



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**ÇİFT TARAFLI SAKROİLİAK YARALANMALARDA
TRANSİLİAK KİLİTLİ PLAK İLE İNTERNAL TESPİT:
PELVİK MODELDE BİYOMEKANİK ÇALIŞMA**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Orçun ŞAHİN

Ankara, 2008



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**ÇİFT TARAFLI SAKROİLİAK YARALANMALARDA
TRANSİLİAK KİLİTLİ PLAK İLE İNTERNAL TESPİT:
PELVİK MODELDE BİYOMEKANİK ÇALIŞMA**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Orçun ŞAHİN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin DEMİRÖRS

Ankara, 2008

TEŞEKKÜRLER

Ortopedi ve Travmatoloji eğitimimi en iyi şekilde tamamlamamı sağlamak için yapmış oldukları değerli katkılarından dolayı başta Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. İsmail Cengiz Tuncay olmak üzere; Sayın Yrd. Doç. Dr. Rahmi Can Akgün'e ve asistanlığımın ilk üç yılında, eğitimime olan katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. N. Reha Tandoğan ve Doç. Dr. Oğuz Karaeminoğulları'na teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında büyük emeği geçen ve eğitimime değerli katkıları olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Hüseyin Demirörs'e ve tez çalışmam sırasında katkılarından dolayı Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan Sayın Yrd. Doç. Dr. Cenk Balçık'a ve beş yıllık eğitimim süresince yardımlarını benden esirgemeyen sevgili araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim. Son olarak, desteği ile her zaman yanımda olan ve ondan çaldığım bütün zamanlar için hep hoşgörülü ve anlayışlı olmayı başarabilen sevgili eşime; "Burcu"ya teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada amaç, çift taraflı sakroiliak ayrılma oluşturulmuş pelvis modellerinde, kilitli plak kullanılarak gerçekleştirilen ilium ve plak üzerinden S1 pedikül tespiti ile sağlanan posterior tespitin, sadece iliumdan tespit edilmiş klasik gergi bandı plaklama ile kombine edilmiş çift taraflı sakroiliak vida ve sadece sakroiliak vidalama yöntemlerine göre biyomekanik üstünlüğünün olup olmadığını tespit etmektir.

Çalışmada 21 adet, poliüretan köpükten özel olarak üretilmiş, erkek pelvis modelleri kullanıldı ve üç ayrı grupta Tile tip C çift taraflı sakroiliak ayrılma oluşturuldu. Her grupta yedi adet pelvik model kullanıldı: Grup 1: Her iki iliak kanat ve bilateral S1 vertebra pediküllerden 3.5 mm'lik kilitli plak ile posterior gergi bandı plaklama Grup 2: Her iki taraf iliak kanattan 3.5 mm'lik kilitli plak ve bilateral spongiöz sakroiliak vida kullanılarak gerçekleştirilen posterior tespit Grup 3: Sadece her iki taraf spongiöz sakroiliak vida kullanılarak gerçekleştirilen tespit. Çalışma gruplarında uygulanan farklı tespit yöntemleri, biyomekanik olarak bir adet otomatik materyal test makinası kullanılarak vertikal yüklenme altında dayanıklılık ve sertlik bakımından test edildi ve sonuçlar gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Tüm gruplarda, sırası ile, implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarları 1775 N, 2084 N ve 2230 N ve 10 mm deplasman gelişmesi için gerekli olan ortalama kuvvet miktarları ise 1033 N, 1884 N ve 2013 N olarak belirlendi. İmplant yetmezliği dikkate alınarak dayanıklılıklar karşılaştırıldığında, en dayanıklı tespitin çift taraflı sakroiliak vida ile sağlandığı görüldü. On mm deplasman oluşturan kuvvetler dikkate alınarak sertlikler karşılaştırıldığında ise en sert tespitin yine sakroiliak vidalama ile sağlandığı görüldü. Grup 2 ve 3 arasında sertlik ve dayanıklılık bakımından anlamlı fark tespit edilmedi.

Bu çalışmada her iki taraflı sakroiliak ayrılma yaralanması olan pelvis kırıklarında sadece sakroiliak vidalamanın yeterli olduğunu ve sakroiliak vidalama ile kombine edilmiş posteriordan gergi bandı plaklamanın vertikal yüklenme altında stabiliteye ek bir katkı sağlamadığını tespit ettik. Özellikle parçalı transforaminal ve foremen laterali yerleşimli sakrum kırıkları ile sakroiliak vidalamanın teknik olarak mümkün olmadığı durumlarda kilitli plak üstünden S1 transpediküler vidalamanın iyi bir alternatif olabileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Sakroiliak ayrılma, Biyomekanik, Transiliak plaklama

ABSTRACT

Internal Fixation Of Bilateral Sacroiliac Dislocation With Transiliac Locked Plate: A Biomechanical Study On Pelvic Model

The purpose of this study is to compare the biomechanical results of transiliac locked plate osteosynthesis with S1 pedicle fixation, traditional tension band plating with locked plate combined with bilateral sacroiliac screw fixation and bilateral sacroiliac fixation alone.

In 21 hard plastic pelvic models, bilateral sacroiliac dislocations were created and in three different fixation groups, the methods were compared. Group 1: Posterior tension band plating by using 3.5 mm locked plate fixation of both iliac wings and both S1 vertebra pedicles. Group 2: Posterior fixation of both iliac wings by 3.5 mm locked plate combined with bilateral spongious sacroiliac screws. Group 3: Bilateral sacroiliac spongious screws alone. The strenght and stiffness of these three groups were evaluated with biomechanical analysis and the results were statistically compared.

The avarage load to failure for three groups were 1775 N, 2084 N and 2230 N and the avarage load for 10 mm of displacement were 1033 N, 1884 N ve 2013 N, respectively. In comparisons of load to failure, bilateral sacroiliac screw fixation was found as the strongest fixation. Comparision of load to 10 mm of displacement was revealed that the stiffest fixation was also sacroiliac screws. The strenght of group 1 was found significantly lower than the other groups, on the other hand, the strenghts of group 2 and 3 had no statistically significant differences.

In conclusion, sacroiliac screw fixation is more stable when compared with posterior tension band plating with locked S1 pedicle screw fixation. Sacroiliac screw fixation alone has the best stability. It was also found that, additional posterior tension band plating of sacroiliac screws had no effect on strenght and stiffness at vertical loading. In comminuted transforaminal and lateral sacral fractures and fractures that sacroiliac screw fixation is technically contraindicated, locked S1 pedicle screw fixation through posterior tension band plating can be a good alternative.

Key words: Sacroiliac dislocation; Biomechanic; Transiliac plating

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Teşekkürler	iii
Özet	iv
İngilizce özet	v
İçindekiler dizini	vi
Kısaltmalar ve simgeler dizini	viii
Şekiller dizini	ix
Tablolar dizini	xi
1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler	2
2.1. Tarihçe	2
2.2. Genel Bilgiler	3
2.3. Pelvis Anatomisi	5
2.3.1. Kemik Anatomi	6
2.3.2. Sakroiliak Vida İçin Fonksiyonel Anatomi	9
2.3.3. S1 Pedikül Vidası İçin Fonksiyonel Anatomi	11
2.3.4. Sakroiliak Eklem Anatomisi	12
2.4. Pelvis Biyomekaniği	14
2.5. Sakroiliak Eklem Biyomekaniği	17
2.6. Anstabilite Bulguları	18
2.7. Pelvis Kırıklarında Yaralanma Mekanizmaları	19
2.7.1. Anteroposterior Kompresyon	19
2.7.2. Lateral Kompresyon	20
2.7.3. Vertikal Ayrılma	21
2.8. Pelvis Kırık Sınıflaması	22
2.8.1. Tile Sınıflaması	23
2.8.2. Young ve Burgess Sınıflaması	27

2.8.3. AO/OTA Sınıflaması	27
2.9. Cerrahi Tespit Endikasyonları	29
2.9.1. İnternal Tespitin Avantajları ve Riskleri	30
2.10. Sakroiliak Yaralanmalar	31
3. Gereç ve Yöntem	33
3.1. Model Hazırlığı	33
3.2. Çalışma Grupları	34
3.3. Biyomekanik Test Konfigürasyonu	35
3.4. Mekanik Ölçümler	37
3.5. İstatistiksel Analiz	37
4. Bulgular	38
4.1. Grup Ortalamaları	38
4.1.1. Grup 1	38
4.1.2. Grup 2	39
4.1.3. Grup 3	40
4.2 Mekanik Sonuçlar	40
4.3. İstatistiksel Sonuçlar	46
5. Tartışma	49
5.1. Pelvis Kırıklarına Genel Yaklaşım	49
5.2. Sakroiliak Yaralanmalarda Tedavi Seçenekleri	50
5.3. Farklı Tespit Yöntemleri İçin Biyomekanik Çalışmalar	55
5.3.1 Çalışma Dizaynı ve Deplasman Miktarının Ölçümü	56
5.3.2. Biyomekanik Deneylerde Kullanılan Kemik Tipleri	58
5.3.3. Karşılaştırmalı Çalışmalar	59
6. Sonuç ve Öneriler	64
7. Kaynaklar	66

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

NF:	Nutrisyonel Foramen
GSN:	Büyük Siyatik Çentik
IS:	İskiyal Çıkıntı
OF:	Obtüratör Foramen
LSS:	Küçük Siyatik Çentik
P:	Priformis Kas Tendonunun Seyri
OI:	Obturator İnternus Kas Tendonunun Seyri
CG:	Krista Glutea
ICD:	İliak Kortikal Yoğunluk
APK:	Anteroposterior Kompresyon
LK:	Lateral Kompresyon
VA:	Vertikal Ayrılma
N:	Newton
ANOVA:	Varyans Analizi
SPSS:	Statistical Package for the Social Sciences

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Fransız doktor Joseph François Malgaigne ve George F. Pennal	2
Şekil 2.2. Pelvisin stabilite değerlendirmesi	4
Şekil 2.3. Model pelvis üstünde kemik anatominin inlet görünümü	6
Şekil 2.4. İliyumun dış kenarı ve asetabulum	7
Şekil 2.5. İliak kanatların üstten görünümü	7
Şekil 2.6. İnlet ve outlet görünümde sakrumun şekli	8
Şekil 2.7. L5 ve S1 sinir kökünün sakrum ön yüzü ile ilişkisi	9
Şekil 2.8. Sagittal ve aksiyel kesitlerde güvenli vida bölgeleri	9
Şekil 2.9. Alar eğimin şematik ve radyografiksel görünümü	10
Şekil 2.10. Sakral dismorfizm	11
Şekil 2.11. S1 pedikülü için uygun vida yerleşimi	12
Şekil 2.12. Pelvik halkanın stabilitesine katkıda bulunan temel posterior bağlar	13
Şekil 2.13. Pelvisin anteroposterior görünümü	14
Şekil 2.14. Pelvik halkada yük taşıyan bölgeler	15
Şekil 2.15. Anteroposterior kompresyon kuvvetleri	20
Şekil 2.16. Lateral kompresyon kuvvetleri	20
Şekil 2.17. Vertikal ayrılma kuvvetleri	21
Şekil 2.18. Bucholz sınıflaması	23
Şekil 2.19. Tip A1 pelvis kopma kırıkları	25
Şekil 2.20. Tip A2-1 pelvis kırığı	25
Şekil 2.21. Tip A2-2 pelvis kırığı	25
Şekil 2.22. Tip B1-1 pelvis açık kitap yaralanması	26
Şekil 2.23. Tip B2-2 pelvis kırığı	26
Şekil 2.24. Tip C1 ve C2 pelvis yaralanması	26
Şekil 2.25. Tip C3 pelvis yaralanması	27
Şekil 2.26. AO/OTA sınıflama sistemine göre pelvik halka yaralanması	28
Şekil 3.1. Deney sırasında kullanılan metal çene	33
Şekil 3.2. Tespit gruplarının görünümü	34
Şekil 3.3. Tespit gruplarının direkt radyografik görünümü	35
Şekil 3.4. Deney düzeneği	36

Şekil 4.1. Birinci grupta implant yetmezlikleri	38
Şekil 4.2. Birinci grupta plak esnemesi	39
Şekil 4.3. İkinci grupta implant yetmezliği	39
Şekil 4.4. Üçüncü grupta implant yetmezliği	40
Şekil 4.5. Gruplar arası implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarları ve standart sapmaları	41
Şekil 4.6. Her grup içerisinde implant yetmezliğine neden olan kuvvet aralıkları ile frekans grafiği	42
Şekil 4.7. Gruplar arası 10 mm deplasman oluşmasına neden olan ortalama kuvvet miktarları ve standart sapmaları	43
Şekil 4.8. Her grup içerisinde 10 mm deplasmana neden olan kuvvet aralıkları ile frekans grafiği	44
Şekil 4.9. Her grup için kuvvet deplasman grafikleri	45
Şekil 4.10. Gruplar arası kuvvet deplasman grafikleri	46

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Vertikal yüklenme esnasında pelvis eklemlerine uygulanan Kuvvetler	18
Tablo 2.2. Tile sınıflama sistemi, kırık oluşma mekanizmaları, stabilite ve alt grupları	24
Tablo 2.3. Young ve Burgess sınıflama sistemi	27
Tablo 2.4. AO/OTA pelvis kırıkları için sınıflama sistemi	29
Tablo 4.1. Gruplar içerisindeki ortalama kuvvet ve deplasman miktarları	40
Tablo 4.2. Grupların kendi arasında ve her grubun kendi içinde dağılımının istatistiksel sonuçları	46
Tablo 4.3. Grupların kendi aralarında dayanıklılık ve sertlik yönünden karşılaştırılmaları	47
Tablo 4.4. Her gruptaki deneylerin sonuç analizleri	48

1. GİRİŞ

Pelvis kırıkları, yüksek mortalite ve sık komplikasyon ile seyreden yaralanmalardır (1, 2). Tüm kırıklar içerisinde % 1-3 arasında değişen oranlarda görülen pelvis kırıkları, çift aralıklı bir yaş dağılımı ile özellikle 20-40 yaş arası ve 60 yaş üzerinde daha sık görülür (3, 4). Özellikle stabil olmayan pelvis kırıkları sonrası, posterior pelvik halka bütünlüğünün yeniden oluşturulması, kanamanın durdurulması ve mekanik stabilitenin sağlanması, fonksiyonel ve klinik olarak yaşamsal öneme sahiptir. Kırıklar, basit kopma kırıklarından tam pelvik ayrılmalara kadar değişik şekillerde karşımıza çıkabilir. Burada dikkat edilmesi gereken temel nokta, kırığın oluş biçimi (yüksek/düşük enerji) ve stabil olup olmadığıdır (5, 6). Gençlerde sportif aktiviteler sırasında, yaşlılarda ise düşme neticesinde tendon kemik kopması sonrası oluşan kırıkların çoğu stabildir. Bu düşük enerjili yaralanmaya bağlı kırıkların tedavisi de basittir; istirahat ve analjezik kullanımı ile düzelir. Yüksek enerjili yaralanmaya bağlı pelvis kırıkları ise ağır yumuşak doku hasarı, organ yaralanmaları ve diğer iskelet sistemi yaralanmaları ile beraber görülür. Bunların değerlendirilmesi ve tedavisi ise daha karmaşıktır (7). Pelvis kırıklarının mortalitesi 1990'dan önce % 87 iken, günümüzde % 5-20'lere kadar inmiştir (8-10). Bu düşüş güncel tedavi yaklaşımlarının başarısı olarak değerlendirilebilir.

Sakroiliak ayrılma yaralanmaları için literatürde tarif edilmiş bir çok teknik tarif edilmiş olmasına rağmen, en etkili ve güvenilir yöntemin ne olduğu tartışmalıdır. İliosakral vidalama, transiliak bar kullanımı, gergi bandı plaklama ve bu tedavilerin kombinasyonu gibi tedavi yöntemleri biyomekanik olarak çalışılmış olmasına rağmen, transiliak yerleştirilmiş “*kilitli bir plak*” kullanılarak, hem iliumdan hemde sakrumdan yapılmış transpediküler bir tespitin, sakroiliak yaralanmalardaki biyomekanik özellikleri, literatürde henüz yayınlanmamıştır (11-15). Bu çalışmada amaç, “en kötü senaryo” göz önüne alınarak, çift taraflı sakroiliak ayrılma oluşturulmuş pelvis modellerinde, kilitli plak kullanılarak gerçekleştirilen ilium ve plak üzerinden S1 pedikül tespiti ile sağlanan posterior tespitinin, sadece iliumdan tespit edilmiş klasik gergi bandı plaklama ile kombine edilmiş çift taraflı sakroiliak vida ve sadece sakroiliak vidalama yöntemlerine göre biyomekanik üstünlüğünün olup olmadığını tespit etmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Pelvis kırıkları, tıp tarihi boyunca, cerrahların tanı, tedavi ve sonuç açısından oldukça zor durumda kaldığı yaralanmalar olarak kabul edilmişlerdir (16-18). Yüzyılın ilk yarısında, pelvis yaralanmaları için önerilmiş veya uygulanmış herhangi bir tanı ve tedavi şemasına ulaşmak mümkün değildir. 1950’li yılların sonuna doğru ise daha organize, anatomik olarak geçerli, yaralanma mekanizmasını tarifleyen ve sınıflama sistemlerini içeren tanı ve tedavi yaklaşımları kullanılmaya başlanmıştır.

