulum kırıklarının yüksek enerjili yaralanmalar olması nedeniyle diğer anatomik yapıları ilgilendiren yaralanmalar açısından dikkatli olunmalıdır. Fleksiyondaki diz üzerinden kuvvetin iletildiği yaralanmalarda patella kırıkları ve arka çapraz bağ yaralanmaları, kuvvetin trokanter majör üzerinden iletildiği durumlarda ise pelvik halka yaralanmaları ve sakroiliak eklem yaralanmaları gelişebileceği unutulmamalıdır.

#### **2.4.2 Tanı**

Asetabulum yaralanmalarında değerlendirme, hastanın öyküsü ve fizik muayenesi ile başlar. Bu değerlendirme sırasında hastanın fonksiyonel talepleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Hastanın genel durumu değerlendirildikten sonra cerrahi karar verme aşamasında oldukça faydalı olan yaş, eşlik eden hastalıklar, kemiğin metabolik durumu (osteopeni/osteoporoz) gibi parametreler kayıt edilmelidir.

Asetabulum kırığı olan hastalarda, fizik muayene ile dikkatli bir genel değerlendirme yapılmalıdır. Pelvik halkanın bozulduğu durumlarda olduğu gibi önemli yaralanmalar ve kanama klinik tabloya eşlik edebilir. Etkilenen uzvun muayenesi, yaralanma şeklinin belirlenmesine yardımcı olabilir. Ekstremitenin pozisyonuna bakılarak çıkık olup olmadığı, çıkık varsa hangi yönde olduğu değerlendirilebilir. Trokanter majör veya diz çevresinde ekimoz görülebilir. Dizin posteriora çıkığı, patella kırıkları, açık yaralanmalar ve Morel-Lavallee lezyonunun varlığı, siyatik ve peroneal sinir hasarının varlığı mutlaka dışlanmalıdır. Sinir yaralanmaları görece fazla olduğu için dikkatli nörolojik inceleme yapılmalı ve tedavi öncesinde mutlaka kayıt edilmelidir.

Tanı süreci; kırık tipinin belirlenmesi, deplasmanın değerlendirilmesi ve eşlik eden eklem yüzeyi yaralanmalarının radyolojik olarak tanınmasını içerir ve bu süreç tedavi planını, cerrahi yaklaşımı ve tespit yöntemini belirler. Kırığın karakteristik özelliklerini belirleyen değişkenler de karar verme süresince göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değişkenler; anatomik tip, sebep olan kuvvetin şiddeti, deplasmanın doğrultusu, çıkığın varlığı ve yönü, kırık parçalarının sayısı, marjinal impaksiyon olup olmadığı ve eklem yüzeyinin hasarlanıp hasarlanmadığıdır. Radyolojik değerlendirmeye yüksek kaliteli anterior-posterior pelvis ve Judet grafileleri ile başlanır. Diğer yandan konvansiyonel ve 3 boyutlu BT; kırık tipinin ve eşlik eden yumuşak doku yaralanmalarının belirlenmesi açısından detaylı bilgi sağlar. Manyetik rezonans (MR) görüntüleme ise çocuklar ve adölesanlardaki tam olarak kalsifiye olmamış yapıdaki kemiğin görüntülenmesinde

değerlidir. Bu yaş grubunda arka duvar kırıklarının boyutunu en iyi gösteren yöntem olduğu için MR ile de değerlendirme yapılmalıdır.

Bir sınıflandırma yönteminin klinik olarak kullanılabilir olması için klinik pratikte ne görülebileceğini ve neyin bu pratikle ilişkili olabileceğini açıklayıcı görünür değerinin olması gerekmektedir. Ayrıca sınıflandırma sistemi gözlemciden gözlemciye değişmemeli ve güvenilir olmalıdır. Yapılan çalışmalar; anatomik temelli olan “Letournel-Judet Sınıflandırmasının” merkezler arasındaki vakaların değerlendirilmesi ve tedavi yönteminin belirlenmesinde kabul edilebilir bir kılavuz olduğunu göstermektedir. Asetabulum kırıklarının tedavisine her hasta için bireysel olarak karar vermek zorunludur ve deneyimli asetabular cerrahlar tarafından değerlendirilmesi en iyi yöntem olarak görülmektedir.

### **2.4.3 Asetabulum Kırıklarının Sınıflandırılması**

Letournel-Judet sınıflandırma sistemi; anatomik temelde ve kırıkların basit ve karmaşık kırıklar ve bunların alt grupları olarak iki ana gruba ayrıldığı bir sistemdir. Bu sistem klinik pratikte yaklaşıma karar vermekte, redüksiyonun ve tespitinin nasıl yapılacağına belirlenmesinde oldukça faydalı bilgi sağlar fakat daha önce belirttiğimiz sonucun üzerinde oldukça etkili olan değişkenleri içermez. Değişkenleri de içeren bütüncül bir sınıflandırma sisteminin oluşturulması, tüm dünyada asetabulum kırıkları ile ilgilenen cerrahların aynı dili konuşmasını sağlamak açısından oldukça önemlidir. Son yıllarda farklı dernekler tarafından yapılan ortak çalışmalar ile AO/OTA Sınıflandırması temel prensiplerine sadık kalarak asetabulum kırıkları için oldukça karmaşık fakat daha detaylı bir sınıflandırma sistemi üzerinde anlaşmaya varılmıştır. AO/OTA asetabulum kırıkları sınıflandırması; Letournel-Judet sınıflandırma sisteminin tekrar düzenlenerek Müller eklem sınıflandırması şeması ile birleştirilmiş halidir. Letournel-Judet Sınıflandırma sistemi klinikte karar vermek için, AO/OTA Kırık ve Çıkık Sınıflandırma Sistemi ise dökümantasyon ve araştırmalar için gereklidir.

#### **2.4.3.1 Letournel-Judet Sınıflandırması**

Bu sistem asetabular kırıkları basit ve karmaşık olmak üzere ikiye ayırır. Basit kırıklar; ön segmenti, arka segmenti veya her ikisini ilgilendirebilen tek bir kırık hattını içerirler. Bu hat; posterior kolon, posterior duvar, anterior kolon, anterior duvar ve transvers kırıklara neden olabilir. Karmaşık kırıklar pelvis ve asetabulumdan geçen birden fazla kırık hattı ile ilişkilidir. Bu kırık hatları; T şekilli kırıklar, her iki kolon kırıkları ve bunların duvar



veya kolon kırıkları içeren birleşenlerini içerir. Bu sistem cerraha kırığın yerleşimini gösterir ve böylece cerrahi yaklaşımın belirlenmesine olanak sağlar (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Letournel-Judet Sınıflandırması

**Basit Kırıklar**

Posterior Duvar

Posterior Kolon

Anterior Duvar

Anterior Kolon

Transvers

**Karmaşık Kırıklar**

T-Şekilli Kırıklar

Posterior duvar posterior kolon kırıkları

Posterior duvar ve transvers kırıklar

Anterior kolon /duvar ve transvers kırıklar

Anterior kolon/duvar, hemitransvers kırıklar

Her iki kolon kırıkları

Letournel-Judet Sınıflandırma sistemine göre kırık tipleri tarif edilirken yer değiştirmesinin yönelimi ve yerinden bahsedilir ve cerrahi karar vermede oldukça önemli bir basamaktır. Örneğin tüm arka kırıklar tipine bakılmaksızın bir takım benzer özellikler gösterirler. Bunların tümü genellikle diz fleksiyonda iken femur üzerinden aktarılan kuvvet ile oluşurlar ve bu nedenle eşlik eden diz yaralanmaları sıktır. Eğer posterior duvar ilişkili kırık oluşmuşsa femurun posteriora çıktığı sıktır ve redüksiyon sonrasında kalça eklemi genellikle instabildir. Bu nedenle posterior kırık tipleri, kalça stabilitesinin sağlanması için, genellikle açık redüksiyon ve tespit gerektirir. Ayrıca femurun posterior çıktığı; avasküler nekroz ve siyatik sinir hasarına sebep olabilir ve prognozu kötüleştirir.

Deplasmanın yönelimi, cerrahi yaklaşıma karar vermekte oldukça önemlidir. Örneğin transvers kırıklar anteriora ve posteriora dönebilir. T-tipi kırıklarda bir kolon belirgin yer değiştirirken diğeri yerinde kalabilir.

#### 2.4.3.2 AO/OTA Pelvik ve Asetabular Kırık Sınıflandırması

Letournel-Judet Sınıflandırmasının AO/OTA modifikasyonu ve alfanumerik olarak kodlanması kırığın tanımlanmasında derinlemesine bilgi ve dökümantasyonunda kolaylık sağlar. AO sınıflandırması; anatomik bölge, yerleşim, kırığın tipi, grup ve alt gruplar temel alınarak oluşturulmuştur. Buna göre tip A kırıklar; kenar kırıkları, kopma kırıkları veya

eklem yüzeyi kırıklardır. Tip B kırıklar; eklemi kısmen ilgilendiren kırıklar ve tip C kırıklar ise tüm eklemi ilgilendiren kırıklardır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: AO/OTA Sınıflaması

Tip A: Eklemi Kısmi İlgilendiren Kırıklar, tek kolon etkilenmiş

A1 Posterior Duvar Kırıkları

A2 Posterior Kolon Kırıkları

A3 Anterior duvar veya anterior kolon kırıkları

Tip B: Eklemi Kısmi İlgilendiren Kırıklar (Transvers veya T-tipi kırıklar, her iki kolon etkilenmiş.

B1 Transvers Kırıklar

B2 T-Şekilli Kırıklar

B3 Anterior Kolon Posterior Hemitrasvers Kırıklar

Tip C Kırıklar (Her iki kolon kırıkları; yüzen asetabulum)

C1 Her iki kolon kırıkları, yüksek düzeyde değişken

C2 Her iki kolon kırıkları, düşük düzeyde değişken

C3 Sakroiliak eklemi ilgilendiren her iki kolon kırıkları

## 2.5 Asetabulum Kırıklarının Tedavi Yöntemleri

### 2.5.1 Asetabulum kırıklarının cerrahi olmayan tedavisi

Cerrahi olmayan tedavi kararı; kalça stabilitesi, eklem uyumunun devamlılığı ve kalçanın yük taşıyan bölgesinin kırık hattı içerip içermediği göz önünde bulundurularak alınır. Tarihsel olarak cerrahi olmayan tedavinin sonuçları yalnızca %13-30'luk bir hasta grubunda tatmin edicidir. Tedavi süreci; traksiyon ve artan şiddette yük vermeye bağlı erken hareketten oluşur. Tedavinin başarısız sonuçlardan eklem uyumunun kaybına bağlı gelişen artrit, kalça instabilitesi ve kas disfonksiyonu sorumludur.

Cerrahi olmayan tedavi endikasyonları;

Hastaya bağlı faktörler

1. Ciddi ameliyat riski olan hastalar (Derin ven trombozu (DVT) varlığı vb...)
2. Morbid Obezite (Aşırı Kilo)
3. Açık kontamine yara mevcudiyeti
4. Gecikmiş kırıklar

#### Kırık tipine bağlı faktörler

1. Minimal deplase kırıklar (< 2 mm)
2. Stabil posterior duvar kırıkları (%20'nin altında duvar tutulumu)
3. Her iki kolon kırığı ve arka duvar kırığı olmayan ve sağlam yük taşıyıcı kubbenin olduğu kırıklar
4. Eklem uyumunun korunduğu seçilmiş vakalarda her iki kolon kırıklarıdır.

#### 2.5.2 Asetabulum Kırıklarının Cerrahi Tedavisi

Asetabulum kırıklarının cerrahi tedavisinin amacı; kalça eklem uyumunun sağlandığı stabil bir pelvis ederek yüksek düzeyde fonksiyon sağlamaktır. Cerrahi tedavi hastaların yalnızca çok küçük bir kısmında acil olarak gerekir. Acil müdahale gerektiren kırıklar; açık kırıklar, redükte edilemeyen kalça çıkıkları, ilerleyici nörolojik defisit ve vasküler yaralanmalardır. Diğer tüm kırıkların tedavisi elektif olarak yapılabilir. Yaralanma sonrasında ilk 3 hafta içinde kırık redüksiyonu daha kolay yapılır ve yapılan cerrahi tespit sonuçları daha yüz güldürücüdür. Açık redüksiyon ve içeriden tespit yapılan vakaların sonuçları %75-81 oranında iyi-mükemmel olarak raporlanmıştır.

Asetabulum kırıklarının cerrahi tedavi endikasyonları;

#### Hastaya bağlı faktörler

1. Yaralanmadan 3 haftadan daha az süre geçmiş olması
2. Fizyolojik olarak stabil hasta
3. Yeterli yumuşak doku örtüsünün bulunması
4. Lokal enfeksiyonun olmaması

#### Kırığa bağlı faktörler

1. Yük taşıyan çatıda 2 mm'den fazla deplasman
2. İnstabil kırıklar (Arka duvarın %40'ından fazlasını içeren kırıklar)
3. Eklem içinde serbest kemik parçalarının bulunması
4. Marjinal İmpaksiyon
5. Redükte edilemeyen kırıklı çıkıklar
6. Eklem uyumunun kaybı veya ciddi deformite içeren her iki kolon kırığı

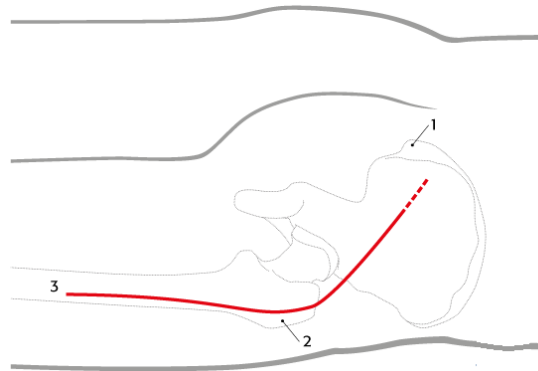
### 2.5.2.1 Cerrahi Yaklaşımlar

Asetabulum kırıklarının cerrahi tedavisinde yaklaşımı belirleyen çok sayıda faktör mevcuttur. Bunlardan en önemlileri; kırık tipi, belirgin yer değiştirmenin olduğu bölge ve cerrahi sırasında yumuşak dokunun durumudur. Cerrahi yaklaşımın en önemli özelliği anatomik redüksiyonun sağlanmasına izin verebilmesidir. En sık kullanılan cerrahi yaklaşımlar; Kocher-Langenbeck yaklaşımı (posterior,  $\pm$  trokanterik osteotomi), İlioinguinal yaklaşım (anterior), Stoppa yaklaşımı, genişletilmiş iliofemoral yaklaşımdır (genişletilmiş lateral). Sıklıkla birden fazla yaklaşım kombine olarak kullanılır. Yaklaşımın belirlenmesinde anahtar faktör; tatmin edici redüksiyona olanak verip vermeyeceğidir.