Pelvis kırıkları ilk olarak 1847 yılında, Joseph François Malgaigne (1806–1865) (Şekil 2-1A) tarafından pubik ramus ve iliak kanadın kırılması ile karakterize “çift vertikal” kırıklar olarak tanımlanmıştır. 1867 yılında ise, Rose tarafından sabit olmayan pelvik halka lezyonları tarif edilmiştir. Endüstrileşme ve otomobil sektöründeki gelişmeler, yüksek enerjili pelvik halka kırıklarının görülme sıklığını arttırmıştır. Rankin (1937) ve Watson-Jones yapmış oldukları çalışmalarda, klinik ve radyolojik bulgular arasındaki korelasyonu yayınlamışlardır. George F. Pennal, (1913–1976) (Şekil 2-1B) İkinci Dünya Savaşı sonrası pelvis kırıklarının oluş mekanizmaları ile ilgili ilk çalışmaları yayınlamış ve ilk biyomekanik modeli tariflemiştir. Bir uzay-boşluğu mühendisi olan Henry Garside ile beraber geliştirmiş oldukları bu biyomekanik modelde Pennal, bugün bile sınıflamalarda temel kabul edilen yaralanma mekanizmalarını (anteroposterior kompresyon, lateral kompresyon ve vertikal yırtılma) tanımlamıştır. Pennal aynı zamanda politravmalı hastaya eksternal fiksator uygulamalarına da öncülük etmiştir.



A



B

Şekil 2.1. A-Fransız doktor Joseph François Malgaigne (1806–1865) ve B-George F. Pennal (1913–1976)

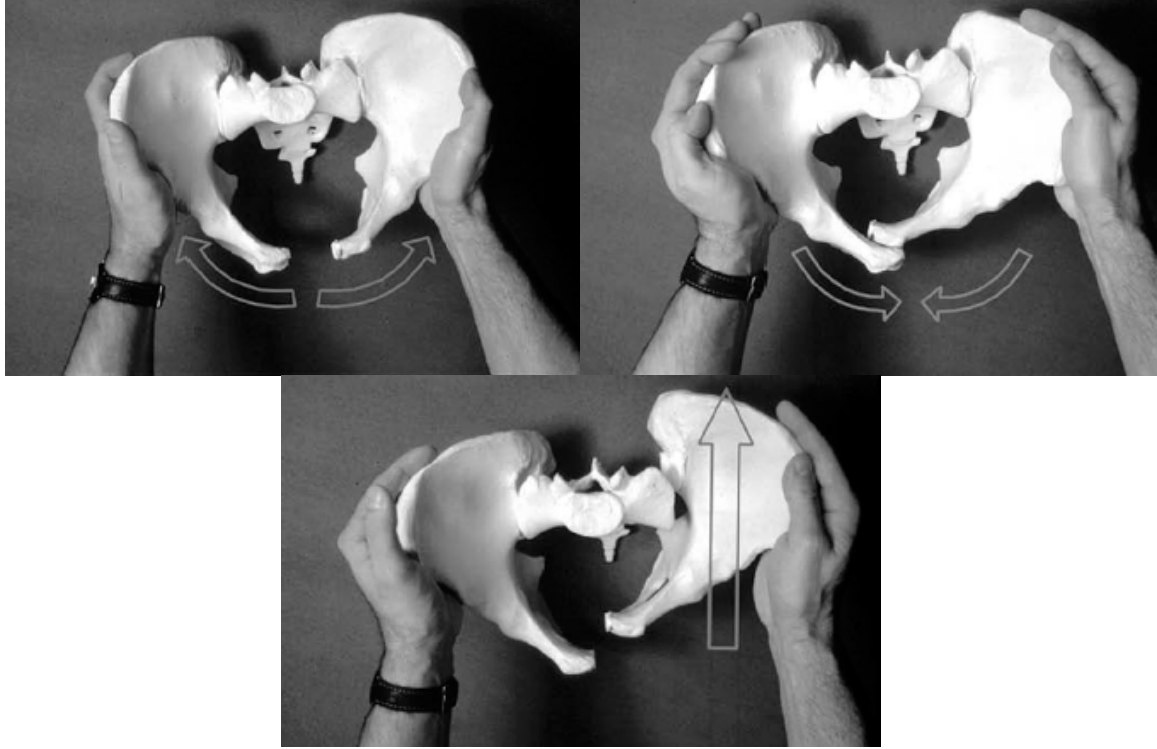
Modern osteosentezin babası kabul edilen Ablin Lambotte (1866-1955), 1913 yılında yayınlamış olduğu kitabında, pelvik halka tespiti için serklaj teli kullanımı, sakroiliak vidalama, sakral bar osteosentezi gibi farklı cerrahi teknikler önermiş olmasına rağmen, 70'li yılların sonuna kadar kabul edilen genel yaklaşım konservatif tedavi olmuştur. Fakat ilerleyen yıllarda, konservatif tedavi edilen hastalarda geç gelişen deformiteler, ciddi ağrı ve fonksiyon kayıpları gibi komplikasyonların görülmeye başlaması, cerrahi tedavinin daha fazla tercih edilmesine neden olmuştur. 1965 yılında Peltier, pelvik halkanın erken repozisyon ve tespitinin retroperitonyel kanamayı kontrol etmede önemli olduğunu belirtmiş ve “her öksürük, nefes veya hareket, tespit edilmemiş kırık parçalarının yer değiştirmesine ve kanamanın devam etmesine neden olabileceğini vurgulamıştır. Pelvis içine kanama hayatı tehdit eden bir durum olduğu için, pelvis kırıklarının tespitine en başta önem verilmelidir” demiştir. Smith-Peterson (1921) ve Holdsworth (1948) ağırlı sakroiliak eklem ve sakroiliak patolojiler için eklem artrodezini önermişlerdir. Takip eden yıllarda, özellikle cerrahi alet tasarımındaki gelişmelere paralel olarak, hastalara yaklaşım ve tedavide yeni prensipler geliştirilmiştir.

Günümüzde artık açık ve geniş cerrahi yöntemler yerlerini az hasarlı yaklaşımlara ve özellikle Routt ve arkadaşlarının tanımlamış olduğu perkütan vidalama yöntemlerine bırakmaya başlamıştır. Lambotte'nin çalışmasından neredeyse bir yüzyıl sonra pelvis kırıklarının temel tedavi yöntemi internal tespit olarak kabul edilmektedir. Özellikle son 20 yılda gelişen görüntüleme yöntemleri, üretilen antibiyotikler, az hasarlı cerrahi yöntemlerinin geliştirilmesi ve travmalı hastaya yaklaşım ve müdahale için yeni protokollerin yayınlanması, bu kırıkların cerrahi müdahale ile sorunsuz iyileşme oranlarını ciddi şekilde arttırmıştır. Buna rağmen unutulmaması gereken nokta, cerrahi tekniklerde gelişmeler kaydedilmiş olsada, sonuca etkileyen temel faktörler; yaralanmanın kendisi ve eşlik eden komplikasyonlardır.

2.2. Genel bilgiler

Pelvis kırığına yol açan en sık neden trafik kazalarıdır (%20-%66). Özellikle araç sürücü koltuğu veya ön yolcu koltuğunda oturan kişilerde önden ve yandan gelen kuvvetler ile pelvis kırıkları oluşabilmektedir. Yayalarda (%14-%59) ve motorbisiklet kullananlarda (%5-%9.3) değişen oranlarda bildirilmiştir (8, 19). Yüksekten düşmeler, ezilme yaralanmaları ve yaşlı osteoporotik hastalarda düşük enerjili yaralanmalar sonrasında pelvis kırığı görülebilmektedir. Pelvis kırığından şüphelenilen bir hastada, olası bir pelvis kırığının tanımlanabilmesi için yaralanmanın oluş mekanizmasını aydınlatmaya çalışmak ve stabiliteyi değerlendirmek önemlidir. (Şekil 2.2) Pelvik muayene sırasında olası pelvis

hasarını ortaya koyan şekil bozukluğu, kemik çıkıntılar üstünde, pubiste, perinede şişlik ve sıyrıklara dikkat edilmelidir. Bacak uzunluk farkı veya aynı taraf bacakta kırık olmadan bir rotasyonel şekil bozukluğu bulunduğu durumlarda, pelvis kırığından şüphelenilmelidir. Pelvis üstündeki yaralar veya hastanın rektum, vajina veya üretrasından kan gelmesi açık bir pelvis kırığına işaret edebilir. Nörolojik bir hasar pelvis kırığı sonrası nadir görülür ve küçük rektal veya vajinal kanamalar ilk müdahale sırasında görülemeyebilir.



Şekil 2.2. Pelvisin stabilite değerlendirilmesi

Dış rotasyon, lateral kompresyon ve kraniyo-kaudal yönde anstabilite varlığı araştırılmalıdır.

Bilinci açık ve oryante bir hastada dışarıdan farkedilebilen belirgin bir yaralanma bulunmasa da pelviste ve sırtın alt kısmında (sakroiliak eklemler için) ağrı olup olmadığı mutlaka sorgulanmalıdır. Herhangi bir ağrı varlığında, rutin olarak, basit bir yöntem ile pelvis mümkün olduğunca tespit edilmeye çalışılmalıdır. Bilinci kapalı olan hastalarda, pelvis kırığının tespiti için palpasyondan kaçınılmalıdır. Pelvis kırığından şüphelenilmesine neden olacak bütün bulgular incelenmeli ve pozitif bulgular tespit edildiğinde, pelvis geçici şekilde rutin olarak hemen tespit edilmelidir (20).

Son yıllara kadar, pelvis kırıklarının sınıflamasında ve travmadan sonra hastalığın doğal seyri konusunda literatürde bir fikir birliği oluşmamıştır. Modern tedavi yöntemlerine rağmen özellikle stabil olmayan pelvis kırıkları sonrası yüksek morbidite oranları literatürde bildirilmiştir (10, 11, 21, 22). Ek olarak, pelvik halkanın yük taşıyan

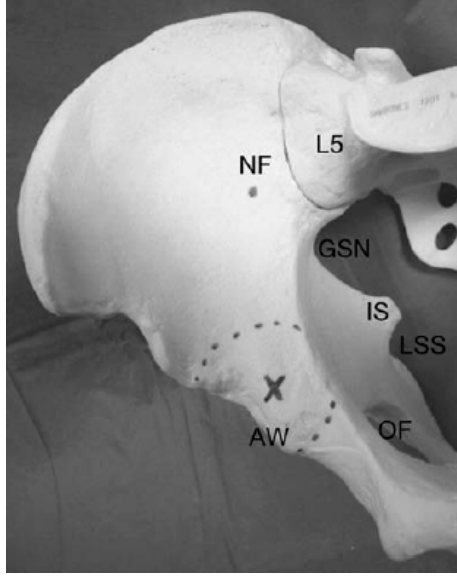
bölümünde meydana gelen yaralanmalar sonrası da, eşlik eden erken ve geç komplikasyonlar sebebiyle geç dönem morbidite oldukça sık görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı, doğal seyrin tahmin edilmesinde kırık tipinin belirlenmesi anahtar rol oynamaktadır. Stabil kırıklarda, uzun dönem takipte çok az sorun ile karşılaşılmasına rağmen stabil olmayan kırıklarda, posterior pelvik halkanın zarar görmesine bağlı, pelvik obliklik ve yürüme bozukluklarına neden olan yanlış kaynama, kaynamama kronik ağrı, nörolojik ve genito-üriner yetmezlik bulguları görülebilir. Kalıcı deformitesi olan hastalarda, doğal seyir daha kötü ilerlemektedir. Bu nedenle anatomik redüksiyonun elde edilmesine ve stabil bir tespit ile bu redüksiyonun korunabilmesine dikkat edilmelidir.

Ortopedik implantlar ve cerrahi tekniklerdeki gelişmelere paralel olarak ilerleme ve çeşitlilik göstermeye başlayan yeni tedavi seçenekleri ile birlikte navigasyon sistemlerinin kullanılmaya başlaması, çeşitli güçlükleri de beraberinde getirmiştir. Cerrahi teknik becerilerinin geliştirilmesi, iyatrojenik komplikasyon oranlarının azaltılması ve tedavi sonuçlarının etkinliğinin randomize prospektif çalışmalar ile belirlenmesi, büyük önem taşımaktadır. Asla unutulmaması gereken nokta, özellikle stabil olmayan bir pelvis kırığı tespit edildiğinde, hem kırığın hem de eşlik eden yaralanmaların birlikte tedavi edilmesi ve eksternal veya internal olarak kullanılacak olan en uygun modern tespit yönteminin kullanılarak kırığın tespit edilmesidir (11). Bu sebepten, pelvis anatomisi ve biyomekanikliğinin iyi anlaşılması ve oluşan yaralanmanın biyomekanik özelliklerinin açığa çıkartılması gerekmektedir.

2.3. Pelvis anatomisi

Pelvis anatomisi ve biyomekanikliğinin iyi bilinmesi, kırıkların oluş mekanizmasının ortaya konulması ile birlikte, kırık sonrası gelişebilecek olan komplikasyonlarında öngörülebilmesini sağlamaktadır. Bu durum, hastanın yaşamsal riskinin ortadan kaldırılması ve uygun bir tedavi yönteminin seçilmesi bakımından çok önemlidir (23).

Pelvis latince “leğen” veya “kase” anlamına gelir. Anatomik olarak gerçek (derin) pelvis ve yalancı (yüzeysel) pelvis olmak üzere iki ana bölgeye ayrılır. Yalancı pelvis sakral kanat ve iliakus kası ile örtülmüş iliak çukurdan oluşur. Derin pelvis ise quadrilateral yüzeyler, obturatör membran, ramus ve sakrum ile çevrilidir. Derin pelvis içerisinde periton dışı yapılar olan mesane, vajina, terminal kolon, rektum ve perineal destekleyici bağlar bulunur. (Şekil 2.3) Pelvis tabanı veya pelvik diyafram levator ve koksigeus kaslarından oluşur ve ürethra, rektum ve vajina bu tabanı delerek dışarı açılır.