#### 2.5.2.1.1 Kocher-Langenbeck Yaklaşımı ( $\pm$ trokanterik osteotomi)

Bu yaklaşım posterior duvar ve posterior kolon için görüntüleme sağlar ve tespit ihtiyacı olan yeteri büyüklükte posterior kolon deplasmanı ve posterior duvar kırığı varlığında kullanılır (Şekil 2.16). Bu kırıklar; jukstatektal ve infratektal transvers, transvers-posterior duvar ve seçilmiş T tipi kırıkları içerir. Daha süperoposterior duvar kırığı tiplerinin bu yaklaşımla redüksiyonu zordur ve trokanterik kaydırma osteotomisi gerekebilir. Trokanter majör osteotomisi gluteus medius ve minimusun mobilizasyonuna olanak sağlar ve posterior kolonun süperior kısımlarının görüntülenmesine izin verir. Ayrıca bu yöntem ile kalça güvenli olarak disloke edilebilir ve asetabular eklem yüzeyi direk olarak değerlendirilebilir.

Kocher-Langenbeck yaklaşımı ile quadrilateral yüzey ve anterior kolon görüntülenemez fakat quadrilateral yüzey büyük siyatik çentikten koyulan redüksiyon forsepsi ile palpe edilebilir ve bu palpasyon siyatik sinirin dikkatli şekilde mobilizasyonunu gerektirir.



Şekil 2.16: Kocher-Langenbeck Yaklaşımı

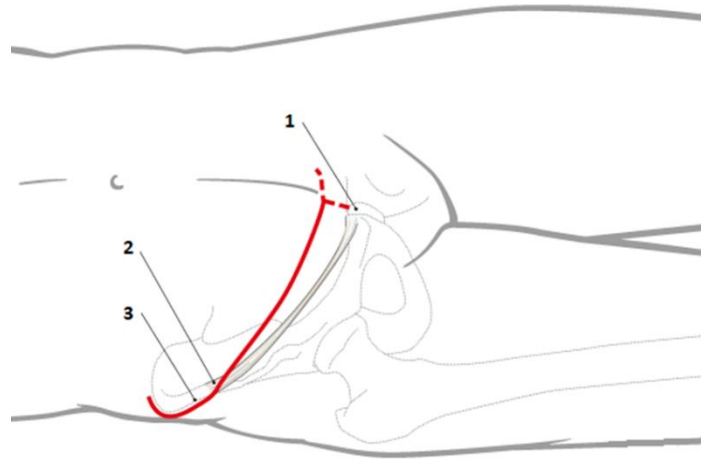
1: Spina iliaca posterior süperior

2: Trokanter majör

### 2.5.2.1.2 İlioinguinal Yaklaşım

İlioinguinal yaklaşım ile olarak 1961 yılında Letournel tarafından tanımlanmıştır ve simfizis pubisten, sakroiliak eklemin anterior kısmına kadar anterior kolonun ve pelvisin iç kısımlarının görüntülenmesine olanak sağlar (Şekil 2.17). Bu yaklaşımla ayrıca pelvik birim ve arka kolonun quadrilateral yüzeyi de değerlendirilir. İliumun anterioruna kısıtlı ulaşım da söz konusudur ve bu bölge genellikle redüksiyon kleplerinin koyulması için kullanılır. İliuma uzanan çentiği bulunan büyük posterior duvar kırıklarına bazen iliumun lateralinden ulaşılarak redüksiyon sağlanabilir.

Bu yaklaşım; tüm anterior duvar, anterior kolon ve anterior kolon-posterior hemitransvers kırıklara yaklaşım tercihidir. Çoğu ilişkili her iki kolon kırığına da yine bu yaklaşım ile müdahale edilebilir. Bu yaklaşımın en önemli faydası; orta pencereden intakt iliumun pelvik brim boyunca anterior kolon ve posterior kolon ile ilişkili olan bağlantı noktasına erişime izin vermesidir. Yalnızca orta pencere kullanılarak limitli yaklaşım uygulanabilir.

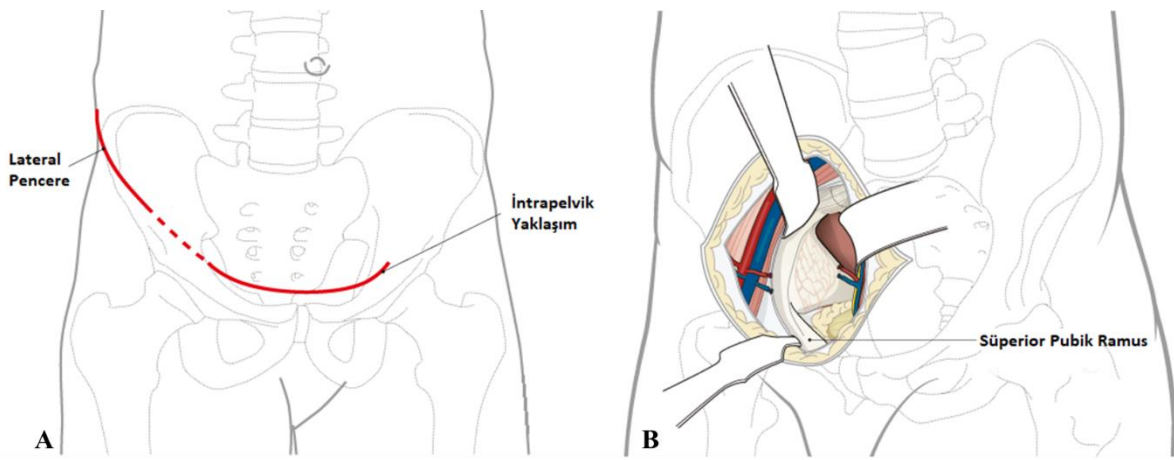


Şekil 2.17: İlioinguinal Yaklaşım

- 1: Symfizis Pubis
- 2: Spina iliaca anterior superior
- 3: Gluteus medius izdüşümü

### 2.5.2.1.3 Modifiye Stoppa Yaklaşımı

Modifiye Stoppa yaklaşımı, ilioinguinal yaklaşımın mediale doğru genişletilmiş şeklidir (Şekil 2.18). Bu yaklaşım; kuadrilateral yüzeye, medialden doğrudan erişim için kullanılır. Rektus abdominis, orta hattından vertikal olarak açıldıktan sonra kuadrilateral yüzeye “Retzius” boşluğundan dik bir şekilde erişim sağlanmış olur. Bu yaklaşımın laterale doğru uzatılması, kuadrilateral yüzey boyunca yerleştirilecek vidaların koyulmasına olanak sağlar. Bu vidalar eksternal iliak arterin posteriorundan koyulurlar. Diğer yandan anterior duvarın tespit edilmesi ve anterior kolona direkt ulaşım bu yaklaşım ile kısıtlıdır.



Şekil 2.18: Modifiye Stoppa Yaklaşımı

A: Cilt Kesisi

B: İntraabdominal Görünüm

### 2.5.2.1.4 Genişletilmiş İliofemoral Yaklaşım

Genişletilmiş iliofemoral yaklaşım, asetabulumun her iki kolonuna erişime izin verir. İliak kanadın lateralinin ve internal iliak fossanın direkt görüntülenmesi sağlanır. Endikasyonları; yüksek (transtektal) T-tipi kırıklar ve posterior duvar veya kolonun parçalı kırığının mevcut olduğu ilişkili her iki kolon kırıklarıdır. Tüm bu kırıklar; eklem yüzünün doğrudan görüntülenmesini ve anatomik redüksiyonun sağlanmasını gerektirir. Sadece bu yaklaşım ile sakroiliak eklemine erişilebilir. Bu yaklaşımın kullanımı son yıllarda giderek azalmaktadır.

### **2.5.2.1.5 Aşamalı çift yaklaşımlar**

Kocher-Langenbeck yaklaşımı ve ilioinguinal yaklaşım, doğru şekilde uygulandığında, her iki kolona da erişim sağlar fakat kırık tipine ve parçalanmasına bağlı olarak cerrahi sahanın arkasındaki kolona erişim kısıtlı olabilir. Bu da karşı kolonun redüksiyonunu zorlaştırır. Örneğin bir anterior kolon posterior hemitransvers kırıkta; kırığın her iki kolunda da ciddi yer değiştirme olduğunda redüksiyonun sağlanması için ikinci bir kesi gerektiği düşünülebilir. Fakat tam olarak kullanılan bir yaklaşım genellikle yeterlidir. Kombine yaklaşımlarla tedavi edilen hastaların yaklaşık %33'ünde abduktör kas zayıflığı olduğu bildirilmiştir.

### **2.5.2.1.6 Perkutan Tespit**

Perkutan fiksasyon teknikleri; açık cerrahiye bağlı morbiditeleri önleyebilen ve anatomik redüksiyona yakın bir redüksiyon sağlayabilen kullanılabilir seçenekler olarak ortaya çıkmıştır. Genellikle minimal deplase kırıklarda, morbid obez hastalarda ve total kalça artroplastisine (TKA) yönelik aşamalı protokolün bir parçası olarak kullanılırlar ve direk radyografi veya BT eşliğinde uygulanırlar. Perkutan veya limitli açık yaklaşımlar özellikle cerrahiye ve uzun süreli immobilizasyonu tolere edemeyecek yaşlı hasta popülasyonunda kullanışlıdır (7).

## **2.6 Geriatrik Asetabulum Kırıkları**

Ortalama sağlık ve yaşam beklentisinin artması ile birlikte 1980'li yıllardan bu yana yaşlılarda görülen asetabulum kırıkları giderek artmaktadır. Geriatrik hasta popülasyonunun sahip olduğu çoklu komorbiditeler ve potansiyel olarak kırılabilir fizyolojik rezervleri nedeniyle uygulanacak olan cerrahi işlemler yüksek oranda morbidite ve mortaliteye neden olmaktadır. Ek olarak bu hasta grubunun sahip olduğu osteoporotik, zayıf kemik stoğu gelişen implant teknolojisine rağmen ideal cerrahi tedaviyi zorlaştırmaktadır (10). Bu nedenle; cerrahi olmayan tedavi yöntemleri geçmişte öncelikli olarak tercih edilse de sonuçları kötüdür. Son yıllarda yapılan birçok çalışma; yaşlılarda yapılan açık redüksiyon ve içten tespitinin sonuçlarının başarılı olduğunu göstermektedir. Cerrahinin hedefi, genç hastalarda olduğu gibi, hızlı mobilizasyonu sağlamak ve temel fonksiyonel seviyeyi yeniden kazandırmaktır.

Genç nüfusta görülen asetabulum kırıkları genellikle yüksek enerjili travma nedeniyle oluşurken, yaşlılar da ise düşük enerjili çökme kırıkları olarak görülür. Asetabular kırık; trokanter majör üzerine düşmeye bağlı olarak bu bölgeye doğrudan gelen kuvvetle oluşur. Bu kuvvet; genellikle anterior kolonun ve kuadrilateral yüzeyin kırılmasına, ve sonuçta femur başının mediale yer değiştirmesine ve değişen derecelerde anteromedial kubbe çökmesine (Martı İşareti) neden olur. Bu yaş grubunda asetabulumun kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren anterior kolon posterior hemitransvers (AKPHT) kırıkları en sık görülen kırık tiplerinden biridir (7).

AKPHT asetabulum kırıkları; tüm asetabulum kırıkları içerisinde yaklaşık olarak %6.9 oranında görülse de yaşlı hasta grubunda bu oran %24.4'e kadar çıkmaktadır (11). AKPHT kırıklar; T tipi kırıkların bir alt grubu olarak değerlendirilir. Posteriodaki kırık hattı, anterior komponentin daha fazla oranda rotasyona gitmesine neden olur ve bu nedenle bu kırıklarda standart anterior kolon kırıklarına göre daha fazla yer değiştirme meydana gelir. Hemen daima; iliak kanada bağlı kalmış bir eklem yüzeyi bulunur ve posterior kolon iliak kanada bağlı kalır. Femur başının mediale darbesi ile özellikle osteoporotik yaşlı hastalarda kuadrilateral yüzeyde çok parçalı kırıkların oluşmasına neden olur (1, 7).

ElNahal ve ark. yaptıkları çalışmada titanyum örtü kullanarak kuadrilateral yüzeyi kaplamış ve anterior-posterior (AP) pelvis grafisinde, judet grafilerinde ve BT'de bu yüzeyin yerleşimini göstermişlerdir. Kuadrilateral yüzey; AP pelvis grafisinde iliopektineal ve ilioiskial hat arasındaki alandır ve yukarıda spina iliaka anterior inferior (SİAİ) un hemen üzerine ve aşağıda tear drop'un alt ucuna kadar iner. İliak oblik grafide; anterior bitimi gözükür. Büyük siatik çentikden ilioiskial hatta uzanan ve küçük siatik çentiğin hemen üzerinde sonlanan alandır. Obtratuvar Oblik grafide; anteriorda, anterior kolon boyunca başlayan ve posterioda posterior duvara, yukarıda spina iliaka anterior süperior (SİAS) un hemen üzerine ve obtratuvar foramenin hemen altına uzanır. BT de ise SİAİ'dan obtratuvar kanalın başlangıcına kadar asetabulumun medial duvarını oluşturur (Şekil 2.19) (12).