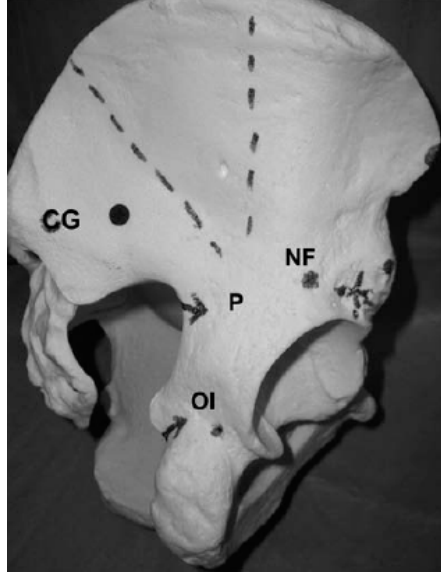


Şekil 2.3. Model pelvis üstünde kemik anatominin inlet görünümü

İliopubik çıkıntının üstünde kalan kısım yalancı (yüzeyel) pelvis, altında kalan kısım ise gerçek (derin) pelvis. Çizgili bölge, içinde femur başının bulunduğu asetabulumun anterior duvarını (AW) göstermekte. Bu bölge vida yerleştirilmesi için uygun değildir. (NF: nutrisyonel foramen, GSN: büyük siyatik çentik, IS: iskiyal çıkıntı, OF: obtüratör foramen, LSS: küçük siyatik çentik)

2.3.1. Kemik Anatomi

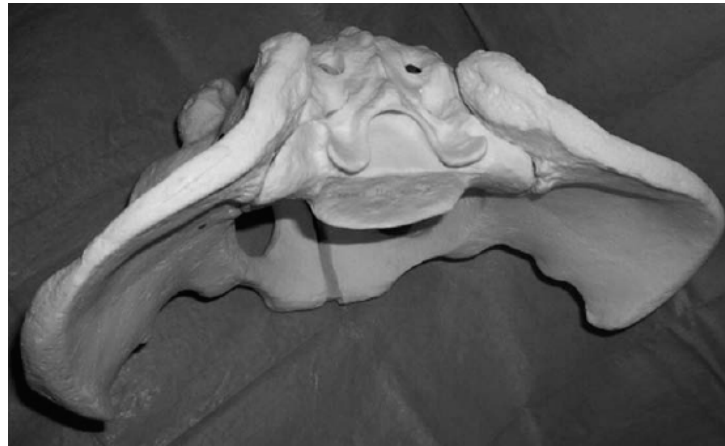
Pelvik halka, posteriorda sakroiliak eklemler, anteriorda symphysis pubis aracılığı ile bir araya gelen iki “innominat” kemik ve sakrum tarafından meydana getirilir. İnnominat kemikler büyüme sırasında, ilium, iskiyum ve pubisin triradiat kırkırdakta birleşmesi ile oluşur ve lateral yüzeyinde, bu üç kemiğin katkıları ile meydana gelmiş olan asetabulum yer alır. Dış iliak çukur, iki adet yarı-dairesel hat ile üç ayrı bölgeye ayrılır: posterior (gluteus maksimus), orta (gluteus medius) ve anterior (gluteus minimus). Anterior bölümde rektus femoris başının bulunduğu bölgede besleyici arterin giriş yeri bulunur. Krista glutea, gluteus maksimus kasının başlangıç yeridir ve posterior süperior iliak çıkıntının sınırında bulunmaktadır. (Şekil 2.4)



Şekil 2.4. İliyumun dış kenarı ve asetabulum

İliyum üç farklı anatomik bölgeye ayrılabilir (kesik çizgiler). Posterior kısım sakrumun eklem yaptığı bölgedir. Orta kısım kas gruplarının yapışma yeridir. Anterior kısımda ise kalın anterior kolon bulunur. Bu kalın kemik tabakası eksternal tespit çivilerinin yerleştirildiği bölgedir. (NF: nutriyonel foramen, P: priformis kas tendonunun seyri, OI: obturatör internus kas tendonunun seyri, CG: krista glutea)

İliak kanat yukarıdan bakıldığında “S” şeklindedir ve anteriorda hafif medial oblik seyir gösterirken posterior iliak çıkıntıya doğru uzadıkça daha sagittal bir seyir gösterir. İliak kanat hematopoetik ve osteojenik kemik iliği ile doludur ve otojen kemik greftinin birincil kaynağıdır. (Şekil 2.5)



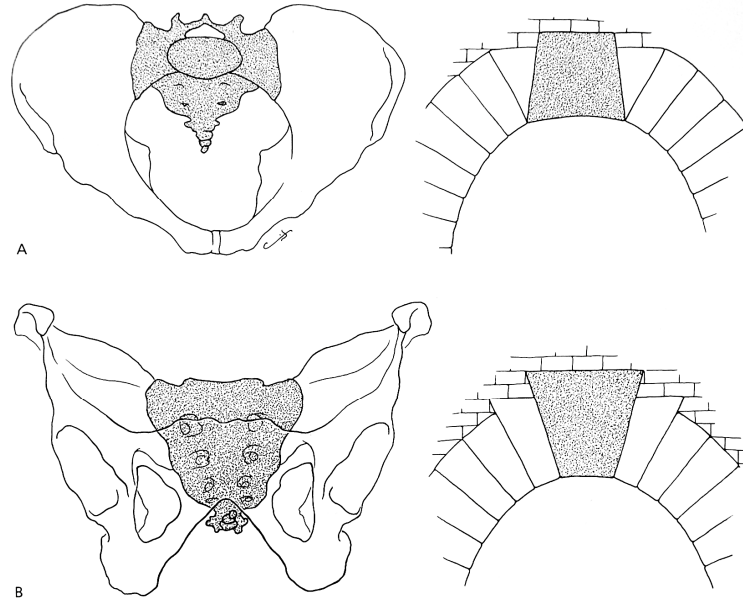
Şekil 2.5. İliak kanatların üstten görünümü

En posteriorunda sagittal düzleme dönen “S” şeklinde iliak kanat görünmekte. Bu anatomik şekile özellikle greft alımı veya çivi yerleştirilmesi sırasında dikkat edilmelidir.

İliak kanadın iç kısmında iliakus ve obturator internus kasları vardır ve iç kısım, pelvik taban kaslarının yapışma yeridir. Posteriorunda, posterior süperior iliak çıkıntı sakroiliak eklem ve dış iliuma komşudur. Siyatik çentik, nörovasküler yapıların priformis

kası ile birlikte pelvisten çıkış yaptıkları yerdir. İskiyal çıkıntı, sakrospinöz bağların, süperior gemellus ve levatör ani kaslarının yapışma yerini oluşturur. İskiyal çıkıntının diğer tarafında obturatör internus tendonunun içinden geçtiği küçük siyatik çentik bulunur. Pudental damarlar ve sinirler bu bölgeden geçtikten sonra pelvisten çıkarlar ve distal kesimde tekrar pelvis içine dönerler. Anterosüperior iliak çıkıntı fascia lata, sartorius kası ve inguinal bağın köken aldığı yerdir. Anterosüperior iliak çıkıntının hemen altında, rektus femoris kasının başının yapıştığı anteroinferior iliak çıkıntı bulunur. Anteroinferior iliak çıkıntının medialinden iliopsoas kası geçer.

İki adet inominat kemik ve sakrum, posteriorda sakroiliak eklemler ile birlikte posterior pelvik halkayı oluşturur. Sakrum, ön yüzden bakıldığında üçgen şeklinde, aksiyel yüzden bakıldığında ise trapezoidal bir şekildedir. (Şekil 2.6) Bu konfigürasyon, sakrumun aksiyel iskelet ağırlığını alt ekstremiteye iletmesine yardımcı olur. Tile ve ark.'larının yapmış oldukları bir çalışmada, aksiyel yüklenmenin sakrum, inominat kemikler ve lomber vertebralar arasındaki eklemleri güçlendirdiği bildirilmiş ve sakrumun bir kilit taşı görevi üstlendiği belirtilmiştir (13). L5 sinir kökü sakrumun S1 ala'sının yüzeyinde bulunur ve bu bölgeye iliosakral vidaların yerleştirilmesi sırasında dikkat edilmesi gerekir. Süperior ala her zaman aynı şekilde olmayabilir ve konveks veya konkav dismorfizm gösterebilir. Ek olarak, sakral vertebralar içerisinde S1 lumbalizasyon veya lomber vertebralar içerisinde L5 sakralizasyon bulunabilir (24).

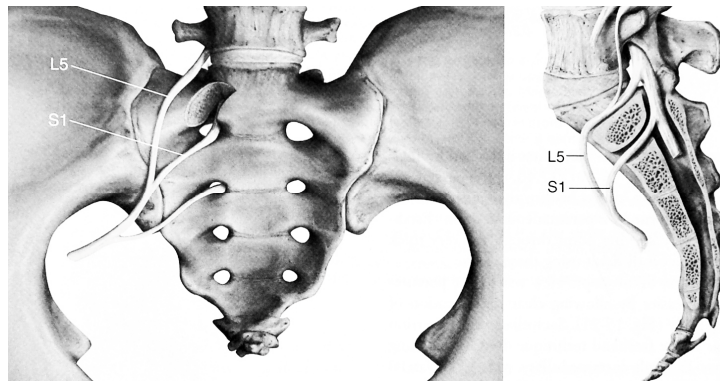


Şekil 2.6. İnlet ve outlet görünümünde sakrumun şekli

Sakrum, aksiyel yüzden bakıldığında trapezoidal bir şekilde (A) ve ön yüzden bakıldığında ise üçgen şeklindedir (B), ve pelvik halkanın tamamlanmasında kilit taşı görevi görür.

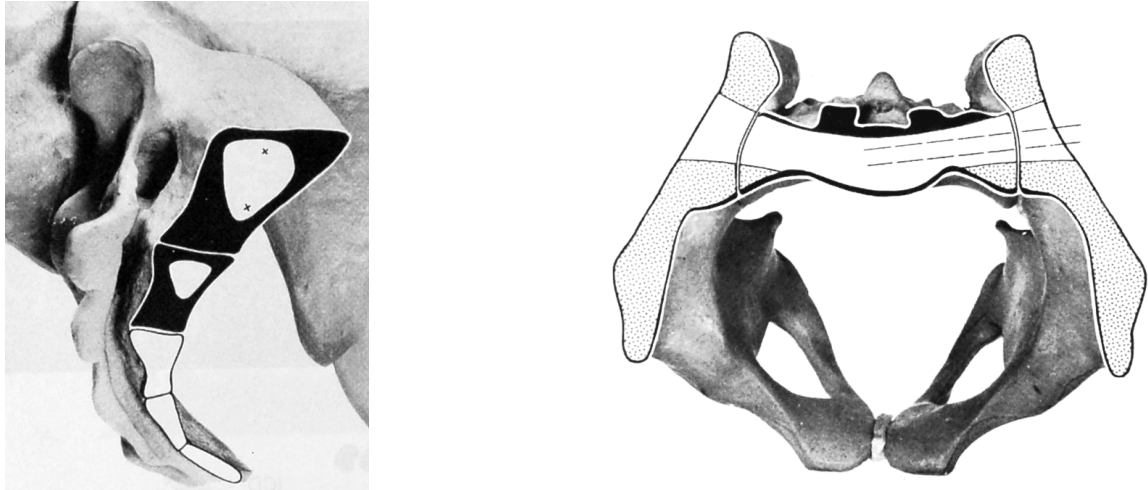
2.3.2. Sakroiliak Vida İçin Fonksiyonel Anatomi

Sakrumun anterior ve süperior yapılarının oryantasyonunun iyi bilinmesi, sakruma perkütan vida gönderilmesi sırasında temel anatomik yapıların belirlenebilmesi amacı ile önemlidir. Böylelikle cerrahi müdahale sırasında gerek vasküler yapıların, gerekse de sinir köklerinin zarar görmesi engellenmiş olur (25). Normal bir sakrumda, süperior ala ve sakroiliak eklem, perkütan vida yerleştirilmesi sırasında iyi bir şekilde görülmelidir. Böylelikle L5 sinir kökünün vidalama esnasında zarar görmesi engellenmiş olur (26). (Şekil 2.7-2.8)



Şekil 2.7. L5 ve S1 sinir kökünün sakrum ön yüzü ile ilişkisi

Koronal ve sagittal planda L5 kökünün sakrum alası ile yakın komşuluğu dikkat çekmekte.

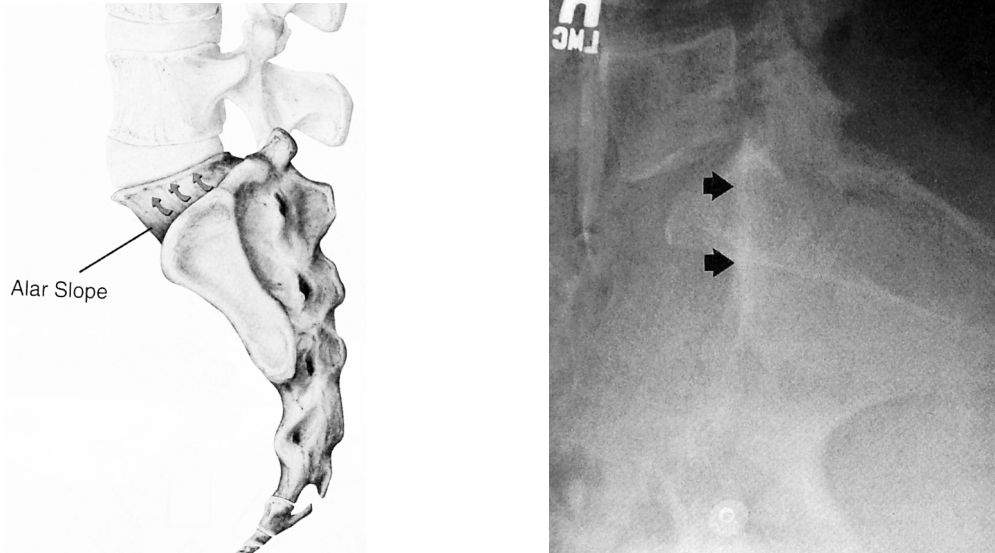


Şekil 2.8. Sagittal ve aksiyel kesitlerde güvenli vida bölgeleri

S1 vertebra içerisindeki tehlikeli alanlar siyah bölge ile gösterilmiş. "X" ile gösterilen yerler iki vida için uygun lokalizasyonlar. Tek vida kullanılacak ise "X"lerin tam orta noktası hedeflenmelidir. Aksiyel kesitte ise sakrum alasının anteriorda konkasitesine dikkat edilmelidir.

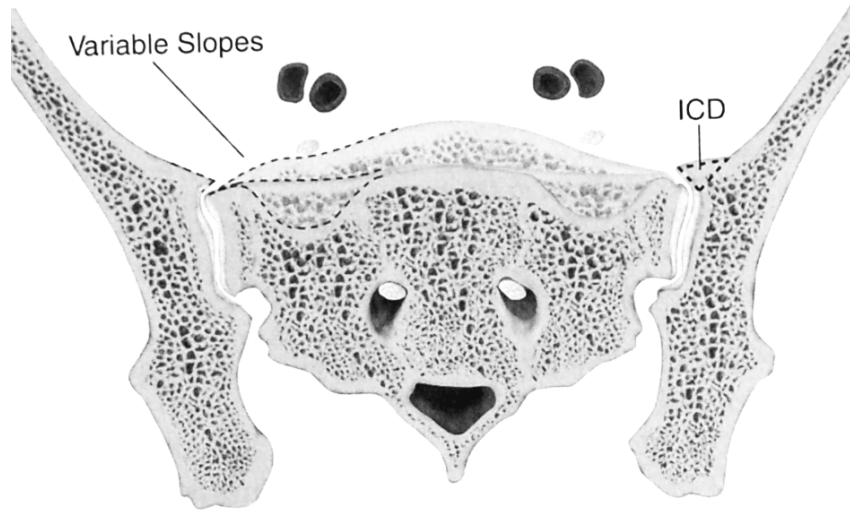
Lateral iliumun tespiti için gerekli olan giriş noktası, vidanın iç-dış-iç seyrini engelleme amacı ile süperior ala'nın inferiorunda ve posteriorunda olmalıdır. Perkütan

sakroiliak vidalama sırasında, sakrum ala'sının tam olarak skopide görülmesi pek mümkün olmadığından, alar eğim (alar slope) veya iliak kortikal yoğunluk olarak adlandırılan görüntü tarif edilmiştir (24). Floroskopi sırasında görülen ve sakroiliak vidalama esnasında oldukça önemli olan bu opasite, sakral ala, iliak korteks ve sakroilaik eklemin subkondral kemiğinin birbiri üstüne binmesi sonucu oluşan bir görüntüdür. Sakroiliak vidalama esnasında, iliak kortikal yoğunluğun inferiorunda kalınması gerekmektedir. (Şekil 2.9) Böylece, vidanın iç-dış-iç seyri engellenmiş olur (24, 26). Ameliyat öncesi planlamada dikkatli olunmalı ve imkan dahilinde bilgisayarlı tomografi çektilererek sakrumda herhangi bir dismorfizm olup olmadığı araştırılmalıdır. Güvenli sakro-iliak vidalama ancak, kaliteli floroskopi görüntüleri ve hasta anatomisinin iyi bilinebilmesi ile gerçekleştirilebilir. (Şekil 2.10)



Şekil 2.9. Alar eğimin şematik ve radyografiksel görünümü

Tam yan direkt sakrum grafisinde büyük siyatik foramenlerin süperimpozisyonu redüksiyonun sağlandığını belirtir. Siyah oklar ise iliak kortikal yoğunluğu göstermekte.



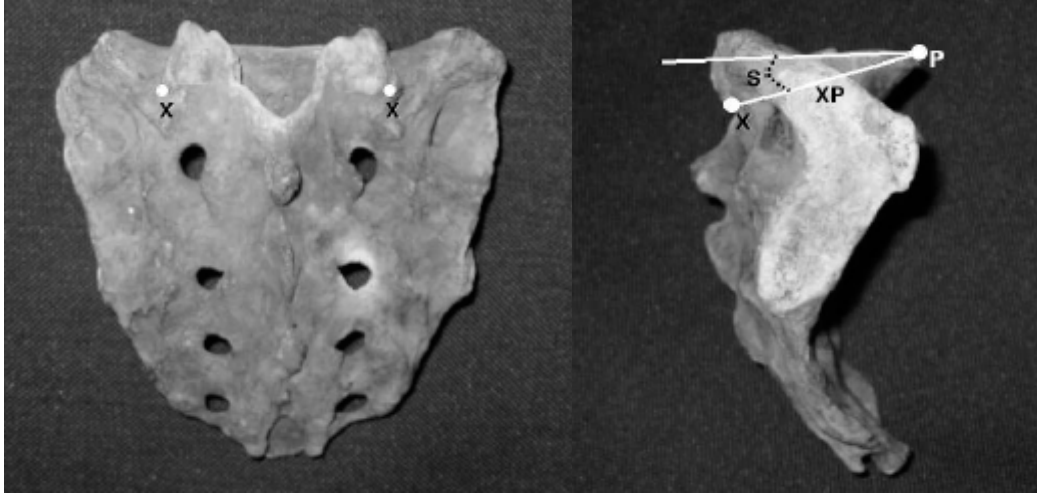
Şekil 2.10. Sakral dismorfizm

Sakrum alası değişik eğim özellikleri gösterebilir (Kısa çizgiler). Bu eğimin tespiti ve iliak kortikal yoğunluk (ICD) ile ilişkisi ameliyat öncesi tam olarak anlaşılmalıdır. Uygun şartlar sağlanabiliyorsa bilgisayarlı tomografi ile sakrum morfolojisi tam olarak ortaya konulmalıdır.

2.3.3. S1 Pedikülü İçin Fonksiyonel Anatomi

Son yıllarda pedikül vidası sistemlerinde ki gelişmelere paralel olarak sakroiliak yaralanmaların tedavisinde modifiye edilmiş spinal cerrahi teknikler kullanılmaya başlamıştır. Güvenli bir şekilde pedikül vidası yerleştirilebilmesi için S1 vertabranın posterior yüzünün ve pedikülünün anatomisinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Literatürde S1 anatomisi ile ilgili Avrupa kaynaklı çalışmalar bulunmaktadır (27, 28). Konu ile ilgili Türkiye kaynaklı tek çalışma Okutan ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmadır (29). Bu çalışmada 30 adet kuru sakrum kadavrası üstünde morfolojik inceleme yapılmış ve sonuç olarak giriş yerine ek olarak derinliğin ve açısal yöneliminde güvenli sakral pedikül vidası uygulaması için önemli olduğu belirtilmiştir.

S1 pedükülü için tarif edilen ideal giriş yeri S1'in süperior eklem uzantısının inferioru ve lateralidir. (Şekil 2.11) Bu noktadan promontoryuma kadar olan mesafe pedikül uzunluğunu gösterir. Anterior medial güvenli bölge lateralde internal iliak ven, medialde promontoryum ve süperiorde promontoryumun 2 cm üstü olarak tanımlanmıştır (30). Uygun vida pozisyonu ileri doğru 40 derece oblik ve kaudale doğru 20 derece yönelimli olmalıdır. Bu açılara uyulması, foramenin medial korteksinde hasara bağlı sinir yaralanması veya aşırı lateralizasyona bağlı promontoryuma komşu vasküler yapıların zarar görmesi riskini azaltır.



Şekil 2.11. S1 pedikülü için uygun vida yerleşimi

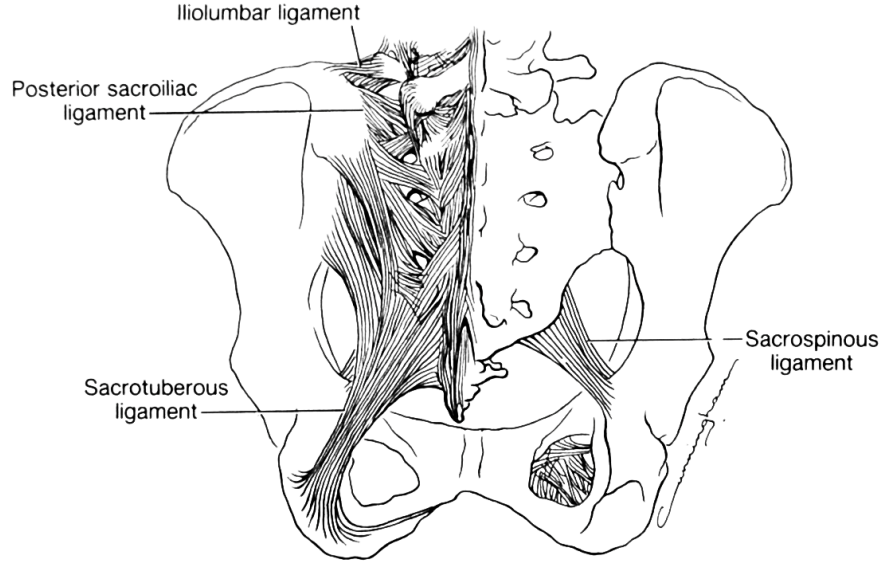
Sakrum posteriorunda süperior eklem uzantısının inferioru ve laterali (X) pedikül vidalarının yerleşimi için uygun yerlerdir. Yan planda pedikül mesafesi (XP) ve pedikül vidasının açılanması (S) görülmekte.

2.3.4. Sakroiliak Eklem Anatomisi

Sakroiliak eklemler güçlü sinoviyal eklemlerdir. Sakrumun eklem yüzeyi hyalin kıkırdak ile ve komşu iliyumun eklem yüzeyi ise fibrokıkırdak ile kaplıdır. Buna rağmen, oluşan eklem tam olarak bir sinoviyal eklem olarak kabul edilemez. Embriyonik olarak, sakroiliak eklemler diğer sinoviyal eklemler gibi gelişim göstermezler. Normal sinoviyal eklemler yoğun mezenkim hücreleri ile kaplı yarıklardan köken alırken sakroiliak eklemler iliyum ve sakrumun posteriorunda direkt teması ile oluşurlar. Ek olarak sakroiliak eklemlerin büyük eklem yüzlerine sahip olmalarına rağmen göreceli olarak küçük sinoviyal boşlukları vardır ve diğer sinoviyal eklemlerin aksine hareket yetenekleri sınırlıdır (31). Eklem yüzleri kemiklerin birbiriyle kenetlenmesine imkan verecek şekilde düzensiz çıkıntı ve çukurlara sahiptir. Fibrokıkırdak ve hyalin kıkırdak ile kaplı olan eklem alt ekstremiteğin güç aktarımı sırasında kilit taşı görevi görür.

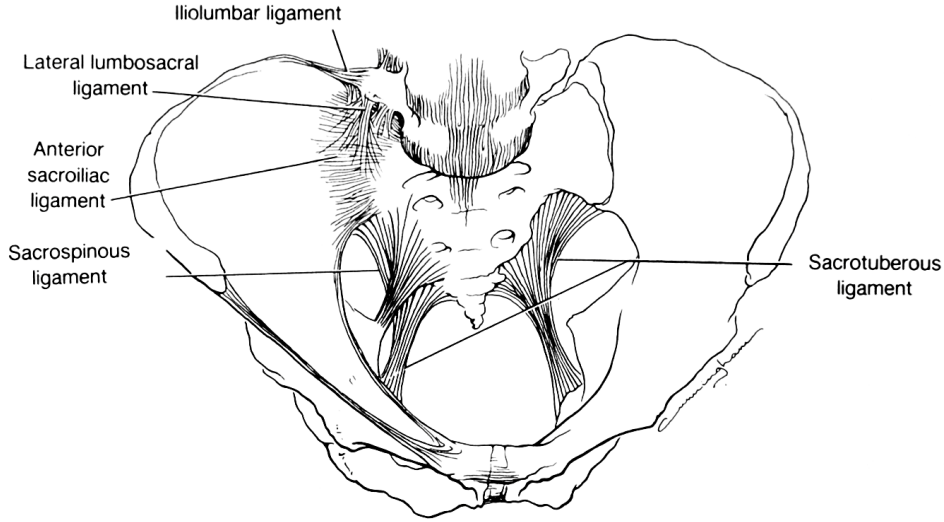
Sakroiliak eklemler bu özelliklerine ek olarak sakroiliak bağlar ile desteklenirler. Bu bağlar aynı zamanda pelvisin mekanik stabilitesine katkı sağlayan en önemli yapılardan biridir (32). Posterior sakroiliak bağ yüzeysel ve derin olarak ikiye ayrılabilir. Yüzeysel bölümü, posterior iliak çıkıntı ve posterior iliak çentikten sakrumun posterior tüberküllerine ve lateral sınırına kadar uzanan ve derin sakroiliak bağların üzerini örten uzunlamasına liflerden oluşur. Derin bölümü ise sakrum kenarı ve tüberküllerinden iliyumun posteroinferior veya posterosüperior çıkıntılarına oblik şekilde uzanan kısa posterior sakroiliak bağlardan oluşur. (Şekil 2.12) Sakroiliak eklemi iç yapısını oluşturan ve vücudun en kuvvetli bağı olarak kabul edilen yapı interosseöz sakroiliak bağıdır. Bu bağ, sakrum ve iliyumun eklem içi çıkıntılarını birbirine güçlü bir şekilde bağlar.

İnterosseöz sakroiliak bağ kısa ve çok güçlü liflerden oluşur ve sakroiliak eklemi taşıyan esas bağ olarak kabul edilir (31). Sakroiliak eklemin anterior bağları ise çoğunlukla kapsülerdir, transvers ve oblik liflerden oluşan düz band şeklindedirler ve pelvis yaralanmalarında sıklıkla ilk yırtılan bağlardır.



Şekil 2.12. Pelvik halkanın stabilitesine katkıda bulunan temel posterior bağlar
Bu bağlar posterior halkada gergi bandı görevi görürler. En güçlüsü interosseöz sakroiliak bağdır.

Posterior pelvik halkanın stabilitesine katkı sağlayan posterior ve anterior sakroiliak bağlara ek olarak sakrotüberöz, sakrospinöz, iliolumbar ve lateral lumbosakral bağlarda bulunmaktadır. Sakrotüberöz bağ, sakrum dorsumunun lateralinden ve posteroinferior ve süperior iliak çıkıntılarının posteriorundan iskiyal tüberositeye uzanan güçlü ve geniş bir bağdır. İskiyal tüberositede bağın medial sınırı obturatör fasya ile devamlılık gösterir. Lateralde ise gluteus maksimusa bağlanır. Sakrospinöz bağ, koksiks ve sakrumun lateral kenarından köken alarak sakrotüberöz bağın altından iskiyal çıkıntıya yapışır. Güçlü ve üçgen şekilli bu bağ iskiyal bölgeyi büyük siyatik çentik ve küçük siyatik foramen olarak ikiye ayırır. İliolumbar bağ quadratus lumborum kasını çevreleyen fasyanın kalınlaşmış kısmıdır. Bilateral olarak bu güçlü bağ beşinci lomber vertebranın transvers uzantılarını iliak krestlere bağlar. Lateral lumbosakral bağ ise beşinci lomber vertebranın transvers uzantısından sakrum alasına uzanır (33) (Şekil 2.13)



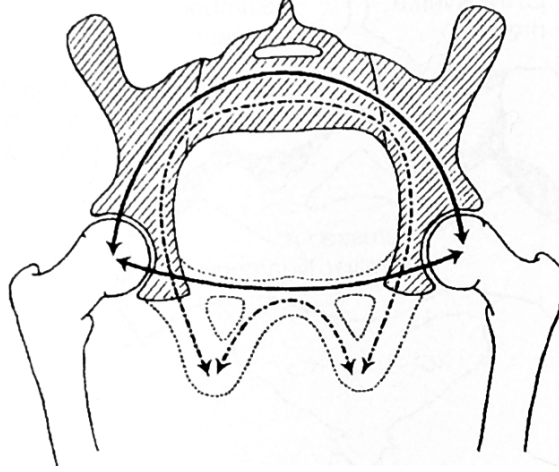
Şekil 2.13. Pelvisin anteroposterior görünümü.

Sakrospinöz bağ, sakrotüberöz bağın anteriorunda bulunan ve üçgen şeklinde güçlü bir bağıdır. Anterior sakroiliak bağ ile beraber sakrospinöz ve sakrotüberöz bağlar anteriorda stabiliteden sorumlu olan temel yapılardır.

Sakroiliak eklemler süperior gluteal, iliolumbar ve lateral sakral arterlerden beslenir ve innervasyonu superior gluteal sinir, sakral pleksus ve S1 ve S2 dallarının dorsal köklerinden sağlanır.

2.4. Pelvis Biyomekaniği:

Pelvis, vertebral kolondan aktarılan insan vucut ağırlığını, ayakta dururken asetabulma, otururken ise iskiyal tüberositelere iletmeye olanak sağlayan bir köprü vazifesi görür (13). (Şekil 2.14) Ağırlık, 5. lomber vertebradan sakrumun ilk üç segmentine, oradan sakroiliak eklemler üzerinden büyük siyatik çentiğın çatısını oluşturan iliuma ve en son olarak da asetabulum veya iskiyal tüberositelere aktarılır. Fizyolojik yükler altında, anterior yapılar (pubik ramus ve symphysis), destek görevi görerek, pelvik halkanın içeri doğru çökmesine engel olur. Posterior sakroiliak kompleks, sakrumun anterior ve inferior deplasmanını önler. Anterior sakroiliak bağlar, sakrospinöz ve sakrotüberöz bağlar da hemiplevisin eksternal rotasyonuna mani olur (11).



Şekil 2.14. Pelvik halkada yük taşıyan bölgeler

Pelvik halkada yük taşıyan esas bölgeler diyagonal bölge ile gösterilmiştir. Diyagonal bölgenin dışında kalan Simfisis pubis, anteriorda yük taşımadan yapısal destek görevi görmektedir.

Pelvisin halka yapısı, pelvis yaralanmalarını tam olarak anlayabilmek için temel teşkil eder. Halkanın herhangi bir yerinde bir yaralanma tespit edildiğinde, halkanın başka bir bölgesinde de yaralanma olabileceğinden şüphelenilmelidir (34). Travmanın şiddeti ve yaralanma mekanizması ne olursa olsun her pelvis kırığı kesin stabil veya stabil olmayan kırık şeklinde sınıflanamaz. Bazı hastlardaki yaralanma “gri” bölgeye girer. Bu sebepten pelvik halka yaralanmaları, mekanik açıdan, stabil, kısmi stabil ve stabil olmayan yaralanmalar şeklinde üçe ayrılır (35):

Stabil Yaralanmalar: Stabil bir yaralanma, kemik kaynaması ve yumuşak doku örtüsünün iyileşmesine kadar geçen süre içerisinde oluşabilecek olan fizyolojik kuvvetlere karşı (yatak içerisinde oturma, yük vermeden mobilize olma vb.) anatomik şeklini koruyup deformasyon göstermeyen yaralanmalar olarak tanımlanabilir (36). Bu tip stabil yaralanmalarda genellikle tek bir bölgede kırık veya bağ hasarı vardır ve pelvisin diğer sağlam kemik ve ligamentöz yapıları stabiliteyi korumaya yardımcı olur.

Kısmi Stabil Yaralanmalar: Rotasyonel olarak stabil olmayan yaralanmalar kısmi stabil olarak kabul edilir. Posterior bağ yapıları ve/veya pelvik tabanı oluşturan bağ yapıları sağlam olduğu için bu tip yaralanmalarda rotasyonel kuvvetlere karşı direnç oluşmazken vertikal kuvvetler altında pelvis hareketi gözlenmez. Dış rotasyon (açık kitap) ve iç rotasyon (lateral bası) olmak üzere iki çeşit rotasyonel anstabilite bulunmaktadır.

Stabil Olmayan Yaralanmalar: Stabil olmayan yaralanmalarda hem anterior yapılar hem de posterior yapılar birlikte zarar görmüştür. Posterior interosseöz ve sakroiliak bağlar sağlam olduğu sürece rotasyonel anstabilite olmasına karşın, hemipelvisin posterior, süperior ve inferiora migrasyonu engellenir (13). Anterior yapılar ve posterior ligamentöz

kompleksin birlikte zarar gördüğü yaralanmalarda ise rotasyonel deplasmana ek olarak, inominat kemik, sakrumun posterior ve süperioruna deplase olur. Bu durum vertikal anstabilite olarak kabul edilir ve sakroiliak yaralanmalarda sıklıkla karşımıza çıkar (23).

Bir pelvisin mekanik anlamda sabit olabilmesi için posteriorda yük taşıyan sakroiliak kompleksin ve destekleyici bağların sağlam olması gerekmektedir (13). Pelvik halkayı bir arada tutan bağların stabiliteye olan katkılarını inceleyen en önemli çalışma Pennal ve arkadaşlarının yapmış oldukları ve bağların sırası ile çıkartılıp pelvik halkanın stabilitesinin değerlendirildiği çalışmadır (37). Simfizis pubis kesildiği ve diğer bağlar korunduğu zaman pelvisin yüklenmesi simfizis pubiste en fazla 2.5 cm'lik bir açılmaya neden olmaktadır. Daha fazla açılma sakrospinöz ve anterior sakroiliak bağlar tarafından engellenmektedir. Hem simfizis pubis hem de sakrospinöz bağlar kesildiğinde ise simfizis pubiste 2.5 cm'nin üstünde bir ayrılma ve hemipelviste dış rotasyon deformitesi geliştiği görülmüştür. Posterior interosseöz ve sakroiliak bağlar korunduğu müddetçe, hemipelvisin posterior, süperior veya anterior yönelimi engellenmiş olur. Sakroiliak bağlar, sakrospinöz bağlar ve sakrotüberoz bağların kesilmesi, rotasyonel olarak stabil olmayan bir hemiplevis'e yol açmış fakat vertikal olarak herhangi bir anstabilite yaratmamıştır. Posterior bağların kesilmesi ile de hem vertikal hem de posterior yöne hareket eden tamamen anstabil bir pelvis oluştuğu görülmüştür. Pennal'ın çalışmasından sonra Tile ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir diğer çalışmada, bağların pelvis stabilitesine olan katkılarının daha karmaşık olduğu ve pelvisin yüklenme mekanizması ve bağların kesilme sırası ile değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (32).