Şekil 2.19: Kuadrilateral yüzeyin radyolojik belirteçleri

A: AP Pelvis grafisi

B: İliak oblik grafi

C: Obtratuvar oblik grafi

Kuadrilateral yüzeyin anatomik redüksiyonu ve sağlam tespitini sağlamak, femur başının mediale deplasmanın engellemek tedavi sonrasında başarılı bir sonuç elde etmek için çok önemlidir. Diğer yandan kuadrilateral yüzeyin ince yapısı, kemik stoğunun yetersiz olması ve osteoporoz varlığında parçalı kırıklarının görülmesi nedeniyle tespiti oldukça zordur. White ve ark. 1956-2012 yılları arasında kuadrilateral yüzey kırıklarının cerrahi tedavisi ile ilişkili yayınları incelemiş ve bu bölgenin kırıklarında tespit yöntemi olarak tek başına lag vidaları, perkütan vidalar, plak-vida tespit yöntemleri, serkilaj telleri ve kablolar kullanıldığını bildirmiştir. Son yıllarda en çok tercih edilen yöntem ise plak-vida ile tespittir. Plak-vida ile tespit uygulanması sırasında, vidaların ekleme penetrasyonunun engellenmesi en önemli hedeflerden biridir (3). Bunun sağlanması ise kırığın doğru değerlendirilmesi ve kırığın yeterince görüntülenmesini sağlayan doğru cerrahi yaklaşım ile mümkündür.

AKPHT kırıklara; hasta supin pozisyonda iken, anteriordan ilioinguinal olarak yaklaşılır ve diseksiyon ile ekstraartiküler alanı gören 3 pencere oluşturulur. Bu yaklaşımda cerrah, yalnızca anterior kolonu görür ve posterior kolona tespit sağlar (4). Suprapektineal olarak yerleştirilen plak ve üzerinden koyulan vidalar ile posterior kolon yakalanmaya çalışılır. Kuadrilateral yüzeyin ekleme çok yakın olması, gerçek pelvis içindeki derin yerleşimi ve özellikle yaşlılarda az kemik stokunun olması nedeniyle bu yöntem ile tespiti zordur ve kuadrilateral yüzeyin redüksiyonu femur başının pelvis içine deplasmanının engellenmesi ve başarılı cerrahi sonuç elde etmek için büyük önem taşır (5). İlioinguinal yaklaşımda her ne kadar büyük miktarda kas kesisi yapılmassa da açılım sırasında ortopedik cerrahlar tarafından alışılmadık yapılarla karşılaşılır ve özellikle orta pencere açılırken komplikasyon gelişme riski yüksektir (13). Bu yaklaşımın en önemli dezavantajları; diseksiyona bağlı uzayan cerrahi süresi, askıya aldıktan sonra uygulanan traksiyona bağlı gelişen ve laserasyon ve trombozisin görülebildiği femoral arter/ven ve diğer damarlar

yaralanmaları ile femoral ve obtratuvar sinir yaralanmalarıdır. Ayrıca cerrahi sonrası herni görülebildiği de bildirilmiştir. Daha önce yerleştirilmiş suprapubik kateter varlığında da enfeksiyon riski nedeniyle bu yaklaşım uygulanamaz. Abdominal distansiyonun varlığı, ileus ve abdominal rijiditeye neden olan diğer durumlarda bu yaklaşım için kontraendikasyon oluşturur (7).

Son yıllarda kuadrilateral yüzeyin doğrudan görüntülenebildiği ve eklem yüzeyinin yeterli redüksiyonunun sağlanabildiği Modifiye Stoppa yöntemi uygulanarak yapılan intrapelvik yaklaşım, asetabulumun AKPHT kırıklarının tespitinde giderek popüler hale gelmeye başlamıştır (14). Bu yaklaşım ile tüm pelvis ve asetabulumun iç yüzeyine erişilir. Modifiye Stoppa yaklaşımı; lateral femoral kutanöz sinirin korunması, femoral vasküler yapıların diseksiyonunun gerekmemesi ve kuadrilateral yüzeye erişim açısından ilioinguinal yaklaşıma üstündür (7). Tüm bu teknik üstünlükler daha az kanamaya, kısa süreli cerrahiye ve daha anatomik redüksiyonun sağlanmasına olanak sağlar. Gerektiği takdirde ise ilioinguinal yaklaşımın lateral penceresi bu yaklaşıma eklenebilir (14). Bu yaklaşım da ilioinguinal yaklaşım gibi ekstraartiküler yaklaşımdır, posterior yapılara doğrudan ulaşım sağlamaz ve dolaylı redüksiyon manevraları gerektirir. Daha önce yerleştirilmiş suprapubik kateter varlığında enfeksiyon riski nedeniyle bu yaklaşım uygulanamaz. İlioinguinal yaklaşımın kontraendike olduğu durumlar, modifiye Stoppa yaklaşımı için de geçerlidir.

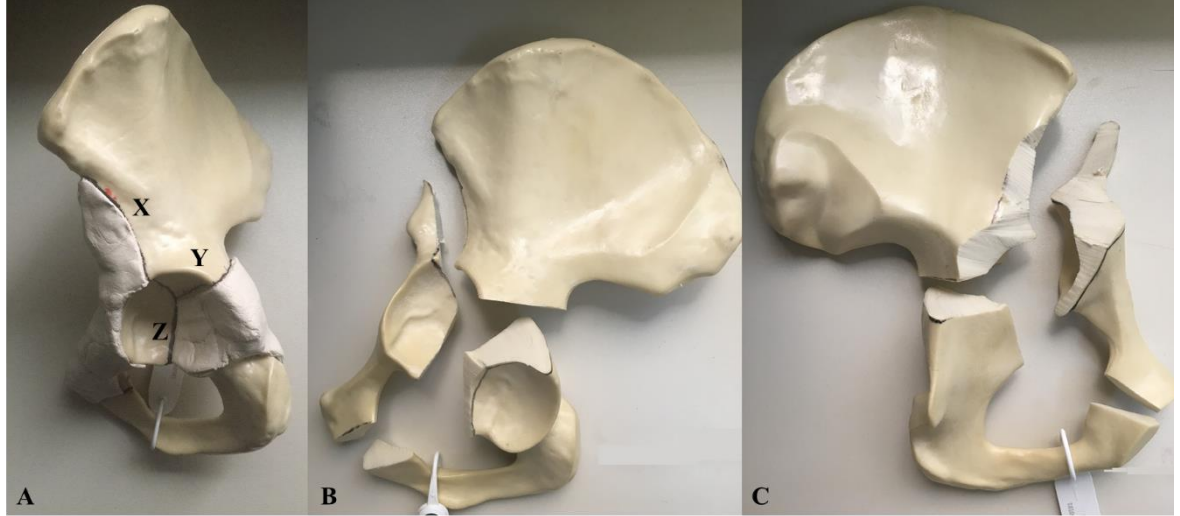
Modifiye Stoppa yaklaşımı, ilioinguinal yaklaşıma özellikle fizyolojik rezervi kırılğan, komorbiditeleri bulunan yaşlı hasta grubunda teknik bakımdan üstün olarak değerlendirilebilmektedir fakat cerrahi sonrasında elde edilecek başarılı sonucun anatomik redüksiyon ve sağlam bir tespite bağlı olduğu unutulmamalıdır. Literatürde; asetabulumun AKPHT kırıklarında, sıklıkla tek başına ilioinguinal yaklaşım, tek başına modifiye Stoppa yaklaşımı veya her iki yaklaşım kombine olarak kullanılsa da, hangisi ile uygulanan tespit yönteminin daha sağlam bir asetabulum ve pelvis sağladığı üzerinde fikir birliğine varılamamıştır. Bu nedenle konu ile ilgili gerek kadavra gerekse de sert plastik pelvis maketleri üzerinde gerçekleştirilmiş biyomekanik çalışmalar ön plana çıkmaktadır.

### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

#### 3.1 Model Hazırlığı

Bu çalışmada 21 adet, poliüretan köpükten özel olarak üretilmiş; trabeküler kemik yapısına benzeyen bir iç yapı ve bu yapıyı çevreleyen, kortikal kemiği taklit eden sert bir dış kabuğa sahip sol hemipelvis modelleri (Synbone AG, Malans, İsviçre, Model No: 4033) kullanıldı. Modeller temel olarak ortopedik cerrahi eğitim ve biyomekanik çalışmalar için kullanılmış ve literatürde daha önce yayınlanmış birçok çalışmada güvenli bir şekilde kullanılmıştır (KAÇIRA, TANOĞLU). Kullanılan bu modeller ile asetabulum anatomisi açısından deneysel örnekler arasındaki değişkenlik en aza indirilmiş ve tek tip model kullanılarak, implant tespitinde oluşabilecek yapısal farklılıklar ortadan kaldırılmış ve her tespit yönteminde homojen çalışma gruplarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Yirmi bir adet hemipelvis modelinde referans noktalar yardımıyla standart olarak Letournel-Judet sınıflandırmasına göre “anterior kolon posterior hemitransvers kırık” oluşturuldu ve kırık hatları x, y ve z olmak üzere tanımlandı. (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Sol Hemipelvis Modelinde Oluşturulan Kırık Modeli

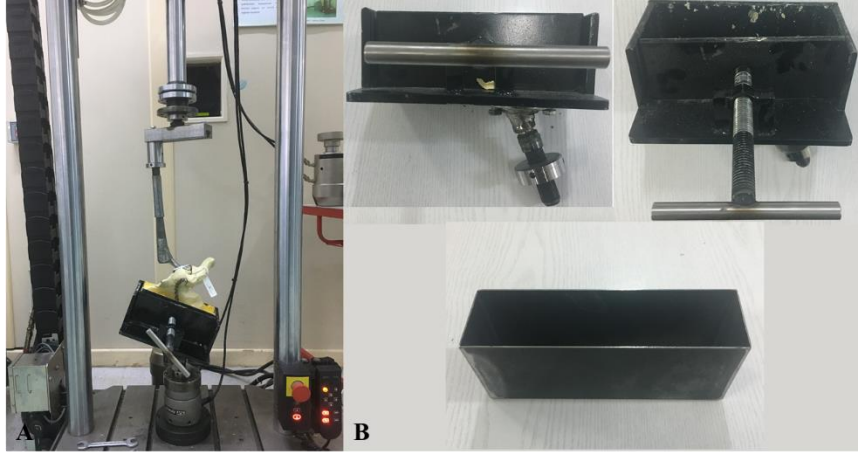
A: Kırık hatlarının heykel hamuru kullanılarak standardize çizimi ve tanımlanması

B: Kırık modelinin lateralden görünümü

C: Kırık modelinin medialden görünümü

Deneyin hazırlık aşamasında, ilk olarak üniversitemiz Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nün önerileri doğrultusunda asetabulumu uygulanacak fizyolojik yüklenmenin taklit edilmesi amacıyla metal bir düzenek oluşturuldu (Şekil 3.2). Metal düzenek; hemipelvis modellerine fizyolojik yüklenmenin sağlanabileceği şekilde açı verilerek ayarlanmış, içine koyulan kutuyu sıkıştırmaya izin veren, hazne görevi gören bir

metal kutudan oluşmaktaydı. Fizyolojik yüklenme modeli ileride tarif edilmiştir. Her deneyde aynı metal düzenek kullanıldı.



Şekil 3.2: Deneysel Düzenek

A: Deneysel düzenek Instron cihazı üzerindeki pozisyonu

B: Metal kutu düzenek ve kemik modellerinin içine gömüldüğü kutu örneği

Hemipelvisler; metal düzenek içine yerleştirilen ve sıkıştırılarak sabitlenen birbirinin aynısı metal kutulara; dental modelleme kireci (Denstone 3, Ankara, Türkiye) ile hazırlanan harç içine gömülerek sabitlendi ve böylelikle yüklenme sırasında oluşarak ölçümü bozacak koronal ve sagittal plandaki yer değiştirme engellendi. Asetabulumaya yük iletimini sağlamak için 54 mm bipolar başa sahip femoral stem kullanıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Asetabulumaya Yük İletimini Sağlayan Femoral Stem ve Baş

Hem metal düzenek hem de femoral stem biyomekanik ölçüm cihazına 20x1.5mm'lik üstü düz cıvata kullanılarak adapte edildi. Düzenekün uygunluğu; yapılan ön deneylerden elde edilen grafiklerin değerlendirilmesi ile doğrulandı. Böylelikle her deney öncesi değişmeyen bir deneysel model düzenekü oluşturulmuş oldu.

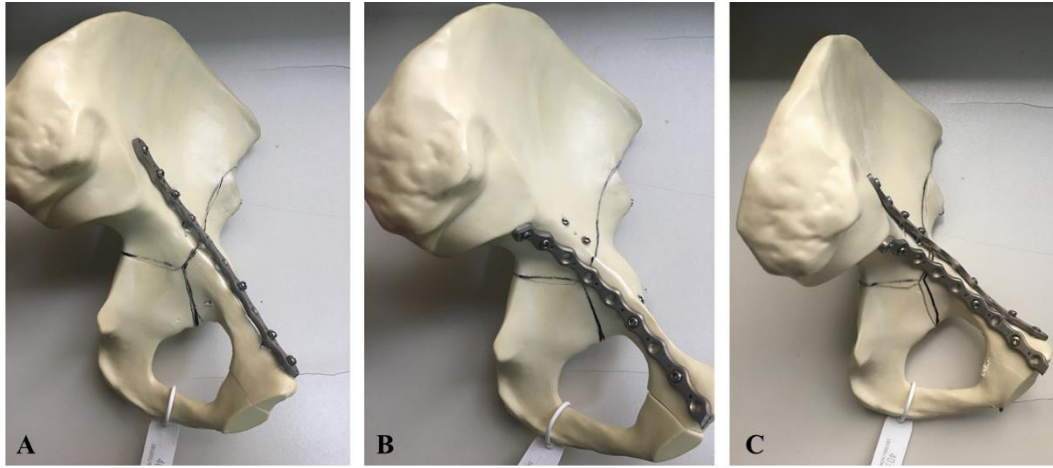
### 3.2 Çalışma Grupları

Hemipelvis modellerinde oluşturulan “anterior kolon posterior hemitransvers” asetabulum kırıkları, üç farklı homojen tespit grubu oluşturularak, değişik şekillerde ve her grup için standart bir protokol kullanılarak tespit edildi. Her grupta yedi adet pelvik model kullanıldı:

Grup 1: Suprapektineal yerleşimli 3,5 mm lik pelvik C şekilli rekonstrüksiyon plağı (Cytronics, Bursa, Türkiye) ve kortikal vidalar ile tespit, anterior kolona proksimal 3,5 mm’lik serbest vida tespiti (Şekil 3.4-A, Şekil 3.5)