Tek bacak yüklenmesinde, anterior pelviste kompresyon, posterior pelviste ise gerim kuvveti oluşur. Bu sebepten simfizis pubisin kesilmesi çok az deplasmana neden olur. Posterior bağlar kesildiğinde ise tek bacak üstü yüklenmede sakroiliak eklemden oldukça fazla miktarda açılma meydana gelir. Buna karşın, çift bacak yüklenmede ise anterior pelviste gerim kuvveti, posterior pelviste ise kompresyon oluşur. Bu modelde posterior bağlar kesildiğinde çok az deplasman meydana gelirken anterior bağlar kesildiğinde pelviste çok büyük miktarda açılma meydana gelir (32). Bu örneklerde sadece simfizis pubis ve posterior bağların stabiliteye katkısı araştırılmıştır. Buna rağmen, pelvise ait bütün bağlar ve yumuşak dokular göz önüne alındığında, durum çok daha karmaşık bir hal almaktadır.

2.5. Sakroiliak Eklem Biyomekaniği

Sakroiliak eklemnin esas fonksiyonu gövdenin ağırlığını alt ekstremiteye hafifleterek iletmek ve dağıtmaktır. Sakrum gerçekte iliumlar ve omurga arasında süspansiyon görevi görmektedir. Ayrıca sakroiliak eklem gövde rotasyonunu belli bir oranda arttırmaktadır (38). Eklem özellikleri, bağ yapısı ve adale kuvvetlerinin hepsi bu yük transferini başarması için gereklidir. Kama şeklindeki yapısı nedeniyle sakrumun anterior-posterior yanında kaudal ve kraniyel hareketi de vardır (39). Sakroiliak eklemde L5-S1 lomber diskindeki stresi azaltıcı kaudal kayma hareketi yapar. Bu hareket, lomber omurga fleksiyonu sırasında, lomber diskin anterior anulusuna ani ve aşırı kompresyon kuvvetleri etki etmesini engeller.

Sakroiliak eklemnin tek hareket aksı yoktur. Sakrumun rotasyon yaptığı akslar femur pozisyonu değişikçe yön değiştirir. Kalça fleksiyundayken sakrum sagittal aksta döner, kalça abduksiyundayken rotasyon longitudinal aksta gerçekleşir. Kalça eklemi ile karşılaştırıldığında sakral rotasyonlar 1-2 derece ile sınırlıdır (40). Sakroiliak eklem hareketi en fazla yatar pozisyondan oturur pozisyona geçerken oluşur (39). Horizontal olarak yatar pozisyondan oturur pozisyona geçerken postero-süperior iliak çıkıntılar yarım inçten fazla birbirlerine yaklaşır. Alderink ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, sakro-iliak hareketin öne eğilme sırasında olduğu ve postero-süperior iliak çıkıntılarının en fazla bu pozisyonda yaklaştığı belirtilmiştir (40). Yapılan bir başka çalışmada radyografik olarak ölçülen birinci sakral segmentin promontoryumunun öne kayma/rotasyon hareketi ortalama 5 mm olarak bildirilmiştir (39). Stuesson ve arkadaşları sağlıklı genç erişkinlerde yaptıkları bir çalışmada, sakroiliak eklemnin ayakta durma pozisyonundan hiperekstansiyon pozisyonuna geçerken en fazla hareketi yaptığı stereo-radiografiksel olarak gösterilmiş ve ortalama hareketin iki dereceden fazla olduğu bildirilmiştir. Erkek sakroiliak eklemlerin, kadın sakroiliak eklemlerinden daha az hareketli olduğu, kadınlarda yaşla birlikte bu hareket açıklığında herhangi bir azalma olmadığı literatürde yayınlanmıştır (41).

Ayakta durma sonucu oluşan vertikal yüklenme esnasında, sakroiliak eklemlerde temelde ayrılma (shear) kuvvetleri oluşur. Buna rağmen tek bacak üstü veya çift bacak üstü yüklenmelerde sakroiliak eklemnin süperior ve inferior kısımları ile simfisis pubiste oluşan mekaniksel kuvvetler farklılık gösterir. (Tablo 2.1)

Tablo 2.1. Vertikal yüklenme esnasında pelvis eklemlerine uygulanan kuvvetler

Yüklenme	Sakroiliak eklem			Simfizis pubis
	Tüm	Süperior	İnferior	
Tek bacak üstü	Ayrılma	Distraksiyon	Kompresyon	Kompresyon
Çift bacak üstü	Ayrılma	Kompresyon	Distraksiyon	Distraksiyon

Sonuç olarak, sakroiliak eklem, omurga-pelvis-femur bağlantısındaki önemli rolünü, özel anatomik yapısını ve bu özelliklerin ortaya çıkardığı kendine özgü biyomekaniksel özelliklerini iyi kavramak bu eklem travması sonrası ortaya çıkabilecek sorunları daha iyi anlayabilmemizi sağlamaktadır.

Genel olarak, posterior pelvik bağlar, pelvis stabilitesine en fazla katkıda bulunan yapılardır. Çift bacak pelvis yüklenme modelinde pelvik stabilitenin %60'ı posterior yapılardan, %40'ı ise anterior yapılardan sağlanır. Bu durumun bilinmesi pelvisin tespit yöntemleri ve tespit sonrası rehabilitasyon açısından önem taşımaktadır. Stabil olmayan kırıklarda pelvisin yalnızca posteriordan tespiti, ameliyat sonrası dönemde anterior yapılardan gelen %40 oranındaki stabilitenin kaybedilmesine neden olacaktır (42).

2.6. Anstabilite Bulguları

Klinik bulgular:

1. Pelvisin rotasyonu ve/veya ekstremitelerde kısalık ile karakterize ciddi deplasman
2. Posteriorda bağların zarar görmesinden kaynaklanan şişlik ve ezilme bulguları
3. El ile palpasyonda hemipelviste belirgin anstabilite
4. Çevre yumuşak doku, komşu organlar, damar ve sinirlerde tespit edilen yaralanmalar
5. Eşlik eden açık yara

Radyolojik bulgular:

1. Posterior sakroiliak ekleminde >1 cm deplasman
2. Sakrospinöz bağın sakral veya iskiyal ucundan kopma kırıklarının oluşması
3. L5 vertebranın transvers uzantısında kopma kırığı ile ona eşlik eden posteriorda boşluk (gap) tespiti
4. Pubis veya iskiyum kolunda vertikal kırık hatlarının görülmesi

2.7. Pelvis Kırıklarında Yaralanma Mekanizmaları

Farklı tespit yöntemlerinin biyomekaniksel karşılaştırmasını tam olarak anlayabilmek için pelvik halkanın travma sırasında maruz kalabileceği kuvvet mekanizmalarını iyi tanımlamak gerekir. Temel olarak üç farklı kuvvet vektörü bulunmaktadır:

Anteroposterior kompresyon (APK)

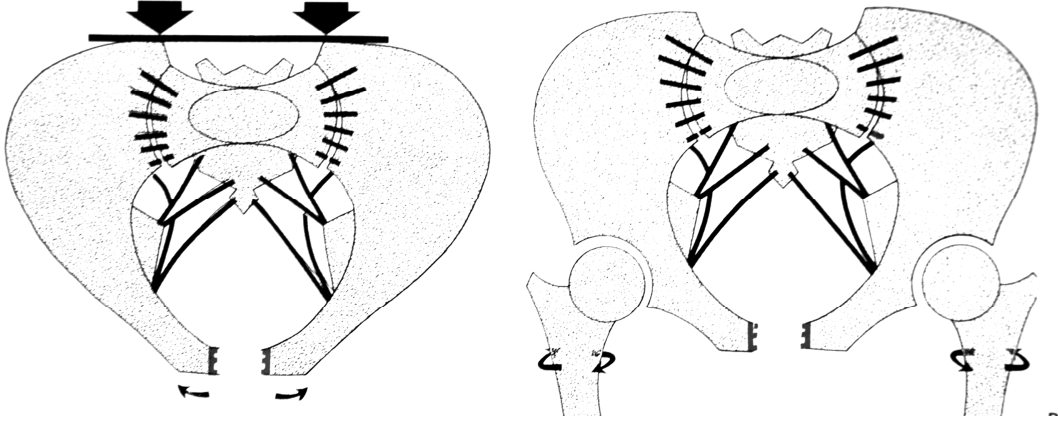
Lateral kompresyon (LK)

Vertikal ayrılma (VA)

Bu kuvvet vektörleri izole veya kombine şekilde pelvik halkada yaralanmaya sebep olabilir. Pelvis yaralanmalarında, kırık genel olarak çoklu kuvvet vektörleri ile meydana gelir. Bu vektörlerin pelvisin destekleyici yapılarına karşı nasıl bir travma oluşturduğunun iyi bilinmesi kırıkların sınıflaması ve tedavi yöntemlerinin belirlenmesi amacı ile önem taşımaktadır.

2.7.1. Anteroposterior kompresyon

APK, genel olarak pelvisin kitap şeklinde açılmasına yol açan kuvvetleri tanımlamak için kullanılır. Bu kuvvet vektöründe, her iki hemipelvis dış rotasyon kuvvetlerine maruz kalır. Sagittal planda pubik ramus kırılır ve symphysis pubis ayrılır. APK devam ettikçe önden arkaya doğru posterior stabilizatörler yaralanır ve sakroiliak eklemden ayrılma meydana gelir. Böylece her iki hemipelvis dış rotasyona dönerek kitap şeklinde açılır. Posterior bağ yapıları korunduğu müddetçe pelvisin vertikal olarak yer değiştirmesi gözlenmez. Posterior veya anterior süperior iliak çıkıntılarının direkt yük altında kalması veya femurun aşırı dış rotasyona dönmesi bu tarz yaralanmaların oluşmasına yol açabilir. (Şekil 2.15)

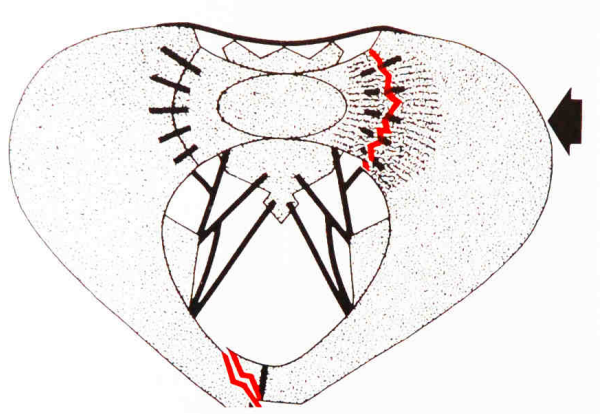


Şekil 2.15. Anteroposterior kompresyon kuvvetleri

Posterior süperior iliak çıkıntılar üstüne binen direkt yüklenmelerde simfizis pubiste açılma meydana gelir. Aynı şekilde femoral ani dış rotasyon kuvvetlerinde de simfizis pubiste açılma meydana gelir.

2.7.2. Lateral kompresyon

LK kuvvetlerinde, pelvis orta hatta doğru çökmeye ve hacimsel olarak azalmaya başlar. İliak çıkıntı, sakroiliak eklem veya trokanter majör asetabulum kırığı da oluşturabilecek şekilde LK kuvvetlerine maruz kalabilir. LK sonucu pelvik halka iç rotasyona dönmeye zorlanır. Koronal planda her iki pubik ramusda, simfizis pubiste veya hem pubis hem de iskiyum kollarının hepsinde kırık meydana gelebilir. Sagittal planda ise posterior halkayı oluşturan sakroiliak eklemlerde, impaksiyon kırıkları oluşur. Kuvvet devam ettikçe posterior iliak kanatta sakroiliak eklem uzanan hilal (kresent) kırıkları meydana gelebilir. (Şekil 2.16) Nadir olarak L5 vertebranın transvers uzantısında kopma kırıkları görülebilir. Özellikle genç hastalarda, kemiklerin daha sağlam olması nedeni ile sakroiliak eklemden kompresyon ve kırık oluşmasından farklı olarak posterior bağ yapısı zarar görebilir.

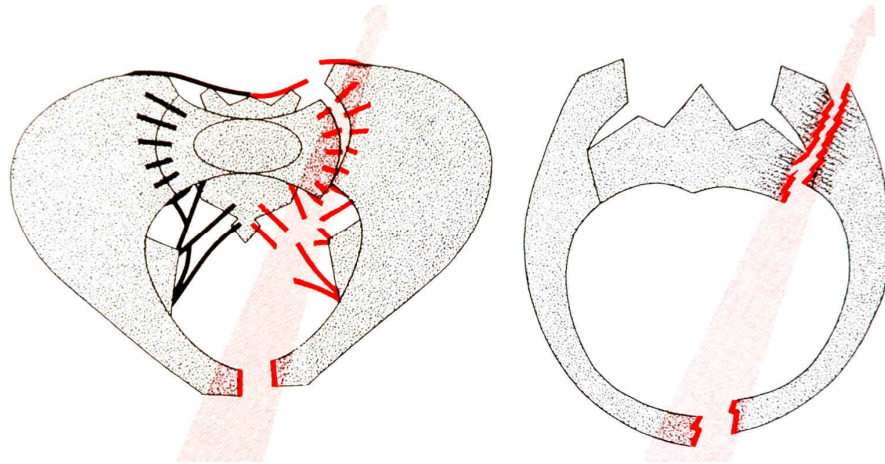


Şekil 2.16. Lateral kompresyon kuvvetleri

Pelvis lateralinden gelen yüklerde pelvis stabilitesini sağlayan bağlar sağlam kalır ve vertikal anstabilite gelişmez. Temel olarak sakroiliak eklemden impaksiyon oluşur.

2.7.3. Vertikal ayrılma

VA yaralanmaları hemipelvise yüksekten tek bacak üstüne düşme gibi travmalar sonrası aşırı aksiyel yük binmesi ile oluşan yaralanmalardır. Sakroiliak bağlar direkt olarak supra-asetabular kolondan aktarılan kuvvetin etkisi altında kalır. Pelvik halkanın stabilitesine yardımcı olan hem anterior hem de posterior yapıların aşırı kuvvet altında yetmezliğine bağlı olarak tüm hemipelvis sefal yöne doğru deplase olur. Buna rağmen pelvisin doğal inklinasyonu nedeni ile inlet grafiğinde hemipelvis sakroiliak eklemlere göre posterosefal yöne deplase olmuş olarak görülür. (Şekil 2.17) Bu deplasman karakteristiği, VA yaralanmalarını sakroiliak eklemlerin laterale deplase olduğu APC tip III yaralanmalardan ayırır. Ek olarak vertikal anstabilitenin tespit edilmesi, iki temel nedenden dolayı önem taşımaktadır. İlk olarak, vertikal anstabilitenin tespiti pelvisin posterior yük taşıma mekanizmasını tamamen bozulduğunu ve sıklıkla posterior veya daha nadir olarak anterior tespite ihtiyaç duyduğunu gösterir. İkinci olarak, hemipelvisin proksimale doğru yer değiştirmesi ve bu pozisyonda kalması ile bacak uzunluk farkı ve oturmada dengesizlik gibi sorunlar gelişmektedir (34, 43). Bu nedenden, APC tip III yaralanmalarının, VA yaralanmalarından ayrımının yapılabilmesi, hastanın prognozu açısından önem taşımaktadır. Önceki çalışmalarda en fazla organ yaralanması görülen kırık tipinin VA yaralanmalar olduğu bildirilmişken, Dalal ve arkadaşlarının yapmış olduğu ve daha sonra literatürdeki çeşitli çalışmalar ile desteklenen bulgu, en fazla organ yaralanmasının, APC tip III yaralanmalarda gözlemlendiği bildirilmiştir (19).



Şekil 2.17. Vertikal ayrılma kuvvetleri

Pelvik halkanın vertikal planda trabeküler yapısına dik ayrılma kuvvetlerine (kırmızı oklar) maruz kalması kemik yapıda belirgin deplasmana, yumuşak doku hasarına ve ciddi anstabiliteye neden olur.

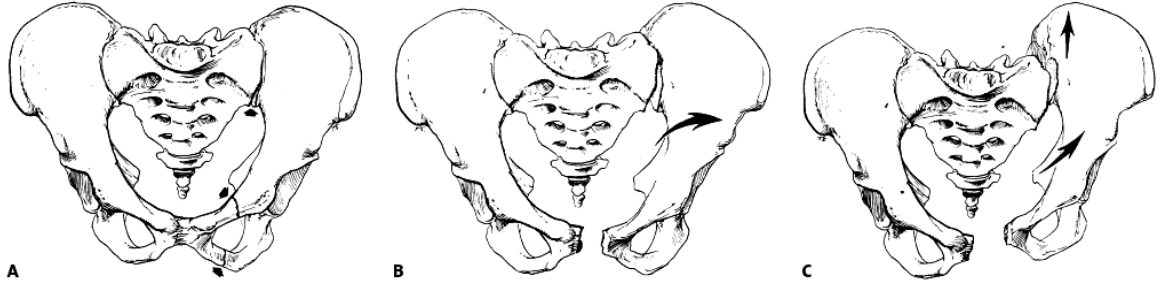
2.8. Pelvis kırık sınıflaması

Pelvik halka yaralanmaları için kullanılan modern sınıflama sistemleri pelvik travmanın şiddetinin tespiti ve hayatı tehdit eden potansiyel yaralanmaların tahmin edilebilmesi için ortopedik cerraha yardımcı olan en önemli araçlardan biridir. İdeal bir pelvis kırık sınıflaması, yaralanmayı kolay bir biçimde tanımlayabilmeli, prognozu belirleyebilmeli, tedavi seçiminde yardımcı olabilmeli ve tedavi sonuçlarının karşılaştırılabilmesine olanak sağlamalıdır (23).

Tarihsel süreçte, bu yaralanmaların sınıflamasında kırık lokalizasyonu, pelvik stabilite, yaralanma mekanizması vb. birçok farklı yöntem denenmiştir (23). Pelvis kırıkları için ilk sınıflama sistemi, Fransız bir cerrah olan Joseph François Malgaigne (1806-1865) tarafından tanımlanmıştır. O tarihten itibaren elliden fazla sınıflama sistemi literatürde yayınlanmıştır. Erken dönem sınıflama sistemlerinin çoğu sadece kırığı tanımlamaktaydı ve klinik kullanımı mümkün değildi. Anatomik sınıflama sistemleri, yaralanmalara eşlik eden risk faktörlerini, muhtemel organ hasarını ve oluşabilecek komplikasyonları içermemesinden dolayı yaygın kabul görmemiştir. Takip eden yıllarda, pelvis kırıkları stabil ve stabil olmayan kırıklar şeklinde sınıflanmaya başlanmıştır. Fakat, rotasyonel ve vertikal yaralanmaların tam olarak stabilite kavramı içerisinde tanımlanamaması nedeniyle bu sınıflama sistemi de pek yaygın kabul görmemiş ve kullanım alanı bulamamıştır (13, 23).

Klinik uygulamaya uygun ilk sınıflama Pennal ve Sutherland tarafından 1961 yılında yayınlanan sınıflamadır (44). İlk olarak bu sınıflama sistemi ile kuvvet vektörleri olan lateral kompresyon, antero-posterior kompresyon ve vertikal ayrılma tarif edilmiştir.

Buna rağmen, bu sınıflama sistemi pelvik halkanın stabilitesini değerlendirme açısından yeterli veriye sahip değildir. 1980 yılında Pennal ve Tile, travma sırasında pelvisin maruz kaldığı kuvvetleri tanımlamış oldukları çalışmaya ek olarak stabilite kavramını da açıklamışlardır (37). 1981 yılında Bucholz yayınlamış olduğu sınıflama sisteminde pelvis yaralanmalarını üç ana başlık altında toplamıştır (35). (Şekil 2.17) Tip 1 yaralanmada pelvik halkada izole simfizis pubis yaralanması vardır ve pelvis stabildir. Bucholz, izole pubik ramus kırıklarına sıklıkla impakte veya deplase olmamış sakrum kırıklarının eşlik ettiğini belirtmiştir. Tip 2 yaralanmada rotasyonel olarak stabil olmayan bir yaralanma vardır. Tip 3 yaralanma ise hem vertikal hem de rotasyonel olarak stabil olmayan yaralanmalardır. (Şekil 2.18)



Şekil 2.18. Buchholz sınıflaması

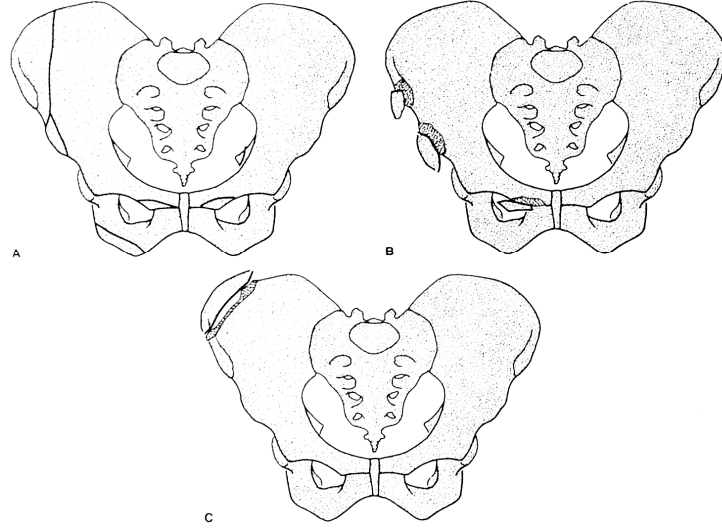
A) Tip I, stabil pelvis. Minimal deplase sakrum kırığı veya hafif sakroiliak eklem posterior subluksasyonu. Pubik ramusta kırık eşlik edebilir veya simfizis pubiste < 2.5 cm ayrılma görülebilir. B) Tip II, orta derecede stabil olmayan pelvis. Açılma ve dış rotasyon şeklinde anterior pelvik halka yaralanması. Simfizis pubiste > 2.5 cm ayrılma. Posterior pelvik halka stabil. C) Tip III, tamamen stabil olmayan pelvis. Hem anterior hem de posterior pelvik halka yaralanması.

2.8.1. Tile Sınıflaması

1988 yılında Tile ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir başka sınıflamada, kuvvet yönleri ile radyografik stabilite kriterleri birleştirilmiş ve kırıklar stabil (Tip A), rotasyonel anstabil (Tip B) ve hem rotasyonel hem de vertikal olarak anstabil (Tip C) olarak sınıflanmıştır (13). (Tablo 2.2) (Şekil 2.19-2.25)

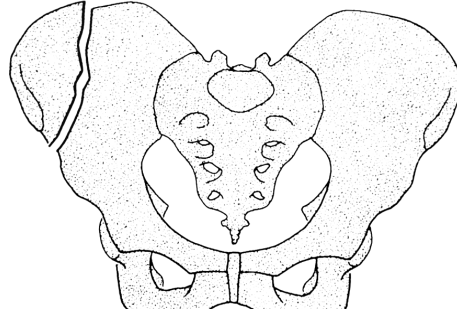
Tablo 2.2. Tile sınıflama sistemi, kırık oluşma mekanizmaları, stabilite ve alt grupları

Tip			Tanım	Stabilite
A Posterior halka sağlam	A1 Kopma	A1.1	Ant.iliak spine kopma	Stabil
		A1.2	İliak krest kopma	
		A1.3	İskial çıkıntı kopma	
	A2 Direkt Patlama	A2.1	İliak kanat kırığı	Stabil
		A2.2	Unilat. pubis kolu kırığı	
		A2.3	Bilat. pubis kolu kırığı	
	A3 Transvers sakrum kırığı	A3.1	Sakrokoksigeal dislokasyon	Stabil
		A3.2	Nondeplase sakrum kırığı	
		A3.3	Deplase sakrum kırığı	
B İnkomplet yaralanma	B1 APK	B1.1	Açık kitap	Rostasyonel anstabil Vertikal stabil
		B1.2	Açık kitap+sakrum kırığı	
	B2 LK	B2.1	Pubik kol kırığı Tilt veya kilitli simfizis	Rostasyonel anstabil Vertikal stabil
		B2.2	Pubis kolu+karşı tarak Sİ impaksiyon (kova-sapı)	
		B2.3	İnkomplet posterior iliak kırık	
	B3.1 APK	B3.1	Biateral B1 yaralanma	Rostasyonel anstabil Vertikal stabil
	B3.2 AP+LK	B3.2	Bilateral B1+B2 kombinasyonu	
	B3.3 Bilat. LK	B3.3	Bilat. B2 yaralanma	
	C Komplet yaralanma	C1 VA	C1.1	Deplase iliak kırık
C1.2			Sİ eklem dislokasyonu/kırığı	
C1.3			Deplase sakrum kırığı	
C2 VA+APK/LK		C2	İpsilat. C1 yaralanma, kontralat. B1 veya B2 yaralanma	
C3 Bilat. VA		C3	Bilat. C1 yaralanma	



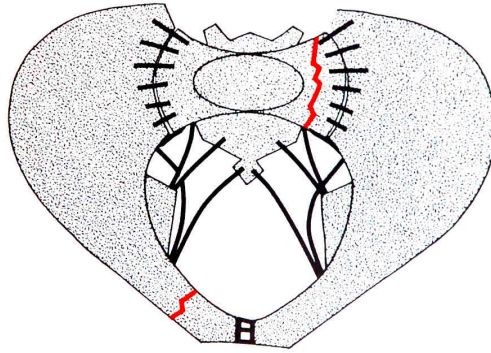
Şekil 2.19. Tip A1 pelvis kopma kırıkları

Kopmalar genel olarak büyüme evresindeki adölesanlarda ani kas kontraksiyonları sonucu meydana gelir. Kopmalar sıklıkla anteroinferior ve anteriorsüperior çıkıntılar ile iskiyal çıkıntıda görülür. Nadir olarak iliak kanattan büyük bir parçada ayrılabilir.



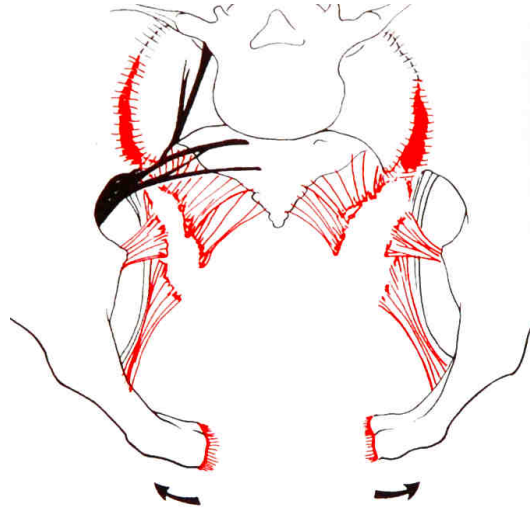
Şekil 2.20. Tip A2-1 pelvis kırığı.

Pelvik halkada herhangi bir kırık veya bağ hasarının olmadığı izole iliak kanat kırığı. Bu kırıkların prognozu iyidir ve sorunsuz iyileşirler.



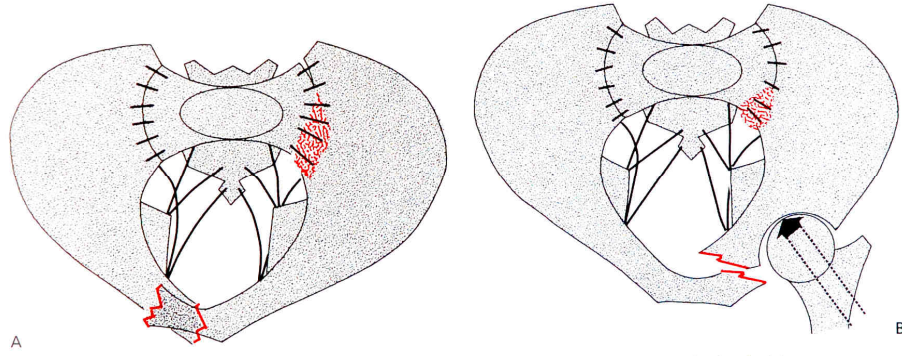
Şekil 2.21. Tip A2-2 pelvis kırığı

Tek taraflı pubik kol kırığı ve eşlik eden karşı taraf sakroiliak impaksiyon yaralanması. Tip A2 kırıklar stabil ve deplase olmamış olan kırıklardır. Bilateral pubis kolu kırıkları tip A2-3 kırıklar olarak sınıflandırılır.



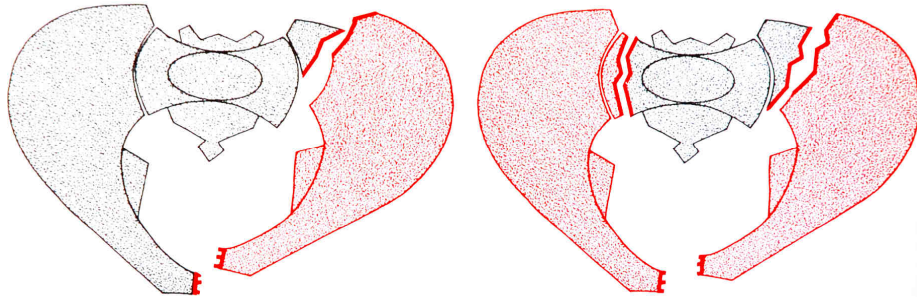
Şekil 2.22. Tip B1-1 pelvis açık kitap yaralanması

Tipik bir açık kitap yaralanması anteroposterior kompresyon kuvveti veya femoral dış rotasyon kuvveti ile oluşur. Pelvis tabanında, anterior sakroiliak bağlarda ve simfizis pubiste ayrılma meydana gelir. Posterior sakroiliak bağlar sağlam olduğu müddetçe bu tarz bir yaralanma dış rotasyon anstabilitesi ile sonuçlanır. Vertikal yönde bir stabilite bozukluğu gözlenmez.



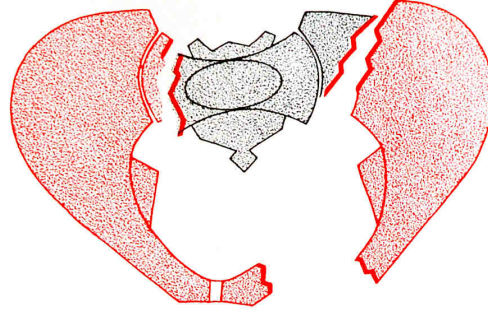
Şekil 2.23. Tip B2-2 pelvis kırığı

İliak krestin maruz kaldığı lateral kompresif güçler sonrası hemipelviste iç rotasyon ile birlikte sakroiliak eklemden impaksiyon ve karşı taraf veya aynı taraf pubis veya iskiyum kolunda kırık meydana gelir. Anterior pelvik halkada kilitli simfizis veya tilt oluşabilir.



Şekil 2.24. Tip C1 ve C2 pelvis yaralanması

Tip C1 yaralanmada stabil olmayan tek taraflı hemipelviste, hem simfizis pubisten ayrılma hem de sakroiliak eklemden vertikal planda kırıklı çıkık meydana gelir. Tip C2 yaralanmalarda ise pelvik halkada bilateral yaralanma vardır. Yaralama bir tarafta kısmi stabil olarak kabul edilen B tipi yaralanmadır (bu şekilde sakrum kırığı). Diğer tarafta ise C tipi bir yaralanma (bu şekilde sakroiliak ekleme uzana iliak kanat kırığı) vardır.



Şekil 2.25. Tip C3 pelvis yaralanması

Her iki hemipelviste de tamamen stabil olmayan bir yaralanma ile karakterizedir.