Grup 2: 2 adet kortikal arka kolon vidası ve ön kolona infraasetabular koridordan yerleştirilmiş 1 adet kortikal vida ile desteklenen infrapektineal yerleşimli 3.5 mm’lik pelvik rekonstrüksiyon plağı (Cytronics, Bursa, Türkiye) ile tespit, anterior kolona proksimal 3,5 mm’lik serbest vida tespiti (Şekil 3.4-B, Şekil 3.5)

Grup 3: Suprapektineal yerleşimli 3,5 mm lik pelvik C şekilli rekonstrüksiyon plağı (Cytronics, Bursa, Türkiye) ve infrapektineal yerleşimli 3.5 mm’lik pelvik rekonstrüksiyon plağı (Cytronics, Bursa, Türkiye) ve kortikal vidalar ile tespit, anterior kolona proksimal 3,5 mm’lik serbest vida tespiti (Şekil 3.4-C, Şekil 3.5)



Şekil 3.4: Çalışma Gruplarının Tespit Sonrası Görünümü

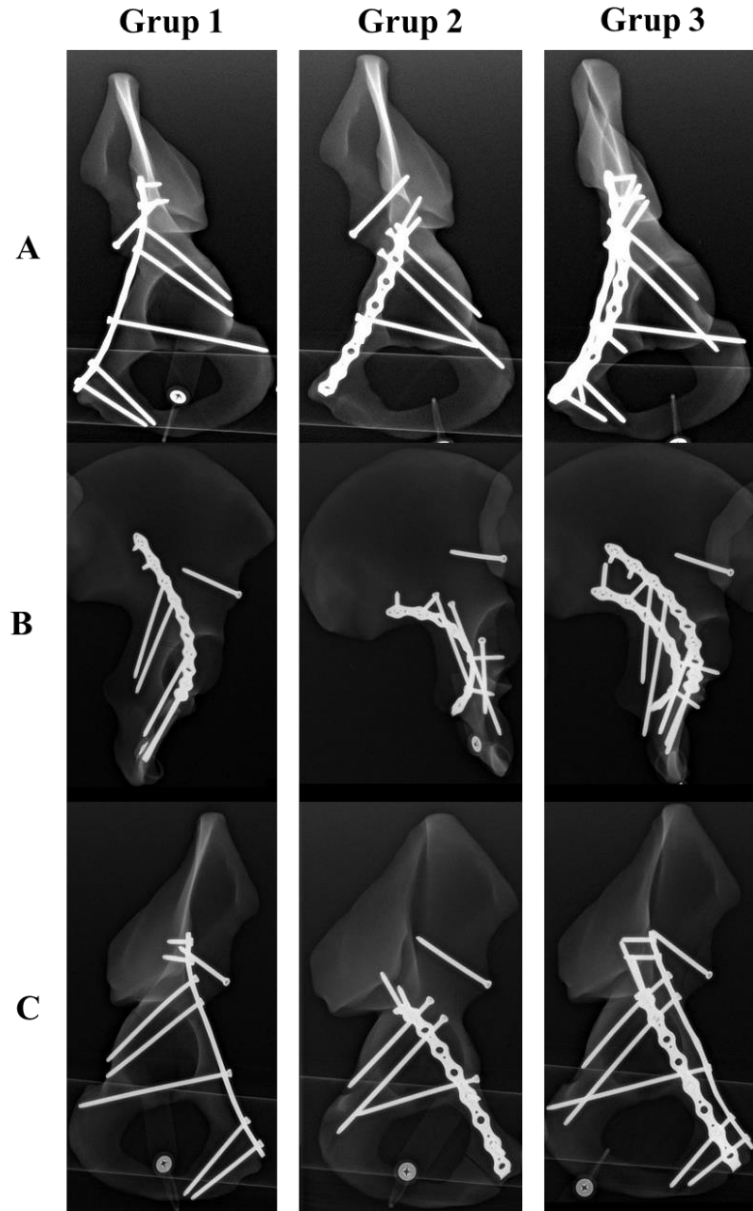
A:Suprapektineal tespit (Grup 1)

B: Arka ve ön kolon vidaları ile desteklenmiş infrapektineal tespit (Grup 2)

C: Suprapektineal ve infrapektineal kombine tespit (Grup 3)

Suprapektineal ve infrapektineal bölgeden uygulanan plaklar, tespit öncesinde anatomik olarak şekillendirildi. 1. Grupta kırık redükte edildikten sonra suprapektineal bölgeye yerleştirilen plak; proksimalde iliak kanada 2 adet, distalde ise süperior pubik ramus’a 2 adet kortikal vida ile tespit edildi. Sonrasında posterior kolona plak üzerinden

kuadrilateral yüzeyi destekleyecek şekilde 2 adet kortikal vida ve anterior kolona yine plak üzerinde kuadrilateral yüzeyi destekleyecek şekilde infraasetabular koridordan 1 adet kortikal vida yerleştirildi. 2. Grupta kırık redüksiyonu sonrası infrapektineal olarak yerleştirilen plak, proksimalde sakroiliak ekleminden hemen distalinden 2 adet kortikal vida ve distalde superior pubik ramus'a 2 adet kortikal vida ile tespit edildi. Kuadrilateral yüzeyi destekleyen posterior kolon vidaları ile anterior kolon vidası 1.grup ile aynı şekilde serbest olarak yerleştirildi. 3. Grupta ise her iki tespit yönteminin kombinasyonu uygulandı. Çalışmada kullanılan implantların hepsi titanyumdur.



Şekil 3.5: Çalışma Gruplarının Direk Radyografik Görüntüsü

A: AP pelvis grafisi

B: İliak oblik grafi

C: Obtratuvar oblik grafi

### 3.3 Biyomekanik Test Konfigürasyonu

Çalışma gruplarında uygulanan farklı tespit yöntemleri, biyomekanik olarak bir adet otomatik materyal test makinesi (Instron Model No:8874; Instron Corp, Canton, MA) kullanılarak vertikal yüklenme altında karşılaştırıldı. Bütün modeller için, daha önce belirtildiği üzere metal düzenek kullanıldı ve hemipelvis modelleri aynı metal düzenek kullanılarak her deney öncesi Instron cihazının uygun konfigürasyonu sağlanarak sabitlendi. Bu sabitleme sırasında tüm hemipelvisler yükün ERK ile aynı doğrultuda ve açıda ( $13^{\circ}$ ) asetabulumuna iletilmesini sağlayacak şekilde standart olarak pozisyonlandı. Elde edilen biyomekanik ölçümün standardize edilmesi ve implant üzerinden geçen yükün tam olarak ölçülebilmesi için standart pozisyon tüm deneylerde; kuvvet uygulayan bipolar baş, asetabulum ve ölçümü algılayan yük ünitesinin hem ön-arka planda hem de yan planda aynı dikey ekseninde olacağı şekilde, hizalama çubuğu kullanılarak ayarlandı (Şekil 3.2). Her deney öncesi 100 Newton (N) gücünde kompresyon uygulanarak ölçüm hücresine bağlı hemipelvis modeli ile femoral stem arasında sıkıştırma işlemi yapıldı ve sonrasında 50 N ön-yükte test makinesinin mesafe değişikliğini tespit indikatörü sıfırlandı.

Biyomekanik kompresyon testi, 5mm/dk ölçüm aralığında gerçekleştirildi ve yetmezlik gelişinceye kadar aksiyel yüklenmeye devam edildi. Kuvvet-deplasman grafiğinde tepe noktasından sonra düşüşün görülmesi ve bu düşüşün uzun süre takipte devamlı olması halinde implant yapısı ve sistemin yapısının bozulması nedeniyle yetmezlik geliştiği kabul edildi ve test sonlandırıldı.

### 3.4 Mekanik Ölçümler

Statik yüklenme modelinde mekanik ölçüm sırasında değerlendirilen parametre:

1. Dayanıklılık (Strenght): Yetmezlik gelişinceye kadar uygulanan kuvvet miktarıdır. Biyomekanik kompresyon testi sırasında tek ve/veya birkaç vidanın vida başının veya yivlerinin kırılması, plağın tespit yerlerinden ayrılması, kırık hattında 3 mm'den fazla deplasman yetmezlik olarak kabul edildi.

Deney düzeneğinde implantlara hem kompresyon kuvvetleri hem de bükülme kuvvetleri etki etmiştir. Anatomik olarak kuvvet uygulaması yapılmış ve kalça eklemine rotasyon merkezinden ölçüm alınmıştır.

### 3.5 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel olarak, grupların birbirleri arasında homojen dağılım gösterip göstermediğini tespit etmek için Levene testi kullanıldı. Grupların kendi içindeki dağılımlarının normal olup olmadığı ise Saphiro-Wilk testi ile belirlendi. Gruplar arasında implant yetmezliği oluşumuna neden olan kuvvet miktarları arasında fark olup olmadığı her parametre öncesinde Levene testi uygulandıktan sonra varyans analizi (ANOVA) testinin post-hoc Tukey testi kullanılarak belirlendi. Tüm analizler %95 güven aralığında gerçekleştirildi. Veriler, bilgisayar tabanlı veri analiz programı olan SPSS (Statistical Package for Social Sciences, versiyon 11.5, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) kullanılarak analiz edildi ve P değeri 0.05'in altında olan değerler anlamlı olarak kabul edildi.



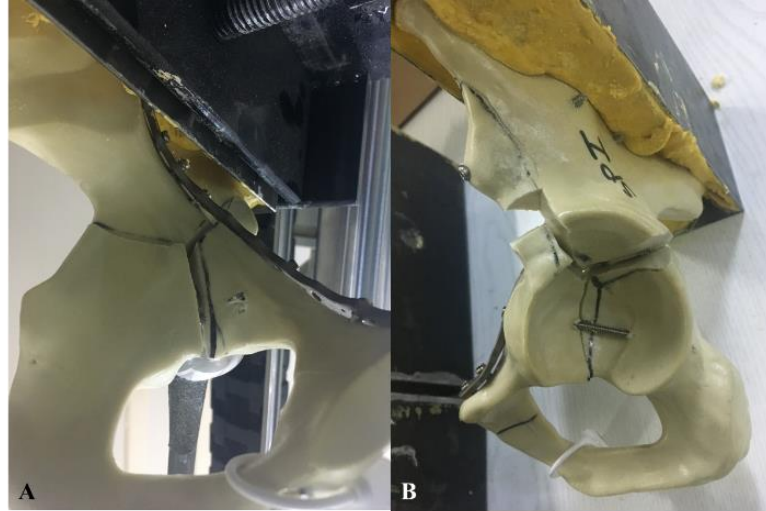
## 4.BULGULAR

Her hemipelvis modelinin tespiti sırasında, deney öncesi hazırlık aşamasında ve deney sırasında herhangi bir mekanik veya teknik sorunla karşılaşmadan bütün modeller için biyomekanik deney başarıyla uygulandı.

### 4.1 Grup Ortalamaları

#### 4.1.1 Grup 1

Grup 1 için implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı  $2922 \text{ N} \pm 609 \text{ N}$  ( $2350 \text{ N} - 3872 \text{ N}$ ) olarak belirlendi. En sık tespit edilen implant yetmezliği, iliak kanata uzanan “X” kırık hattında ayrılma ve iliak kanatta kırık (3/7) olarak belirlendi. Ek olarak hemitransvers kırık hattı “Y” de ve X hattında ayrılma (2/7), X hattında ayrılma (1/7) ve asetabulum anterior inferioruna uzanan kırık hattı “Z” ve X hattında ayrılma (1/7) bu grup için kaydedildi (Şekil 4.1).



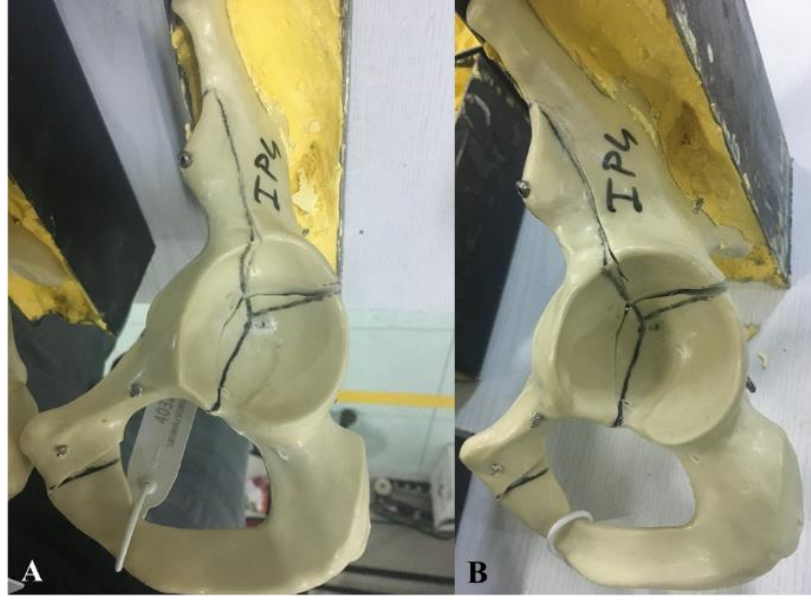
Şekil 4.1: Birinci grupta implant yetmezlikleri

A: Medialden Görünüm: Z hattında ayrılma

B: Lateralden görünüm: X hattında kırık ve Y hattında ayrılma

#### 4.1.2 Grup 2

Grup 2 için implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı  $2019 \text{ N} \pm 362 \text{ N}$  ( $1323 \text{ N} - 2394 \text{ N}$ ) olarak belirlendi. En sık tespit edilen implant yetmezliği “Y” hattında ayrılma ve kuadrilateral yüzeyde tüm yönlere ayrılma (3/7) olarak belirlendi. Ek olarak Z hattında ayrılma ve kuadrilateral yüzeyde tüm yönlere ayrılma (2/7) ve Y hattında ayrılma (2/7) bu grup için kaydedildi (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: İkinci grupta implant yetmezlikleri  
A ve B: İliak kanada giden hatta ve hemitransvers kırık hattında ayrışma

### 4.1.3 Grup 3

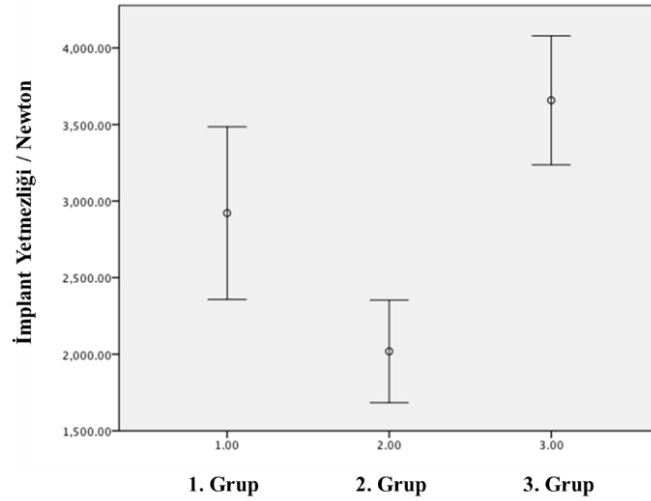
Grup 3 için implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı  $3658 \text{ N} \pm 456 \text{ N}$  ( $2956 \text{ N} - 4349 \text{ N}$ ) olarak belirlendi. En sık tespit edilen implant yetmezliği “Y” hattından ayrılma (4/7) olarak belirlendi. Ek olarak “X” hattından ayrılma (1/7), Y ve Z hattından ayrılma (1/7) ve X,Y ve Z hatlarından ayrılma ve kuadrilateral yüzeyde ayrışma (1/7) bu grup için kaydedildi (Şekil 4.3).



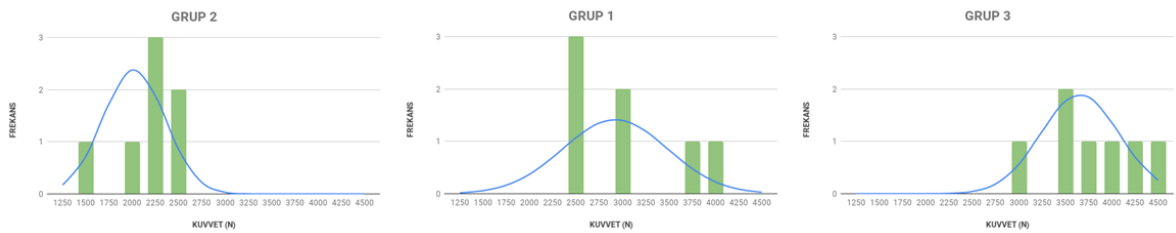
Şekil 4.3: Üçüncü grupta implant yetmezlikleri  
A: İliak kanada giden X hattında ayrışma  
B: X ve Y hattında ayrışma ile yetmezlik gelişimi

## 4.2 Mekanik Sonuçlar

Gruplar arasında implant yetmezlikleri incelendiğinde, dayanıklılık ortalamasının (implant yetmezliği oluşturan kuvvet) grup 3’de en yüksek olduğu, bunu sırasıyla grup 1 ve grup 2’nin takip ettiği görüldü (Şekil 4.4). Gruplar içerisindeki modellerin dayanıklılığı tek tek incelendiğinde ise en az dayanıklılığa sahip olan gruptan, en yüksek dayanıklılığa sahip olan gruba doğru gidildikçe kuvvet-frekans eğrisinin belirgin şekilde sağa kaydığı belirlenmiştir (Şekil 4.5). Buna göre grup 2’den sırasıyla grup 1 ve grup 3’e doğru gidildiğinde kuvvet-frekans eğrisinin belirgin şekilde sağa kaydığı görülmektedir. Buna göre ikinci grupta en çok implant yetmezliği 2000-2500 N arasında görülürken (6/7), aynı kuvvet aralığında üçüncü grupta hiç implant yetmezliği tespit edilmemiştir. Bu sağa kayma göreceli olarak üçünü grubun dayanıklılığının daha fazla olduğunu göstermektedir.

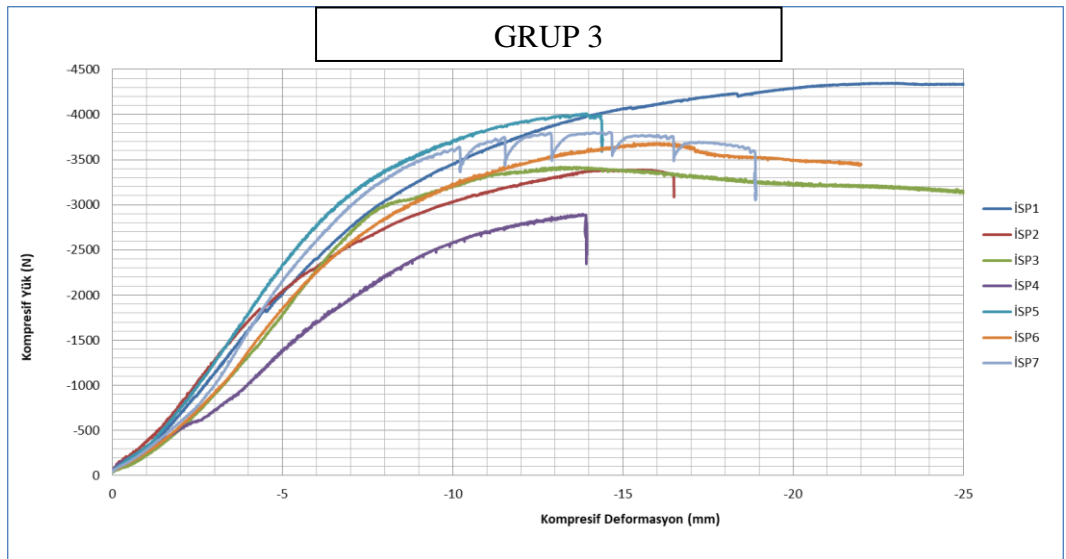
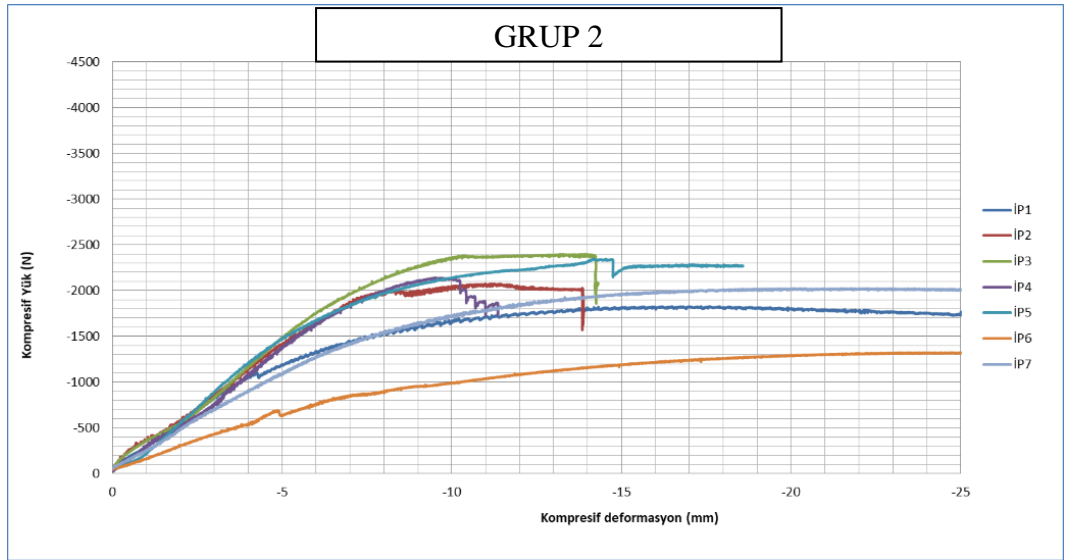
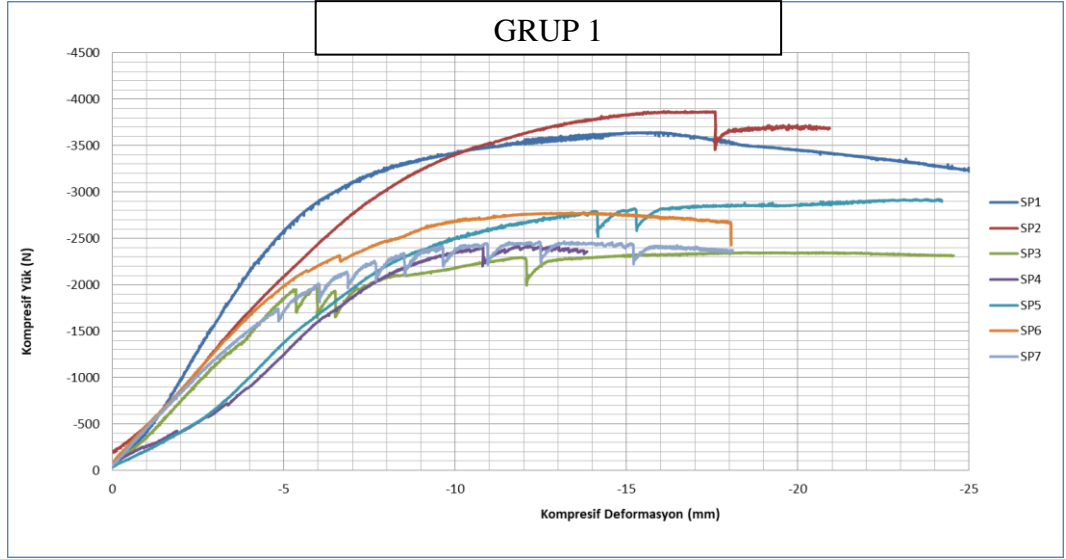


Şekil 4.4: Gruplar arasında implant yetmezliğine neden olan ortalama kuvvet miktarları ve standart sapmaları



Şekil 4.5: Her grup içerisinde implant yetmezliğine sebep olan kuvvet aralıkları ile frekans eğrisi

Bütün gruptaki biyomekanik deneylerin kuvvet-deformasyon grafikleri Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Her grup için kuvvet-deformasyon grafikleri

### 4.3 İstatistiksel Sonuçlar

İmplant yetmezliğine neden olan kuvvet miktarları değerlendirildiğinde, gruplar arasında ve her grup içerisinde homojen bir dağılım tespit edildi (Tablo 4.1)

Tablo 4.1: Her grup için kuvvet-deformasyon grafikleri

<b>Gruplar Arası Dağılım</b>	<b>İmplant Yetmezliği</b>		
Levene *	0,335		
<b>Gruplar içi dağılım</b>	<b>Grup 1</b>	<b>Grup 2</b>	<b>Grup 3</b>
Saphiro-Wilk*	0,145	0,325	0,994

\*Kullanılan testler ve tespit edilen P değerleri

Gruplar arasında, implant yetmezliği oluşturan kuvvetler dikkate alınarak dayanıklılıklar karşılaştırıldığında, en dayanıklı tespitin suprapektineal ve infrapektineal tespitin birlikte uygulandığı grup 3'te sağlandığı görüldü. Grup 1'in dayanıklılığının anlamlı olarak grup 3'ten az olduğu ve grup 2'nin dayanıklılığının ise anlamlı olarak diğer gruplardan daha az olduğu tespit edildi.

Tablo 4.2: Grupların kendi aralarında dayanıklılık yönünden karşılaştırılmaları

<b>Dayanıklılık</b>	<b>Grup 1</b>	<b>Grup 2</b>	<b>Grup 3</b>
<b>Grup 1</b>		<b>p &lt; .01</b>	
<b>Grup 2</b>			<b>p &lt; .01</b>
<b>Grup 3</b>	<b>p &lt; .05</b>		

Anlamlı P değerleri koyu yazılmıştır.

## 5.TARTIŞMA

### 5.1 60 Yaş Üstü Hastalarda Görülen Asetabulum Kırıkları

Dünya nüfusu giderek yaşlanmakta ve yaşlı nüfus daha aktif bir hayat sürmektedir. Yaşlı nüfusun tipik olarak sahip olduğu komorbid hastalıklar ve düşük kemik kalitesi, bu popülasyonu ortopedik travmalara açık hale getirmektedir (15). Dünya genelinde tüm osteopenik kırıkların, özellikle kalça kırıklarının, prevalansı artmaktadır. Özellikle 60 yaş üzerindeki nüfusta asetabulum kırıklarının görülme sıklığı son 25 yılda 2.4 kat artmıştır ve asetabulum kırığı olan tüm hastaların içinde sayısı en hızlı artmakta olan grup geriatric hasta grubudur.

Geriatric hasta grubunda asetabulum kırığının oluşma mekanizması genç hasta grubundan oldukça farklıdır. Ferguson ve ark yaptıkları çalışmada; 60 yaş üzerindeki hastaların %50'sinde ayakta durma yüksekliğinden düşmenin neden olduğu düşük enerjili travma nedeniyle asetabulum kırığı görülmekte iken genç nüfusta asetabulum kırığına %82 oranında yüksek enerjili yaralanmalar sebep olmaktadır (16). Genç hastalarda oluşan travma ile klasik Letournel-Judet sınıflandırmasına uyan kırıklar oluşsa da osteoporotik hasta grubunda oluşan kırıklar bu sınıflandırmaya tam olarak uymamaktadır. Osteopenik/osteoporotik kemik yapısına bağlı görülen kırılmalı kortikal yapı ve zayıflamış trabeküler kemik yapısı; çok parçalı kortikal kırıkların oluşmasına ve metafizyal impaksiyona neden olur (17). Öncelikle trokanter majör üzerine gelecek şekilde kalçanın posterolaterali üzerine düşmek; femur başını anteromedial yönde asetabulum içine iterek anterior kolonun kırılmasına, femoral başın pelvis içine medializasyonuna ve kuadrilateral yüzeyin kırıklarına, posteromedial kubbenin impaksiyonuna (marjinal impaksiyon) neden olur (15, 16). Bu nedenle anterior kolon-posterior hemitransvers kırık tipi geriatric hasta popülasyonunda görülen klasik osteopenik asetabulum kırığı tipi haline gelmiştir (16).

Kırığın değerlendirilmesine klasik olarak AP pelvis grafisi ve Judet grafileri ile başlanır. Kırığın daha iyi anlaşılması için BT ve 3 boyutlu BT rekonstrüksiyonları elde edilerek eklem yüzeyinin deplasmanı değerlendirilir. Direk grafilerde kırık saptanmayan geriatric travma hastasında kalça ağrısının devam etmesi durumunda okkült asetabular kırıkların tanısı için MR görüntüleme yapılmalıdır. Yaşlı hasta grubunda yapılan epidemiyolojik çalışmalar anterior kolon-posterior hemitransvers kırıkların %15-19 oranında görüldüğünü bildirmektedir. Radyolojik kötü sonuç belirteçleri, kubbede çökmeye

bağlı görülen “martı işareti”, eşlik eden kalça çıkığı, femur başı impaksiyon yaralanmaları, femur baş-boyun kırığı ve geçirilmiş artritik değişikliklerdir (16).