2.8.2. Young ve Burgess Sınıflaması

Bir başka sınıflamada Young ve Burgess, Pennal ve arkadaşlarının yapmış olduğu sınıflamayı değiştirerek daha önce tanımlanmış olan mekanizmaları alt gruplara ayırmış ve değişik mekanizmaların, aynı hastada birlikte görülebileceğini belirterek “kombine yaralanma” mekanizmasını tanımlamışlardır (45). Bu sınıflamanın en önemli avantajlarından bir tanesi, tespit edilmesi güç olan posterior yaralanmaları, anterior yaralanma ile ilişkilendirerek tanımlamaya yardımcı olmasıdır. Aynı zamanda eşlik eden yaralanmaları tahmin edebilmeyi kolaylaştırır ve en uygun tedavinin seçilmesine yardımcı olarak morbidite ve mortaliteyi azaltır (19, 46). (Tablo 2.3)

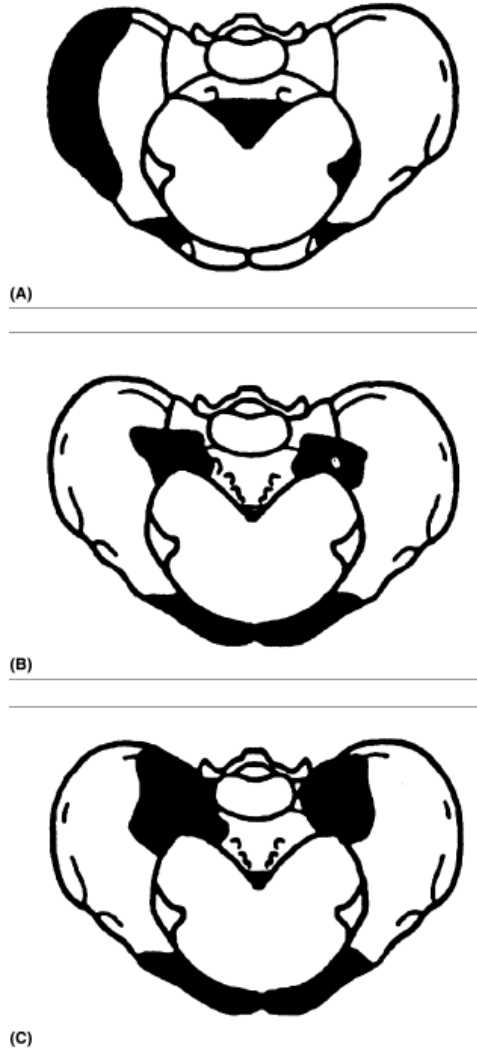
Tablo 2.3. Young ve Burgess sınıflama sistemi

Tip	Tanım	Deplasman	Stabilite
APK I	Pubik ayrılma <2.5 cm	ER	Stabil
APK II	Pubik ayrılma >2.5 cm, anterior Sİ ayrılma	ER	Vertikal stabil Rotasyonel anstabil
APK III	Tip II+posterior Sİ ayrılma	ER	Vertikal stabil Rotasyonel anstabil
LK I	İpsilateral sakral impaksiyon veya horizontal pubik ramus kırığı	IR	Stabil
LK II	Tip I+ipsilateral iliak kanat veya posterior Sİ ayrılma	IR	Vertikal stabil Rotasyonel anstabil
VA	Vertikal pubik ramus kırığı, Sİ ayrılma+/- komşu kırıklar	Vertikal (Kraniyal)	Vertikal anstabil Rotasyonel anstabil

2.8.3. AO/OTA Sınıflaması

Yukarıda sözü edilen tüm sınıflama sistemleri, temelde yüksek mortalite, artmış kan transfüzyon ihtiyacı ve eşlik eden yaralanmalar sebebi ile stabil olmayan posterior pelvik halka kırıklarının hızlı, erken ve agresif tedavisi için kullanılmaktadır (46-48). Bu amaçla son yıllarda kullanılmaya başlanan bir başka sınıflama sistemi AO/OTA grubunun

sınıflamasıdır. Bu sınıflama sistemi temel olarak, Tile'in sınıflama sistemindeki mekanik alt grupları, stabilite kavramına göre yeniden yorumlamıştır. Bu sınıflamaya göre örneğin tip B (rotasyonel anstabil) olan kırıklar sadece anterior tespitten fayda görebilirken tip C (tam anstabil) kırıklar hem anterior hemde posterior tespitte ihtiyaç duymaktadır. (Tablo 2.4) (Şekil 2.26)



Şekil 2.26. AO/OTA sınıflama sistemine göre pelvik halka yaralanması

(A) Pelvik halkayı ilgilendirmeyen A-tipi stabil yaralanma. (B) Posterior pelviste kısmi yaralanma ile karakterize B-tipi rotasyonel olarak anstabil yaralanma. (C) Posterior yapıların tamamıyla zarar gördüğü C-tipi tam anstabil yaralanma.

Tablo 2.4. AO/OTA pelvis kırıkları için sınıflama sistemi

Tip	Grup	Alt grup		
		1	2	3
A Stabil	1-kopma	İliak çıkıntı	İliak krest	İskiyal çıkıntı
	2-direkt patlama	İliak kanat	Unilateral anterior halka	Bilateral anterior halka
	3-sakrum	Sakrokoksigeal dislokasyon	Sakrum-nondeplase	Sakrum-deplase
B Kısmi Stabil	1-açık kitap	Anterior Sİ ayrılma	Sakral kırık	
	2-lateral komp.	Anterior sakral	Parsiyel Sİ subluksasyon, kompresyon	İnkomplet posterior iliak kırık
	3-bilateral	Bilateral B1	B1+B2	Bilateral B2
C Tamamen anstable	1-unilateral	İlium boyunca	Sİ eklem boyunca	Sakrum boyunca
	2-ipsilateral komplet kontralateral inkomplet	İlium boyunca komplet	Sİ boyunca komplet	Sakrum boyunca komplet
	3-bilateral	Bilateral ektrasakral	Bir taraf sakral Diğer taraf ektrasakral	Bilateral sakral

Kullanılan sınıflama ne olursa olsun, temelde önemli olan, mümkün olan en kısa sürede hastaya müdahaleye olanak sağlayan, hızlı ve etkili bir değerlendirme yapabilmektir. Bunu yapabilmek içinde hastayı değerlendiren doktorun kendisine en uygun sınıflama sistemini seçmesi esastır. 2005 yılında, O’Sullivan ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada, Young ve Burgess sınıflama sistemi ile AO/OTA sınıflama sistemi karşılaştırmış ve her iki kırık sınıflaması ve mortalite arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir (49).

2.9. Cerrahi tespit endikasyonları

Pelvis kırıklarında cerrahi müdahale ne zaman gereklidir sorusu, yaralanma mekanizması ve yaralanmanın biyomekanik özelliklerini göz önünde bulunduran bir tartışmanın konusudur (13). Temel anlamda pelvis yaralanmaları için cerrahi endikasyonlar üç ana başlık altında toplanabilir. İlk olarak, hastanın hayatta kalabilmesi ve hayatını tehdit eden yaralanmalarının kontrol altına alınabilmesi için gerekli olan acil veya hasar-kontrol cerrahisidir (50). İkinci grup ise taze pelvis yaralanmasında rekonstrüksiyon cerrahisidir (13, 51-53). En son olarak ise, üçüncü grupta, planlı rekonstrüksiyon cerrahisi sonrası başarılı olmamış veya sorun gelişmiş hastalarda (en sık olarak kaynamama veya yanlış kaynama örnek gösterilebilir) yapılan komplikasyon cerrahisidir (54, 55).

Deplase pelvik halka yaralanmalarında hangi hastalara planlı rekonstrüksiyon ameliyatı olarak redüksiyon ve cerrahi tespit yapılması gerektiği tartışmalı bir konudur. Karar aşamasında anstabilitenin ve deformitenin tespiti, hastanın beklentisi ve yapılacak olan herhangi bir cerrahi müdahaleye karşı olası fizyolojik yanıtı değerlendirilmelidir. Stabil kırıklar ile birlikte 2.5 cm altındaki symphysis ayrılmasının görüldüğü anteroposterior kompresyon yaralanmalar, sakral impaksiyon gösteren lateral kompresyon yaralanmaları, laparotomi gerektiren abdominal yaralanmalar veya ilerleyici deplasman olmadığı yaralanmalar cerrahi dışı yöntemler ile tedavi edilebilir (36, 56, 57). Bazı durumlarda, symphysis pubis ayrılması 2.5 cm altında olsa dahi, geçmeyen ağrı şikayeti olan hastalarda açık redüksiyon ve internal tespit uygulanabilir. Symfizis pubiste 2.5 cm'den daha fazla ayrılması olan anteroposterior kompresyon yaralanmalar, rotasyonel olarak anstabil kabul edilir. Bu yaralanmaların plak-vida veya eksternal fiksator ile tespiti iyileşme sürecini hızlandırır ve kabul edilebilir bir dizilim sağlar (5, 31, 58). Symfizis pubiste ayrılma ve pubik ramusta kırık olan açık kitap tarzı yaralanmalarda ise, plak tespiti ile anterior abdominal duvar ve inguinal bağ sağlam ise rotasyonel olarak stabil olmayan bir yaralanma stabil hale getirilebilir (31).

Vertikal olarak stabil olmayan posterior pelvik halka yaralanmaları sıklıkla retroperitonyel kanama ile seyrederek ve bu yaralanmaların başlangıç tedavisi eksternal tespit uygulanmasıdır (19, 56). Eksternal tespit tek başına yeterli bir tespit değildir ve geçici olarak kullanılmalıdır. Genel olarak, bu tarz vertikal stabilite bozukluğu olan yaralanmaların kalıcı tedavisi internal tespit yapılmasıdır (13, 31, 42, 57-59).

2.9.1. İnternal tespit avantajları ve riskleri

İnternal tespit, anatomik redüksiyon sağlayarak bacak uzunluk farkı ve yürüme bozukluğuna neden olan yanlış kaynamayı önler. Bu sayede kalıcı deformite engellenerek oluşabilecek olan komplikasyonlar en aza indirgenir. İnternal tespit, biyomekanik anlamda eksternal tespite oranla çok daha güçlü bir stabilizasyon sağlar (56, 60). Bu sayede, elde edilen redüksiyon daha uzun süre ve güvenilir bir biçimde korunmuş olur. Kılavuz sistemlerinin ve görüntüleme yöntemlerinin gelişimi ile posterior yaralanmalarda perkütan vida kullanımı daha güvenli bir hale gelmiş ve posteriordan cilt ve yumuşak doku kesileri küçültülerek en az sorun ile internal tespit yapılabilme olanağı doğmuştur (21, 61). İnternal tespit bir başka avantajı erken mobilizasyon ve kısa hastanede kalış süresine olanak sağlamasıdır (62).

İnternal tespit en önemli risklerinden bir tanesi, damar, sinir veya yumuşak doku ve organların zarar görebilme ihtimalidir. İnternal tespit bir diğer riski ameliyat sonrası

dönemde yara yeri enfeksiyonu gelişebilme olasılığıdır. Her ne kadar günümüzde geniş cerrahi kesi yapılmasından kaçınılsa da, enfeksiyon halen ciddi bir risk oluşturmaktadır. Son olarak da cerrahi sonrası özellikle uzun dönem takipte yetersiz tespite bağlı olarak implant yetmezliği görülebilmektedir (33).

2.10. Sakroiliak yaralanma

Sakroiliak yaralanmalar, sıklıkla nörolojik komplikasyonların eşlik ettiği, posterior pelvik halka yaralanmalarının önemli bir parçasıdır. Özellikle stabil olmayan ve yüksek enerjili yaralanmalarda, sakroiliak eklemin ventral yüzüne yaslanmış olan preskaral venöz pleksus kaynaklı kanamalara bağlı hemodinamik anstabilite gelişebilmektedir (56). Bu nedenden, güçlü bir pelvik stabilizasyon ile bu kırıkların yol açabileceği kısa ve uzun vadeli komplikasyonları gidermek amaçlanmıştır. İdeal olan, yapılan nihai tedavi ile yeterli tespiti sağlayıp, hastanın yatağa bağımlılık süresini mümkün olduğunca azaltmaktır (63). Literatürde çoğu yazar, internal tespit sonrası, hastaların sakroiliak yaralanma olan tarafa, 10 ila 12 hafta yük vermeden mobilize olması gerektiğini bildirmiştir (13, 42, 64). Bu şekilde hastalar yatağa bağımlı olmaktan kurtarılmış, ayağa kaldırılarak oluşabilecek olan sorunlar en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Sakroiliak yaralanmalar için değişik tedavi yöntemleri literatürde tarif edilmiş olmasına rağmen, halen altın standart tedavi yönteminin hangisi olduğu tartışmalıdır. Eksternal fiksator kullanımı, özellikle erken dönemde, ciddi yumuşak doku hasarı ve kan kaybı ile birlikte hemodinamik anstabilitesi olan hastalarda pelvik hacmi azaltması, kırık yüzlerinin veya eklemlerin hareketini en aza indirmesi ve devam eden venöz kanamaya tampon görevi görmesi ile etkili bir tedavi sağlayabilir (65, 66). Buna rağmen, eksternal fiksator kullanımı ile yeterli stabilizasyonun sağlanamadığı ve erken yük verme ile yürümenin mümkün olmadığı bazı çalışmalarda bildirilmiştir (52, 57). Bu nedenden daha iyi stabilizasyon ve daha erken yük vermeyi sağlayabilmek için internal fiksasyon yöntemleri öne çıkmıştır. Anterior ve/veya posterior tespit yöntemleri kullanılabilir (13, 67). Yapılan çalışmalarda sadece anterior (60, 68, 69), sadece posterior (2, 70) veya anterior ve posterior tespit yöntemleri çeşitli kombinasyonlarda uygulanarak (52, 61, 67) karşılaştırmalar yapılmıştır. Tek başına anterior tespit yöntemlerinin yeterli tespiti sağlamadığı kimi çalışmalarda belirtilmiştir (13, 71, 72). Bununla birlikte özel olarak sakroiliak eklemin tespiti için de 1,2 veya 3 sakroiliak vida, ventral sakroiliak plak, gergi bandı plaklama veya sacral bar kullanımı gibi çeşitli yöntemler bildirilmiş, buna rağmen hangi yöntemin daha üstün olduğu belirlenememiştir (1, 67, 73). Bu tarz klinik çalışmalarda ortaya çıkan sonuçların yorumlanıp altın standart olarak kabul edilebilecek bir

tedavi yönteminin oluşturulamamasının nedeni, takip sürelerinin değişkenliği, incelenen pelvis kırıklarının homojen olmaması, eşlik eden organ ve nörolojik yaralanmaların çeşitliliği ve pelvis yaralanmaları için güvenli ve subjektif bir ölçüm skalasının olmaması olarak açıklanabilir. Bu nedenlerden dolayı konu ile ilgili gerek kadavra gerekse de sert plastik pelvis maketleri üzerinde gerçekleştirilmiş biyomekanik çalışmalar ön plana çıkmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Model Hazırlığı

Çalışmada 22 adet, poliüretan köpükten özel olarak üretilmiş, kansellöz kemik yapısına benzeyen bir iç yapı ve bu iç yapıyı çevreleyen daha sert bir dış kabuktan oluşan erkek pelvis modelleri (Synbone AG, Malans, İsviçre, Model No:4060) kullanıldı. Modeller temel olarak ortopedik cerrahi eğitim ve biyomekanik çalışmalar için tasarlanmış ve daha önce literatürde yayımlanmış birçok çalışmada güvenli bir şekilde kullanılmıştır (15, 74). Sakroiliak eklem anatomisi açısından incelendiğinde ise, kullanılan modeller, morfolojik açıdan eklem değişkenliğini en aza indirerek deneysel örnekler arasında uyumu sağlayabilmiştir. Ek olarak, tek tip model kullanılarak, implant tespitinde oluşabilecek olan yapısal farklılıklar ortadan kaldırılmış ve her tespit yönteminde homojen çalışma gruplarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Yirmibir adet pelvik modelde Tile tip C çift taraflı sakroiliak ayrılma modeli oluşturuldu, geriye kalan bir adet model ise üretici firmadan geldiği şekilde bırakıldı ve modelin temel biyomekanik mukavemetini aksiyel yüklenme altında test etmek amacıyla kullanıldı. Deneyin hazırlık aşamasında, ilk önce üniversitemizin mühendislik fakültesi makine mühendisliği bölümü'nün önerileri doğrultusunda, pelvik modele uyan metal bir çene yaptırıldı. Bu çene, pelvik modelin her iki taraf büyük siyatik çentiğini tutacak şekilde dizayn edilmiş "U" şeklinde iki adet metal lehva ve bu iki lehveyi yatay planda birleştiren bir başka metal lehvadın üretilmiştir. (Şekil 3.1) Her deneyde aynı çene kullanıldı. Çene, pelvik modeli aksiyel yüklenme altında eğilme ve dönme kuvvetlerine karşı stabilize edecek ve pelvisin fizyolojik anterior inklınasyonuna olanak sağlayacak şekilde tasarlandı. Bu şekilde her deney öncesi değişmeyen bir deneysel model aparatı oluşturuldu.