Her ne kadar düşük enerjili mekanizma ile kırık oluşsa da, yaşlı hastalar travmayı genç hastalar kadar tolere edememektedir. Literatürde yapılan çalışmalar asetabulum kırığı geçiren yaşlı hastalarda 1 yıllık mortalite oranlarının eşlik eden yaralanmalara bağlı olarak %8.1 ile %25 arasında değiştiğini göstermektedir. Mortalite oranları başvuru sırasında pelvik kırığı olan ve hipotansif hastalarda daha yüksektir. Atrofik yumuşak doku örtüsü; kanamanın cerrahi öncesinde, sırasında ve sonrasında yeterince tamponlanmasına engel olur ve erken invaziv kardiyak monitörizasyonun yapılması bu hasta grubunda önemlidir. Geriatrik travma hastalarının; geriatri uzmanları, anestezi uzmanları, hemşireler ve bakım personeli ile birlikte işbirliği içinde tedavisi gerekmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar; işbirliği içinde yapılan tedavilerin hastanede kalış süresini kısalttığını, tekrar hastaneye başvuru oranlarını azalttığını, cerrahiye kadar geçen süreyi azalttığını ve komplikasyonlar ile mortalite oranlarında düşüşe neden olarak sonuçları olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Yaşlı, asetabulum kırığı olan hastalarda başarılı bir yaklaşım ve tedavi iki temel faktöre dayanmaktadır. Bu faktörlerden ilki hastanın acile başvurusu ile başlayan ve ameliyata kadar geçen sürecin doğru şekilde yönetilmesidir. Bradburn ve ark. kendi merkezlerinde geliştirdikleri ve travma nedeniyle başvuran yüksek riskli geriatrik hastalarda uyguladıkları protokol ile bu süreçteki müdahalelerin standardize edilmesinin mortaliteyi azalttığını göstermişlerdir (18). İkinci faktör ise çeşitli şekillerde karşımıza çıkabilen geriatrik asetabulum kırıklarının, genç erişkinlerde görülen asetabulum kırıklarından farklarının göz önünde bulundurularak uygun şekilde sınıflandırılmasıdır. Her kırık tipi farklı biyomekanik özellikler göstermektedir ve uygun sınıflandırma ile standart protokol geliştirilebilir. Asetabulum kırıklarının biyomekanik özelliklerinin tam olarak anlaşılması; doğru tespit yöntemlerinin uygulanmasını sağlayacak ve cerrahi tedavi sonuçlarına olumlu katkıda bulunacaktır. Bu nedenle günümüzde geriatrik hasta popülasyonunda görülen asetabulum kırıklarının biyomekanik ve osteoporotik, düşük kaliteli kemik varlığında uygulanması gereken tespit yöntemlerinin biyomekanik sağlamlığı önemle üzerinde durulan konulardır.

## 5.2 Asetabulumun Kuadrilateral Yüzeyi İçeren AKPHT Kırıklarında Cerrahi Tedavi Seçenekleri

Geriatrik hasta grubunda görülen AKPHT asetabulum kırıklarının biyomekanik özellikleri diğer asetabulum kırıklarına göre farklıdır. Kırığın biyomekanik özelliklerini doğru değerlendirmeden yalnız cerrahi yöntemle yapılan tespit erken dönemde morbidite ve mortaliteye neden olmakta, geç dönemde ise farklı cerrahi girişimlerin gerekmesine yol açmaktadır. Cerrahi tedavinin amacı; doğal kalça fonksiyonunun korunması, erken ve geç dönem komplikasyonların önlenmesi için hızlı mobilizasyonun sağlanmasıdır. Genç hastalarda yapılan çalışmalar; asetabulum kırıklarında anatomik redüksiyonun önemini vurgularken 60 yaş üzerindeki hastalarda anatomik redüksiyonu sağlamayı zorlaştıran birçok faktör mevcuttur. Bunlar; çatı/kubbe impaksiyonu, kuadrilateral yüzey tutulumu ve buna bağlı femoral başın pelvis içine deplasmanı ve femur başı impaksiyonudur. Arka duvarı ilgilendiren kırıklarda ise parçalı kırık oluşma ihtimali ve marjinal impaksiyon genç hastalara göre daha sıktır. Matta ve Miller ayrı ayrı yaptıkları çalışmada 65 yaş üstü hastaların yalnızca %44 ve %58'inde anatomik redüksiyon sağlayabildiklerini bildirmişleridir (19).

Kuadrilateral yüzeyin cerrahi olarak tespiti ve böylelikle femur başının mediale deplasmanın engellenmesi cerrahi tedavinin önemli bir aşamasıdır. White ve ark. yaptıkları literatür taramasında 1956 yılından 2012 yılına kadar yayınlanmış kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren kırıklarda kullanılan tedavi yöntemlerini incelemişler ve tarihsel süreçte birçok cerrahi tespit yönteminin kullanıldığını göstermişlerdir. Bunlar; tek başına vida tespiti, peruktan vida uygulamaları, serkilaj telleri ve kablolar, plak ve vida uygulamaları ve kalça eklem artroplastisidir.

Yalnızca vida veya pinler kullanılarak yapılan cerrahi tespitte sonucu etkileyen en önemli değişken kırık parçalarının redüksiyonunu sağlayabilmektir. Özellikle çok parçalı kırıklarda bu yöntem ile yapılan müdahaleler yetmezliğe uğramakta, cerrahi sonrası takipte kötü sonuçlara bağlı olarak artrit gelişmekte ve artroplasti ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (3). Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte, BT eşliğinde yapılan perkütan uygulamalar ile tatmin edici sonuçlar elde edildiğini bildiren yayınlar olsa da (20) çok sayıda hasta ile yapılmış ve uzun dönem takibi içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

Serkilaj telleri ve kablolar; tek başına kullanılabilirse de günümüzde, farklı yöntemlerle uygulanan plak ve vida ile tespit cerrahisini desteklemek amacıyla



kullanılmaktadır. Plak-vida tespitine yardımcı olarak kuadrilateral yüzeyi desteklemek için serkilaj tellerini kullanan ve tatmin edici sonuçlar elde ettiğini ileri süren çalışmalar mevcuttur.

Asetabulum kırıklarında artroplasti; akut olarak veya post-travmatik artrit geliştikten sonra geciktirilmiş ikincil prosedür olarak kullanılabilir fakat kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren kırıklarda yapılan artroplastinin sonuçlarını spesifik olarak inceleyen çalışma oldukça sınırlıdır. Cornell ve ark. 2005 yılında yaptıkları çalışmada; kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren asetabulum kırıklarında kalça eklem protezi yaptıkları 3 hastanın sonuçlarını yayınlamışlar ve cerrahi sırasında anti-protrüzyon kafesler gibi özel ekipmanlara ve tüm hastalarda otolog femur başından elde edilen greftlere ihtiyaç duyduklarını bildirmişlerdir (3).

Açık redüksiyon ve plak-vida ile içeriden tespit günümüzde kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren anterior kolon posterior hemitransvers kırıklar için en sık kullanılan yöntemdir. Biz de kliniğimizde plak-vida ile tespitin öncelikli olarak yapılması gerektiğini düşünmekteyiz. Plak-vida ile tespit farklı cerrahi teknikler ve farklı yaklaşımlarla uygulanabilir olması ise hangi tekniğin cerrahi sonuçlar açısından üstün olduğu sorusunu akla getirmektedir. Geriatrik hasta popülasyonunun sahip olduğu osteoporotik kemik stoğu ve buna bağlı oluşan kırıkların genel özelliklerinin genç popülasyondan farklı olması nedeniyle altın standart cerrahi tedavinin nasıl yapılması gerektiği üzerine literatürde fikir birliğine varılamamıştır. En uygun plak tipinin ve yerleşiminin, vida konfigürasyonunun saptanması için yapılan biyomekanik çalışmalarda; son yıllarda öne çıkan konu, cerrahi yaklaşımın etkisidir. Çünkü geniş ve çoklu cerrahi yaklaşımlar için fizyolojik toleransı oldukça az olan geriatrik hasta popülasyonunda biyomekanik olarak en stabil plak-vida tespitinin hangi yaklaşımla daha az invaziv ve yeterli olarak yapılabildiği ortaya koyulmalıdır.

### **5.3. Cerrahi Tedavide Kullanılan Yaklaşımlar ve Tespit Yöntemlerinin Biyomekanik Karşılaştırılması**

Kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren kırıkların cerrahi tedavisinde yaklaşım, kırığın tipine, kuadrilateral yüzeyin hangi kolona bağlı kaldığına, kuadrilateral yüzeydeki kırığın parçalanma oranına, en çok deplase olan kolona ve cerrahi deneyime göre değişmektedir. Asetabulum kırıklarının tedavisinde anterior kolonu ilgilendiren kırıklara ise ilioinguinal yaklaşım veya intrapelvik Modifiye Stoppa yaklaşımı ile yaklaşmak esastır.

İlioinguinal yaklaşım, Letournel tarafından tanımlanmış ve kuadrilateral yüzeye ulaşmak için çok sayıda cerrah tarafından kullanılan bir yaklaşımdır. İlioinguinal yaklaşım bir kolonun görüntülenmesine, ve diğer kolona tespit edilmesine izin verir. Her ne kadar komplikasyon oranı bu yaklaşımda az olsa da kanama, iliak damarların ve lenfatiklerin yaralanması, lateral femoral kutanöz sinir yaralanması ve cerrahi sonrası herniye sebep olabilecek şekilde inguinal ligamentin yaralanma riskinin özellikle geriatric popülasyonda ciddi sonuçları olabilmektedir. Bu riskleri azaltmak için farklı yöntemler denenmiştir. Jeffcoat ve ark. ilioinguinal yaklaşımın yalnızca lateral 2 penceresini kullanmışlar ve sonuçları geleneksel ilioinguinal yaklaşım ile kıyaslamışlardır. Kısıtlı yaklaşımla tedavi edilen hastalarda kan kaybının azaldığını ve cerrahi sürenin kısaldığını ileri sürmüşler ve uzun dönem sonuçlar bakımından sonuçlar bakımından fark olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca suprapektineal bölgeden kuadrilateral yüzeye gönderilen uzun vidalarla, kuadrilateral yüzeyin desteklenmesi gerektiğinin önemini vurgulamışlardır (3). Biz de çalışmamızda suprapektineal yerleştirilen plak üzerinden hem anterior hem de posterior kolonu tespit eden ve kuadrilateral yüzeyi destekleyen uzun vidaların kullanıldığı tespit modeli oluşturduk.

Tespit yetmezliği ve femur başının mediale deplasmanını engellemek için Modifiye Stoppa yöntemi de kullanılabilir. Modifiye Stoppa yaklaşımı 1994 yılında Cole ve Bolhofner tarafından tanımlanmış intrapelvik bir yaklaşımdır ve quadrilateral yüzeye direk olarak erişim sağlar. Bu yaklaşım ile plak yalnızca infrapektineal alana yerleştirilerek medial deplasman kontrol altına alınmaya, cerrahi süre ve kanama minimize edilmeye çalışılır. Birçok çalışma Modifiye Stoppa yaklaşımının biyolojik olarak daha avantajlı ve komplikasyon riskinin düşük olduğunu savunmaktadır. Limitli yaklaşımla kalça abduktorlarının hızlı rehabilite edilebildiğini ve hastaların %95 oranında tam kalça gücüne ulaştığını bildiren yayınlar mevcuttur. Ayrıca kalça etrafında skar olmayışı ve heterotopik ossifikasyondan koruyucu etki nedeniyle devam eden süreçte gelişebilecek kalça eklem artroplastisi için rahatlık sağladığı da iddia edilmektedir (1). Meena ve ark. yaptıkları meta-analizde modifiye Stoppa yaklaşımı ile daha iyi anatomik redüksiyonun sağlandığını, her iki kolonun intrapelvik olarak görüntülediğini ve daha az komplikasyon görüldüğünü bildirmiştir fakat intraoperatif kan kaybı açısından anlamlı bir fark gösterememişlerdir (21).

Son olarak Keel ve ark. tarafından daha medial bir yaklaşım olan ve rektus abdominis lateral kenarının kullanıldığı pararektus yaklaşımı tanımlanmıştır. Limitli yaklaşım olan pararektus yaklaşımını Modifiye Stoppa ile 5 kadavra diseksiyonu ile

kıyaslayan Bastian ve ark. yaptıkları çalışmada pelvik brime ulaşım açısından bir fark olmadığını, yeterli görüşün pararektus yaklaşımı ile de sağlandığını raporlamış ve suprapektineal alana ulaşım ile posterior pelvik halkanın tespiti açısından pararektus yaklaşımının üstün olduğunu öne sürmüşlerdir. Pararektus yaklaşımının klinik uygulamalarının sonuçlarını içeren geniş çaplı serilere ihtiyaç vardır (14).

Biz de klinik olarak, geriatric hasta grubunda, komplikasyonları en aza indirmek ve cerrahi süresini kısaltmak için mümkün olduğunca limitli yaklaşım kullanmanın önemli olduğunu düşünmekteyiz fakat limitli yaklaşımı kullanırken yapılan tespitin biyomekanik direncinin, en az yaklaşım kadar önemli olduğunun unutulmaması kanaatindeyiz. Anterior pelvik yaklaşımlar ile suprapektineal plak kısmen yerleştirilebilse de posterior kolon vidası koymak mümkün değildir. Bu nedenle bu çalışmada literatürden farklı olarak arka ve ön kolon vidaları ile desteklenmiş infrapektineal plak uygulamasının özelliklerini değerlendirerek modifiye Stoppa yaklaşımının biyomekanik olarak tek başına yeterli olup olmadığını göstermeyi amaçladık.

#### **5.4 Çalışma Dizaynı ve Biyomekanik Ölçümler**

Daha önce yayınlanmış benzer biyomekanik çalışmalarda, pelvise lomber vertebra üzerine yük verilerek veya doğrudan asetabulumu yük vererek tek bacak veya çift bacak üzerine yüklenme modelleri, pelvisi destekleyen femur cismi veya kalça protezi kullanılarak oluşturulmuştur (22-24). Yüklenme modellerinin oluşturulması sırasında doğru test sonuçlarının elde edilmesi için dikkat edilmesi gereken husus kalça eklemine doğal biyomekanik özelliklerinin oluşturulabilmesidir. Asetabulumu etki eden net bileşke kuvvet (eklem reaksiyon kuvveti) tek ayak üzerinde iken vertikal aks ile yaklaşık olarak 13 derecelik açı yapar ve asetabulumun yük taşıyan kubbesine etki eder. Tek bacak veya çift bacak yüklenme modellerinde pelvisinin doğru anteversiyonu ve inklinasyonunun verilmesi ile doğal biyomekanik özelliklere daha yakın sonuçlar elde edilebilirken lateral kompresyon yüklenme modelinde ise çalışmacılar doğrudan asetabulumun medial duvarına kuvvet uygulamaktadırlar (4, 5). Bu yüklenme modelinde tespit edilmiş kuadrilateral yüzey kırığına trokanter majör üzerinden uygulanan kuvvetin etkisi değerlendirilebilir ve kalça üzerine yan düşme taklit edilmiş olur. Oysaki in vitro olarak elde edilen sonuçların klinik ile ilgili olarak fikir vermesi için fizyolojik biyomekanik koşullarda test edilmesi gerektiğini düşünüyoruz. Bu nedenle çalışmamızda, Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünün işbirliği ile asetabulumun ağırlık taşıyan çatısına 13 derecelik açı

ile fizyolojik aksta yük vermeyi sağlayacak, bunu yaparken hemipelvisin lateral ve anterior-posterior eğimine izin vermeyen ve instron cihazının yük hücresinin doğrudan implant üzerinden geçen yükü ölçmesine izin veren bir çalışma düzeneği hazırladık. Böylece diğer çalışmaların aksine, tespit yöntemini normal fizyolojik biyomekanik yüklenme altında değerlendirmeyi amaçladık.

Asetabulumda oluşturulan kırık modelinde tespit yöntemleri biyomekanik olarak değerlendirilirken, test makinesine ve bunun fonksiyonuna bağlı olarak farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Literatürde en çok tercih edilen yöntemler dinamik yüklenme modelleri, statik yüklenme modelleri ve her ikisinin birlikte kullanıldığı yöntemlerdir (5, 10, 25, 26). Dinamik yüklenme modellerinde; değişken sayılarda, farklı güçte kuvvetlerin uygulandığı sikluslar bir ön yüklenme sonrasında ard arda test materyaline uygulanarak ilerleyici deformasyon miktarı, sertlik, sonuç sertliği, yetmezliğe neden olan yük miktarı parametreleri değerlendirilir (4). Statik yüklenme modellerinde ise ön yüklenme sonrasında maksimal yüklenme miktarı (stres) ile yüklenmenin ortadan kalkarak yetmezliğin geliştiği yüklenme miktarı (deformasyon) ölçülür ve gerilme-deformasyon eğrileri elde edilir (10, 23). Biz bu çalışmada; Spitler'in yaptığı çalışmaya benzer şekilde, tek bacak üzerinde yüklenme modeli kullanarak Instron cihazı ile statik yüklenme uyguladık. Statik analiz ile bakıldığında, cisim diagramı çizildiği zaman yük hücresinde oluşan kuvvetin basma kuvvetine eşit olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmamızda hizalama çubuğu kullanılarak kuvvetin femur başı, asetabulum ve yük hücrelerinden bir doğru izleyecek şekilde geçmesi sağlandı. Pubise ise destek koyulmadı. Eğer destek koyarak deney yapılsaydı, serbest cisim diagramının üzerinde üç nokta kuvvet ve rijit reaksiyon kuvveti ve momentlerinin gösterilmesi gerekirdi. Bu durumun statik ölçümü ise belirsizdir. Diğer yandan tam eklem hareket açıklığı altında normal yürüme fazının modeli olan biyomekanik düzeneklere ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışma dizaynı olarak, yetmezlik gelişen bölgelerin biyomekanik test sırasında yüksek çözünürlüklü kameralar ile anlık olarak takip edilerek kayıt altına alındığı, kırık hattına yerleştirilen özel vericiler yardımı ile test düzeneğinin üç boyutlu yapısının bilgisayar ortamına aktarıldığı ve kırık hattındaki deplasman miktarının ölçüldüğü çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda elde edilen veriler bilgisayar ortamında aktarılmakta ve elde edilen görüntüler görüntü analiz programları ile değerlendirilmektedir (4, 24, 27). Son yıllarda mühendislik bilimleri ve matematik bilimleri alanında belirli problemlerin çözümü için kullanılan, bilgisayar ortamındaki özel programlar ile kemiğin ve ligamentlerin üç

boyutlu yapısının ve biyomekanik özelliklerinin sanal olarak oluşturulup test edilebildiği sonlu elemanlar analizleri de tespit yöntemlerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (28). Bu yöntemler ile deney sırasında, model oluşturulması aşamasında gelişebilecek olan tüm teknik problemler, ölçüm hataları ve istatistiksel değişkenler en aza indirilmeye çalışılmaktadır.

Asetabulumu etki eden kuvvetlerin çok planlı olması ve kırık yer değiştirmesinin travma esnasında değişkenlik göstermesi; kırık parçalarının rotasyon ve translasyonlarının üç boyutlu ölçülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Diğer yandan üç boyutta birden ölçüm yapılması sırasında kullanılan materyallerin ve ölçüm tekniklerinin çalışmalar arasında değişkenlik göstermesi, deneyin tekrar edilebilirliğinin zor olması, maliyetin yüksek olması, sanal ortamda üç boyutlu yapıyı oluşturan bilgisayar programlarının birbirinden farklı olması nedeniyle çalışma modellerinin birbiri ile karşılaştırılması mümkün ve anlamlı gözükmemektedir. Biz çalışmamızda, tek düzlemde yük uygulayarak ölçüm aldık ve herhangi bir üç boyutlu modelleme kullanmadık. Her materyalin test edilmesi sırasında ve sonrasında yüksek çözünürlüklü dijital kamera ile görüntülerini elde ederek hangi bölgelerin yetmezliğe gittiğini belirledik. Ek olarak, diğer biyomekanik çalışmalara benzer şekilde, tamamen kraniyo-kaudal yönde kuvvet uygulayarak ve herhangi bir kas ya da ligament desteğini simüle etmeden, çalışma modelinin hesaplı bir şekilde oluşturulabilmesini ve kolay tekrar edilebilirliğini sağlamaya çalıştık.

### **5.5 Biyomekanik Deneylerde Kullanılan Kemik Tipleri**

Bu çalışmada deneysel modelin standart hazırlığını sağlayabilmek, biyomekanik analiz sırasında uyumu korumak ve homojen çalışma grupları oluşturabilmek amacı ile kompozit kemik modelleri kullanmayı tercih ettik. Literatürdeki çoğu çalışmada; asetabular tespitinin incelenmesi amacıyla kompozit kemik modelleri ve insan pelvis kadavra örnekleri kullanılmıştır (2, 5, 10, 29).

Taze kadavranın temin edilmesi zordur, örnekler arasında anatomik farklılıklar olabilir. Ayrıca cinsiyet, yaş ve sistemik hastalıklar nedeniyle kemik stoğunun kalitesi farklılık gösterebilir. Ayrıca kadavranın ligament ve kaslara sahip olup olmaması ve özellikle kemik stoğundaki farklılıklar, ölçülen değerler arasında uyum olmamasına neden olmakta ve istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edilmesini güçleştirmektedir (4).

Literatürde daha önce yayınlanmış olan birçok biyomekanik çalışmada, kompozit pelvik modeller kullanılmıştır (23, 24). Kompozit kemik modelleri, ucuz ve bol miktarda

kolayca temin edilebilen materyallerdir. Dayanıklılık ve sertlik bakımından çok az farklılık göstermeleri nedeniyle istatistiksel olarak karşılaştırılabilirler. Her ne kadar yapılan biyomekanik çalışmalarda kırık senaryoları yaşlı hasta popülasyonu için kurgulansa da kompozit pelvis modellerinin osteoporotik formu bulunmamaktadır. Biz bu çalışmada poliüretan köpükten imal edilmiş, ortopedik cerrahi eğitim amaçlı kullanılan ve biyomekanik çalışmalarda daha önce kullanılmış olan anatomik olarak uyumlu standart hemipelvis modelleri kullandık. Böylece her deney grubunda aynı özelliğe sahip pelvislerin kullanımına olanak sağlayarak, deney grupları arasında uyumu sağladık. Böylelikle deneyler sonunda istatistiksel olarak karşılaştırılabilir veriler elde ettik. Son yıllarda kompozit pelvis modellerinin 4. Jenerasyon olarak adlandırılan, yapılan çalışmalarda insan kemik dokusu ile çok yakın özellikler gösteren ve kadavra çalışmaları ile benzer biyomekanik sonuçlar veren tipleri kullanıma sunulmuştur (4, 27). Bu modellerin kullanılmasının biyomekanik analiz sonuçlarını olumlu yönde etkileyeceği açıktır fakat bu pelvislerin içinde osteoporotik kemik yapısı gösteren modeller bulunmamaktadır ve ayrıca bu materyallerin maliyeti yaklaşık 10 kat fazladır. Bunların yanında, her pelvis modelinin deney öncesi hazırlık aşamasında ve plak-vida ile tespiti sırasında standart bir protokolü takip ettik. Her deney öncesinde aynı deney düzeneğini kullandık ve instron yük konfigürasyonunda uyumu sağlamak amacı ile gruplar arası Newton değerlerini eşitledik. Kompozit kemik modellerinin kullanılmasına yönelik yapılabilecek bir eleştiri, bu modellerde meydana gelecek implant yetmezliğinin, aynı tespit yöntemi kullanıldığında normal insan pelvisinde meydana gelecek olan implant yetmezliğini yansıtmayacağı yönündedir. Bu doğru bir saptama olmasına karşın biz çalışmamızda ortaya çıkan implant yetmezliklerinin özelliklerini değil kullanılan farklı tespit yöntemlerinin dayanıklılıklarının farklı olup olmadıklarını göstermeyi amaçladık. Her ne kadar çalışma gruplarımız küçük gibi görünse de daha az sayıda kompozit pelvis modellerinin kullanıldığı başarılı çalışmalar literatürde mevcuttur (2, 27).

## **5.6 Karşılaştırmalı Çalışmalar**

Geriatrik hasta popülasyonunda görülen asetabulumun AKPHT kırıklarında; standart anterior kolon kırıklarına göre anterior kolon daha fazla rotasyona gider ve deplase olur. Femur başının mediale deplase olarak kemik stoğu oldukça az olan kuadrilateral yüzeyde kırığa neden olması ve bu yüzeyi pelvis içine itmesi ise bu kırık tipine özel önemli bir problemdir. Cerrahi tespit sonrasında başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden biri kuadrilateral yüzeyin rijit fiksasyonunun ve devamlılığının sağlanması ve böylelikle femur başının medializasyonunun engellenmesidir (5, 7). Son zamanlarda intrapelvik

yaklaşımların bu kırıklara müdehalede popüler hale gelmesi ile birlikte kuadrilateral yüzey doğrudan erişilebilir hale gelmiş ve infrapektineal tespit ve bu tespitin özellikleri araştırılmaya başlanmıştır. Bu nedenle literatürde daha önce yayınlanmış biyomekanik karşılaştırmalı çalışmalar incelendiğinde çalışmaların, ağırlıklı olarak kuadrilateral yüzeyin tespiti ve bunu sağlayan tespit materyallerinin yerleşimi ve özellikleri üzerine yapıldığını görmekteyiz.

Culemann ve ark. kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren AKPHT asetabulum kırıklarında, kuadrilateral yüzeyin mediale deplasmanını engellemek için uygulanması gereken en iyi implant konfigürasyonunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada 6 adet kompozit ve 4 adet osteoporotik kadavra pelvisi üzerinde farklı implantlar ve vida konfigürasyonlarını değerlendirmişlerdir. Biyomekanik olarak en iyi sonuç, suprapektineal olarak uygulanan standart rekonstrüksiyon plağı ile yapılan ve periartiküler perpendiküler uzun vidaların kullanıldığı grupta elde edilmiştir. Ayrıca yazarlar; posteriordaki hemitransvers kırık hattının anatomik olarak anterior kolona tespit edilmesi gerekliliğinin önemini vurgulamışlar, kuadrilateral yüzeyi desteklemek için yerleştirilen “H” şekilli plağın stabiliteye ek katkı sağlamadığını ve kilitli implantların ise açıldırılamadıkları için uygun bir tespit yöntemi olmadığını bildirmişlerdir (2, 30). Gillispie ve ark. yaptıkları çalışmada; suprapektineal yerleşimli plak ile kuadrilateral yüzeyin redüksiyonu ve fiksasyonunun zorluğuna dikkat çekerek, intrapelvik yaklaşım olan Modifiye Stoppa yöntemi ile yapılacak infrapektineal tespitin biyomekanik özelliklerini değerlendirmişlerdir. 5 erkek ve 5 dişi kadavra pelvisinde, asetabulumda AKPHT kırık oluşturulduktan sonra bir gruba yalnızca suprapektineal ve bir gruba infrapektineal plak-vida tespiti ile desteklenmiş suprapektineal tespit uygulanmış ve her iki grupta da kuadrilateral yüzey bu yüzeye perpendiküler olarak yerleştirilmiş 3 uzun vida ile desteklenmiştir. Özellikle cerrahi sonrası düşme gibi katastrofik redüksiyon ve fiksasyon kaybına neden olan yüksek kuvvetli yüklenmelerde suprapektineal tespite ek olarak uygulanan infrapektineal tespitin biyomekanik olarak üstün olduğunu ve klinik yetmezliğin infrapektineal tespit eklendiğinde daha yüksek kuvvet ile oluştuğunu bildirmişlerdir (5). May ve ark. kompozit pelvis modeli üzerinde AKPHT asetabulum kırığı oluşturmuş; suprapektineal tespiti ve bu sırada kullanılan farklı vida kombinasyonları ile bunların infrapektineal plak tespitli kombinasyonlarını biyomekanik olarak karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda kuadrilateral yüzeye biri infraasetabular koridor tekniği ile yerleştirilmek şartıyla perpendiküler olarak koyulan 2 uzun vidanın en kuvvetli tespiti sağladığını ve kuadrilateral yüzeye infrapektineal olarak koyulan ek destek plağının

stabiliteye ek katkı sunmadığını bildirmişlerdir (27). İnfraasetabular koridor ile vida tespiti anterior kolon posterior hemitransvers kırıklarda stabiliteye ek katkı sağlar (30). Tanoğlu ve ark. kompozit pelvislerde AKPHT asetabulum kırığı oluşturarak yaptıkları çalışmada bir gruba yalnızca suprapektineal, bir gruba suprapektineal ve longitudinal infrapektineal, diğer gruba ise suprapektineal ile birlikte vertikal infrapektineal tespit uygulamış ve bu yöntemleri biyomekanik olarak karşılaştırmıştır. Bu çalışmada kuadrilateral yüzey yalnızca posteriodan 2 adet kolon vidası ile desteklenmiş, anteriordan ise yalnızca plakların destek etkisinden faydalanılmıştır. Yazarlar suprapektineal ve longitudinal infrapektineal tespitin birlikte uygulandığı grubun suprapektineal ve vertikal infrapektineal tespitin birlikte uygulandığı gruba göre daha stabil bir tespit sağladığını bildirmişlerdir (24). Busutill ve ark. yaptıkları çalışmada AKPHT asetabulum kırıklarında yalnızca vida ile tespitin standart plak-vida ile tespite göre biyomekanik olarak yeterli olup olmadığını araştırmışlardır. 8 adet kompozit hemipelvis üzerinde kuadrilateral yüzeyi destekleyen destek plağını içeren suprapektineal plak tespiti ile 2 adet antegrad ve 1 adet retrograd 6,5 mm'lik kanüle vida ile tespiti biyomekanik olarak karşılaştırmışlar ve büyük ve tek parçalı kırıkların varlığında vida tespitinin yeterli olduğunu ileri sürmüşlerdir (25).

Yukarıda özetlenen farklı çalışmalar incelendiğinde, asetabulumun anterior kolon posterior hemitransvers kırıklarının cerrahi tedavisinde; kuadrilateral yüzeyi en iyi destekleyen tespit yönteminin bu yüzeye perpendiküler olarak gönderilen uzun vidalar ile sağlandığı, kilitli plak kullanımının her ne kadar kemik osteoporotik de olsa ek fayda sağlamadığı, intrapelvik olarak koyulan destek plaklarının ve kuadrilateral yüzey plaklarının uygun bir suprapektineal tespit varlığında stabiliteye katkı sağlamayacağı sonucu çıkartılabilir. Biz çalışmamızda suprapektineal tespit yaparken, literatürde üstünlüğü gösterilen, kuadrilateral yüzeyi tespit etmek için plak üzerinden 2 uzun posterior kolon vidası ile 1 infraasetabular koridor tekniği ile yerleştirilmiş anterior kolon vidası kullandık. Literatürden farklı olarak infrapektineal plak uygulamasını suprapektineal plak ile değil yalnızca kuadrilateral yüzeye serbest olarak gönderilen uzun kolon vidaları ve infraasetabular vida ile destekledik. Böylelikle intrapelvik olarak yerleştirilen plak ile kuadrilateral yüzeyin redüksiyonunu ve medial desteğini sağlarken ilioinguinal yaklaşımın lateral ve orta pencerelerini kullanarak uygulanabilecek serbest vidalar ile stabil bir tespit elde etmeyi amaçladık. Ayrıca suprapektineal ve infrapektineal plak-vida tespitini birlikte uygulayarak tüm yöntemler içerisinde en stabil tespit hangisi olduğunu gösterdik



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde; en dayanıklı tespitin üçüncü grupta elde edildiği, bunu sırasıyla birinci grup ve ikinci grubun takip ettiği tespit edildi. Birinci grupta, tüm grup genelinde en fazla yetmezliğin geliştiği bölgenin ilak kanada uzanan kırık hattı olması tespitinin en zayıf noktasının bu bölge olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle daha ileriki dönemde yapılacak olan çalışmalarda iliak kanata uygulanan 3,5 mm'lik serbest vidanın sayısının arttırılarak daha dayanıklı bir tespit elde edilebileceğini düşünmekteyiz. Diğer gruplara göre en az dayanıklı olan ikinci grupta, tüm gruplara oranla kuadrilateral yüzeyde ayrışmanın daha fazla görüldüğü tespit edildi. Bu durum posterior kolona ve anterior kolona kuadrilateral yüzeye perpendiküler olarak uygulanan uzun vida tespitinin, plak üzerinden uygulandığında daha iyi dayanıklılık sağladığını göstermektedir. Bu nedenle kuadrilateral yüzeyin stabil tespitinin sağlanması ve böylelikle femur başının mediale deplasmanın önlenmesi için suprapektineal plak üzerinden uzun kolon vidalarının uygulanması gerektiğini düşünmekteyiz. En dayanıklı tespitin üçüncü grupta sağlanması ise suprapektineal tespite eklenen infrapektineal tespitinin, destek etkisi ile dayanıklılığı arttırdığını ve anterior kolonun yetmezliğini engellediğini göstermektedir. Literatürde belirtildiği üzere kuadrilateral yüzeyin uygulanan yöntemden bağımsız olarak stabil tespiti uzun kolon vidalarının kullanılması ile mümkündür. Anterior ve posterior kolona uygulanan uzun vidalar ile desteklenen infrapektineal plak-vida tespitinin, bu destek vidalarına rağmen en dayanıksız yöntem olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle infrapektineal tespit uygulanırken her ne kadar cerrahi süreyi kısaltan, komplikasyonların daha az görüldüğü ve daha iyi redüksiyona izin veren Modifiye Stoppa yaklaşımı kullanılsa da, ilioinguinal yaklaşımın lateral penceresinden destek kolon vidalarının ve plağın yerleştirilmesi mümkün görülmemektedir. Fakat modifiye Stoppa yaklaşımı kırık redüksiyonunun sağlanması için oldukça pratik ve yardımcıdır.

Asetabulumun kuadrilateral yüzeyi ilgilendiren AKPHT kırıklarının yaşlı hastalarda giderek artan sıklıkta görülmesi ve bu hasta grubunun sahip olduğu osteoporotik kemik stoğu stabil bir tespitinin sağlanmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle literatürde son yıllarda yeni cerrahi tekniklerin geliştirilmesi amacıyla farklı deneysel biyomekanik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Yapılmakta olan çalışmalar, bu konunun gelecek yıllarda gelişmelere ve tartışmalara açık olduğunu göstermektedir. Her ne kadar limitli yaklaşımların avantajları bizi bu yöntemleri kullanmaya yönlendirse de, yeterli biyomekanik stabilitenin sağlanmadığı kırıkların, cerrahi sonrası dönemde redüksiyon kaybı gibi sık komplikasyonlara yol açarak

ikincil cerrahi girişim gereksinimini arttıracığını düşünürüz. İkincil cerrahi girişimler ise limitli fizyolojik rezervi olan yaşlı hastalarda daha sık komplikasyon gelişmesine ve tedavi maliyetinin artmasına neden olacaktır. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin klinik sonuçlar ile karşılaştırılabilmesi mümkün olmasa da, tespit sonrası elde edilen redüksiyonun korunması, uygulanan tespit yönteminin dayanıklılığına bağlıdır. Bu nedenlerden dolayı çalışmamız gelecek klinik ve deneysel biyomekanik çalışmalara öncülük etmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Laflamme GY, Hebert-Davies J, Rouleau D, Benoit B, Leduc S. Internal fixation of osteopenic acetabular fractures involving the quadrilateral plate. *Injury* 42: 1130-4, 2011.
2. Culemann U, Holstein JH, Kohler D, Tzioupis CC, Pizanis A, Tosounidis G, Burkhardt M, Pohlemann T. Different stabilisation techniques for typical acetabular fractures in the elderly--a biomechanical assessment. *Injury* 41: 405-10, 2010.
3. White G, Kanakaris NK, Faour O, Valverde JA, Martin MA, Giannoudis PV. Quadrilateral plate fractures of the acetabulum: an update. *Injury* 44: 159-67, 2013.
4. Kistler BJ, Smithson IR, Cooper SA, Cox JL, Nayak AN, Santoni BG, Sagi HC. Are quadrilateral surface buttress plates comparable to traditional forms of transverse acetabular fracture fixation? *Clin Orthop Relat Res* 472: 3353-61, 2014.
5. Gillispie GJ, Babcock SN, McNamara KP, Dimoff ME, Aneja A, Brown PJ, Carroll EA. Biomechanical Comparison of Intrapelvic and Extrapelvic Fixation for Acetabular Fractures Involving the Quadrilateral Plate. *J Orthop Trauma* 31: 570-6, 2017.
6. Smith WR, Ziran BH, Morgan SJ. Fractures of the pelvis and acetabulum. New York, Informa Healthcare USA, Inc, 2007.
7. Tile M, Helfet DL, Vrahas M, Kellam JF. Fractures of the pelvis and acetabulum: principles and methods of management. New York, Thieme, 2015.
8. Özdemir H, Dabak TK. Asetabulum kırıklarında radyolojik değerlendirme. *TOTBİD Dergisi* 11: 120-32, 2012.
9. Hobbie RK, Roth BJ. Intermediate physics for medicine and biology. Springer Science & Business Media, 2007.
10. Spitler CA, Kiner D, Swafford R, Doty D, Goulet R, Jones LC, Hydrick J, Nowotarski P. Generating stability in elderly acetabular fractures-A biomechanical assessment. *Injury* 48: 2054-9, 2017.
11. Okçu G. Asetabulum Ön Kolon Arka Hemitransvers Kırıkları. *TOTBİD Dergisi* 11: 178-81, 2012.
12. ElNahal WA, Abdel Karim M, Khaled SA, Abdelazeem AH, Abdelazeem H. Quadrilateral plate fractures of the acetabulum: Proposition for a novel classification system. *Injury* 49: 296-301, 2018.
13. Arazi M. Asetabulum ve pelvis kırıklarının tedavisinde cerrahi yaklaşımlar. *TOTBİD Dergisi* 11: 150-60, 2012.

14. Bastian JD, Savic M, Cullmann JL, Zech WD, Djonov V, Keel MJ. Surgical exposures and options for instrumentation in acetabular fracture fixation: Pararectus approach versus the modified Stoppa. *Injury* 47: 695-701, 2016.
15. Antell NB, Switzer JA, Schmidt AH. Management of Acetabular Fractures in the Elderly. *J Am Acad Orthop Surg* 25: 577-85, 2017.
16. Butterwick D, Papp S, Gofton W, Liew A, Beaulé PE. Acetabular fractures in the elderly: evaluation and management. *J Bone Joint Surg Am* 97: 758-68, 2015.
17. Henry PD, Kreder HJ, Jenkinson RJ. The osteoporotic acetabular fracture. *Orthop Clin North Am* 44: 201-15, 2013.
18. Bradburn E, Rogers FB, Krasne M, Rogers A, Horst MA, Beelen MJ, Miller JA. High-risk geriatric protocol: improving mortality in the elderly. *J Trauma Acute Care Surg* 73: 435-40, 2012.
19. Manson T, Schmidt AH. Acetabular Fractures in the Elderly: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev* 4: 2016.
20. Ruan Z, Luo CF, Zeng BF, Zhang CQ. Percutaneous screw fixation for the acetabular fracture with quadrilateral plate involved by three-dimensional fluoroscopy navigation: surgical technique. *Injury* 43: 517-21, 2012.
21. Meena S, Sharma PK, Mittal S, Sharma J, Chowdhury B. Modified Stoppa Approach versus Ilioinguinal Approach for Anterior Acetabular Fractures; A Systematic Review and Meta-Analysis. *Bull Emerg Trauma* 5: 6-12, 2017.
22. Gras F, Marintschev I, Schwarz CE, Hofmann GO, Pohlemann T, Culemann U. Screw- versus plate-fixation strength of acetabular anterior column fractures: a biomechanical study. *J Trauma Acute Care Surg* 72: 1664-70, 2012.
23. Kacira BK, ÖZKAYA M, Kiran U, TÜRKMEN F, Arazi M, Demir T. Biomechanical fixation strength comparison of ilioinguinal and medial stoppa approaches on anterior column fractures. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* 16: 1650081, 2016.
24. Tanoglu O, Alemdaroglu KB, Iltar S, Ozmeric A, Demir T, Erbay FK. Biomechanical comparison of three different fixation techniques for anterior column posterior hemitransverse acetabular fractures using anterior intrapelvic approach. *Injury* 49: 1513-9, 2018.
25. Busuttill T, Teuben M, Pfeifer R, Cinelli P, Pape HC, Osterhoff G. Screw fixation of ACPHT acetabular fractures offers sufficient biomechanical stability when compared to standard buttress plate fixation. *BMC Musculoskelet Disord* 20: 39, 2019.

26. Marintschev I, Gras F, Schwarz CE, Pohlemann T, Hofmann GO, Culemann U. Biomechanical comparison of different acetabular plate systems and constructs--the role of an infra-acetabular screw placement and use of locking plates. *Injury* 43: 470-4, 2012.
27. May C, Egloff M, Butscher A, Keel MJB, Aebi T, Siebenrock KA, Bastian JD. Comparison of Fixation Techniques for Acetabular Fractures Involving the Anterior Column with Disruption of the Quadrilateral Plate: A Biomechanical Study. *J Bone Joint Surg Am* 100: 1047-54, 2018.
28. Lei J, Dong P, Li Z, Zhu F, Wang Z, Cai X. Biomechanical analysis of the fixation systems for anterior column and posterior hemi-transverse acetabular fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 51: 248-53, 2017.
29. Wu YD, Cai XH, Liu XM, Zhang HX. Biomechanical analysis of the acetabular buttress-plate: are complex acetabular fractures in the quadrilateral area stable after treatment with anterior construct plate-1/3 tube buttress plate fixation? *Clinics (Sao Paulo)* 68: 1028-33, 2013.
30. Culemann U, Marintschev I, Gras F, Pohlemann T. Infra-acetabular corridor-technical tip for an additional screw placement to increase the fixation strength of acetabular fractures. *J Trauma* 70: 244-6, 2011.