Şekil 3.1. Deney sırasında kullanılan metal çene

3.2. Çalışma grupları

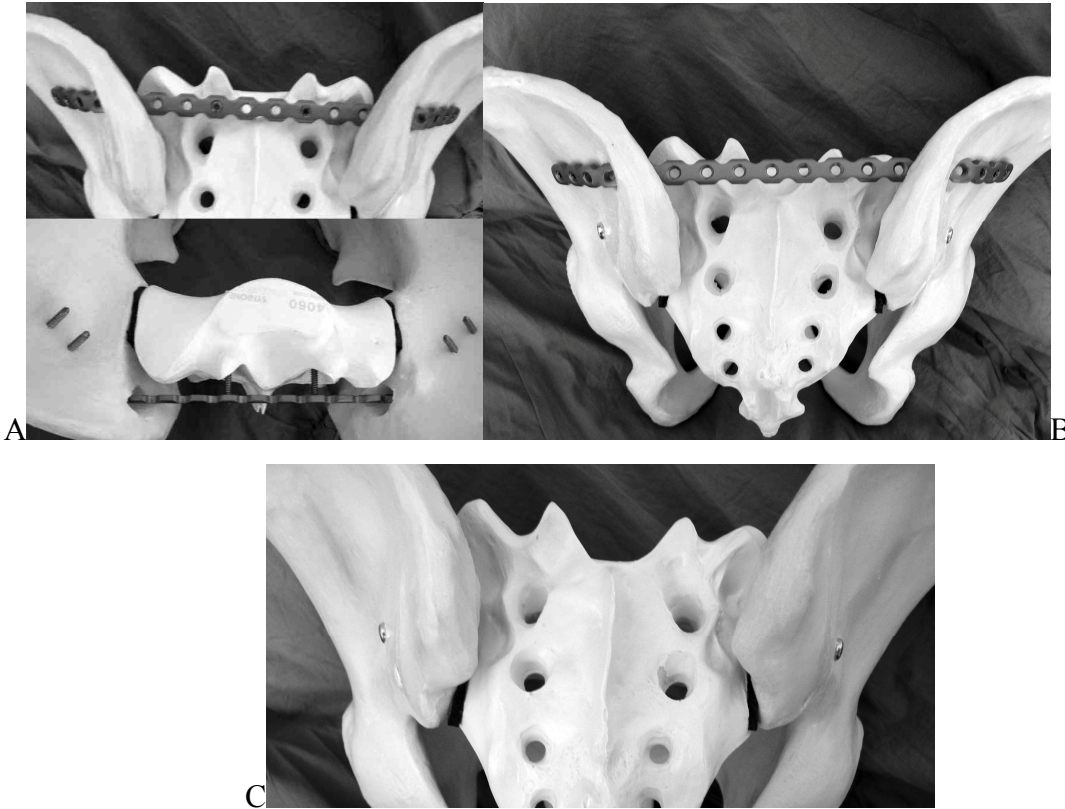
Pelvik modelde oluşturulan Tile tip C çift taraflı sakroiliak ayrılma, üç farklı homojen tespit grubu oluşturularak, değişik şekillerde ve her grup için standart bir protokol kullanılarak tespit edildi. Her grupta yedi adet pelvik model kullanıldı:

Grup 1: Her iki iliak kanat ve bilateral S1 vertebra pediküllerden 3.5 mm'lik kilitli kompresyon plağı (Kanghui Inn.Co.Ltd., Jiangsu, China) ve kilitli vidalar kullanılarak gerçekleştirilen posterior gergi bandı plaklama (Şekil 3.2-A, Şekil 3.3-A)

Grup 2: Her iki taraf iliak kanattan 3.5 mm'lik kilitli plak (Kanghui Inn.Co.Ltd., Jiangsu, China) ve bilateral 6.5 mm'lik spongiöz sakroiliak vida (Orthopro Inc., NC, USA) kullanılarak gerçekleştirilen posterior tespit (Şekil 3.2-B, Şekil 3.3-B)

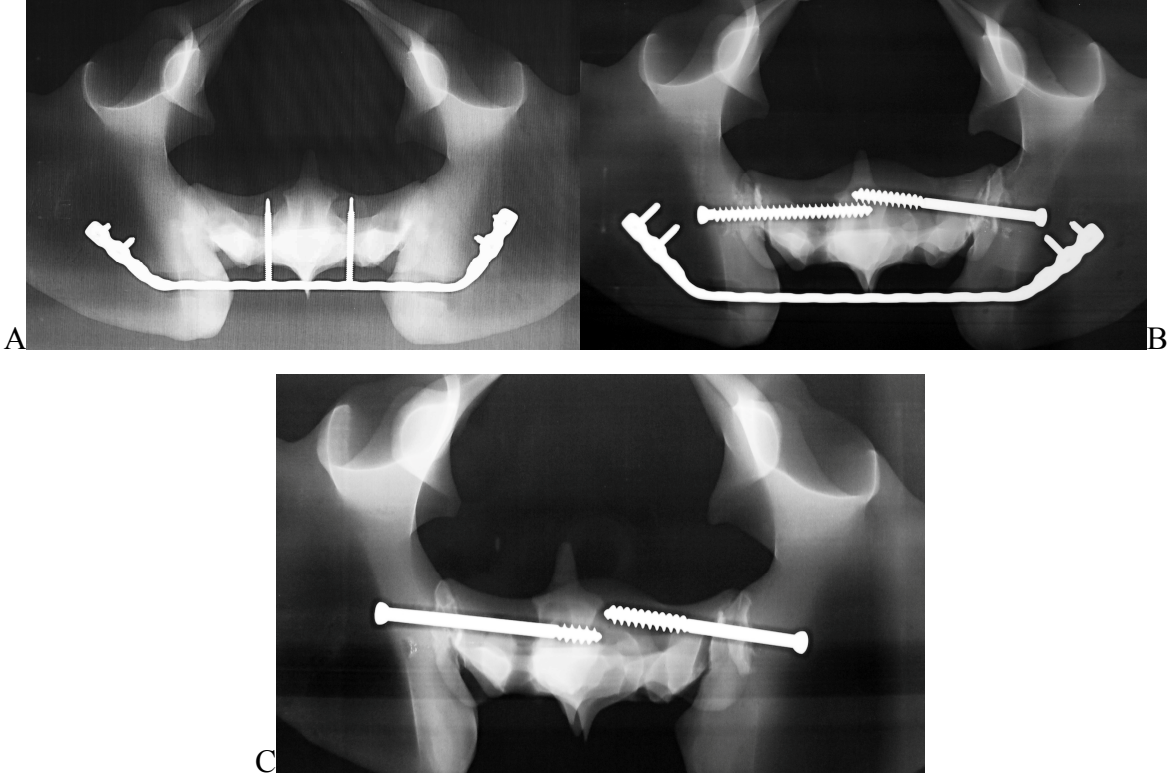
Grup 3: Sadece her iki taraf 6.5 mm'lik spongiöz sakroiliak vida (Orthopro Inc., NC, USA) kullanılarak gerçekleştirilen tespit (Şekil 3.2-C, Şekil 3.3-C)

Geri kalan bir adet pelvis, üretilen modelin temel biyomekanik mukavemetini ölçmek için kullanıldı.



Şekil 3.2. Tespit gruplarının görünümü.

A- Her iki iliak kanat ve bilateral S1 vertebra pediküllerden 3.5 mm'lik kilitli plak ve kilitli vidalar kullanılarak gerçekleştirilen posterior gergi bandı plaklama. B- Her iki taraf iliak kanattan 3.5 mm'lik kilitli plak ve bilateral 6.5 mm'lik spongiöz sakroiliak vida kullanılarak gerçekleştirilen posterior tespit. C- Sadece her iki taraf 6.5 mm'lik spongiöz sakroiliak vida kullanılarak gerçekleştirilen tespit



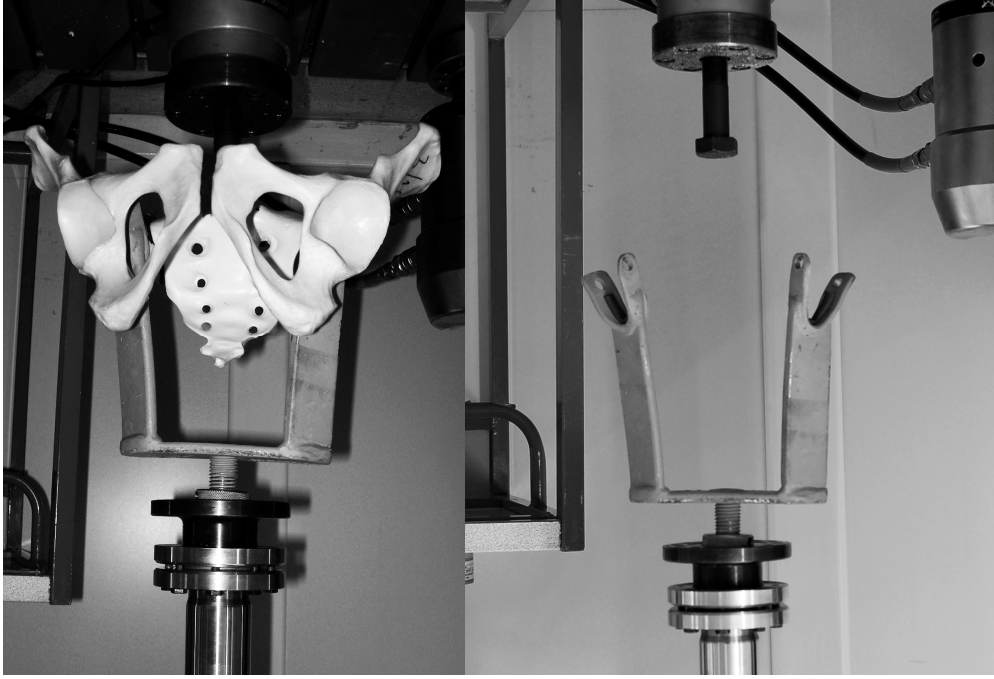
Şekil 3.3. Tespit gruplarının direkt radyografik görünümü
A- Grup 1, B- Grup 2 ve C- Grup 3.

Birinci ve ikinci grupta kullanılan posterior transiliak plaklama yöntemi, daha önce 1993 yılında Alberts ve arkadaşları tarafından tariflenmiş olan klasik gergi bandı transiliak plaklama yöntemi temel alınarak, her iki posterior iliak çıkıntı ve sakrumun üstünden geçecek şekilde yerleştirilmiş 3.5 mm'lik kilitli plaklar kullanılarak uygulandı (75). Tespit öncesi, grup 1 ve 2'deki pelvik modellerin her iki taraf posterior süperior iliak çıkıntısının yaklaşık 1 cm lateralinden, 10 mm'lik dril kullanılarak plağın transiliak geçişine olanak sağlayacak iliak pencerler açıldı. Daha sonra kullanılacak olan plaklar, modelin şekline uygun şekilde bükülerek her iki taraftan ikişer adet kilitli vida ile iliama tespit edildi. Grup 1'de plak üstünden her iki S1 pedikülüne kilitli vida ile tespit sağlandı, grup 2'de ise bu vidalar kullanılmadı. Grup 2 ve 3 'de kullanılan 6.5 mm'lik spongiöz vidalar ise daha önce tariflenmiş perkütan yöntemine uygun olarak kanal ve foramenlerden geçmeyecek şekilde, ilium lateralinden S1 gövdesine yönlendirilen 4.2 mm'lik drillemenin ardından uygun boylarda kullanıldı (61).

3.3. Biyomekanik Test Konfigürasyonu

Çalışma gruplarında uygulanan farklı tespit yöntemleri, biyomekanik olarak bir adet otomatik materyal test makinası (Instron Model No:8874; Instron Corp, Canton, MA) kullanılarak vertikal yüklenme altında karşılaştırıldı. Bütün modeller için, daha önce

belirtildiği gibi bir adet metal çene kullanıldı ve modeller bu çene kullanılarak her deney öncesi Instron cihazına uygun konfigürasyon sağlanarak tespit edildi. (Şekil 3.4) Çene ve ona bağlı pelvik model Instron cihazına tespit edildikten sonra, her deneyde, cihazın vertikal yüklenme aksının S1 vertebra korpusunun orta noktasından geçtiği teyit edildi. Tüm deneylerde aynı metal çene kullanıldı.



Şekil 3.4. Deney düzeneği

Deney öncesi uygun konfigürasyonun sağlanması için aynı çene kullanıldı.

Pelvik modeller, her deney öncesi standart bir şekilde ve uygun vertikal dizilimde test makinesine sabitlendikten sonra test makinesinin basınç ölçüm hücreğine, S1 vertebra korpusunun ortasına basacak şekilde bir adet 20x1.5 mm'lik, üstü düz, civata yerleştirildi. Her deney öncesi, 50 Newton (N) gücünde kompresyon uygulayarak çene, pelvik model ve ölçüm hücreğine bağlı civata arasında sıkılaştırma işlemi yapıldı ve ardından test makinesinin mesafe değişikliğini tespit indikatörü sıfırlandı. Ek olarak, kullanılan pelvis modelinden kaynaklanabilecek herhangi bir ölçümsel karışıklığa imkan vermemek için, bir adet boş pelvis kemiği, üretici firmanın gönderdiği şekilde test edilerek hangi yük miktarına kadar dayanabileceği tespit edildi. Test sonucunda, üretici firmanın pelvik modelleri üretirken, sakroiliak tespit için kullandığı yapıştırıcı ve vidaların tek taraflı sakroiliak ayrılma modeli oluşturduğunda, ölçümümüzü etkileyebileceğini düşünerek “en kötü senaryo” üstünde çalışmayı ve bilateral sakroiliak ayrılma modeli oluşturarak, üretim aşamasında modelde kullanılan tespit yönteminin sonuçlarımızı etkilemesini engellemeyi amaçladık.

Biyomekanik kompresyon testi, 5mm/dk ölçüm aralığında gerçekleştirildi ve yetmezlik gelişinceye kadar teste devam edildi. Üretilen Instron çenesinin sadece sakrumun hareketine izin vermesi ve iliak kemiklerin bu çene ile birlikte spontan olarak hareket etmesinden dolayı, bilgisayar tarafından kaydedilen Instron başındaki deplasman miktarı, sakroiliak eklemden meydana gelen deplasman miktarı olarak kabul edildi.

3.4. Mekanik Ölçümler

İki farklı mekanik ölçüm gerçekleştirildi:

1. *Sertlik (stiffness)*: Test makinasının uyguladığı kuvvet miktarının pelviste meydana getirdiği deplasman miktarına oranıdır. Bu çalışmada sertlik için 10 mm deplasman oluşturan kuvvet miktarları gruplar arasında karşılaştırıldı.
2. *Dayanıklılık (strenght)*: Yetmezlik gelişinceye kadar uygulanan kuvvet miktarıdır. Biyomekanik kompresyon testi sırasında tek ve/veya birkaç vidanın vida başından veya yivlerinden kırılması, plağın tespit yerinden ayrılması, iliak kanat veya sakrumda kırık oluşması yetmezlik olarak kabul edildi. Ek olarak, 40 mm deplasman olduğu halde belirgin herhangi bir yetmezliğin oluşmamasında yetmezlik olarak kabul edildi.

Instron cihazına ait bilgisayar kontrollü bilgi işleme ara yüzü kullanılarak, her deney için, kompresyon kuvveti ve oluşan sakrum deplasman miktarını milimetre cinsinden gösteren kuvvet-deplasman grafikleri kaydedildi.

3.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel olarak, grupların birbirleri arasında homojen dağılım gösterip göstermediğini tespit etmek için Levene testi kullanıldı. Grupların kendi içlerindeki dağılımın normal olup olmadığını belirlemek için ise Kolmogorov-Smirnov testi uygulandı. Gruplar arasında implant yetmezliği oluşumuna neden olan kuvvet miktarları, 10 mm deplasman oluşumuna neden olan kuvvet miktarları ile toplam deplasman miktarları arasında fark olup olmadığı her parametre öncesi Levene testi uygulandıktan sonra varyans analizi (ANOVA) testinin post-hoc Tukey testi kullanılarak belirlendi. Tüm analizler %95 güven aralığı olacak şekilde gerçekleştirildi. Veriler, bilgisayar tabanlı veri analiz programı olan SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, version 11.5, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) programı kullanılarak analiz edildi ve P değeri 0.05'in altında olan değerler anlamlı olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Her iki sakroiliak eklemnin tespiti esnasında, deney öncesi hazırlık aşamasında ve deney sırasında herhangi bir mekanik veya teknik sorun ile karşılaşılma ve her grupta ve bütün pelvik modeller için biyomekanik deney başarılı bir şekilde uygulandı.

4.1. Grup Ortalamaları

4.1.1. Grup 1

Grup 1 için implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı $1775 \text{ N} \pm 175 \text{ N}$ ($1550 \text{ N} - 2007 \text{ N}$) ve 10 mm deplasman gelişmesi için gerekli olan ortalama kuvvet miktarı ise $1033 \text{ N} \pm 140 \text{ N}$ ($869 \text{ N} - 1207 \text{ N}$) olarak belirlendi. İmplant yetmezliği geliştiğinde kaydedilen ortalama deplasman miktarı ise 24.7 mm ($18.2 \text{ mm} - 31.1 \text{ mm}$) olarak tespit edildi. (Tablo 4.1) Her deneyde implant yetmezliği öncesi 10 mm deplasman miktarına ulaşıldı. En sık tespit edilen implant yetmezliği, sol iliak kanattan plağın ayrılması olarak belirlendi (3/7). Ek olarak, her iki iliak kanattan plak ayrılması (1/7) ve S1 pedikülüne yerleştirilen vida başlarında kırılma da (2/7) implant yetmezliği olarak bu grup için kaydedildi. (Şekil 4.1) İliak kanatlardan ayrılma meydana gelmeden önce plakların S1 pedikül tespitleri üstünden esnediği görüldü. (Şekil 4.2) Beş adet pelviste, yetmezlik öncesi simfizis pubis ayrılması gerçekleştiği görüldü. Simfizis pubisleri ayrılan bu pelvislerde, implantta yetmezlik gelişinceye kadar deneye devam edildi.



Şekil 4.1. Birinci grupta implant yetmezlikleri

En çok implant yetmezliği iliak kanattan plağın ayrılması olarak belirlendi. Sadece bir pelviste S1 pedikül vidala başlarında kırılma olduğu görüldü.



Şekil 4.2. Birinci grupta plak esnemesi

İliak kanatlardan implant yetmezliği gelişmeden önce plağın esnemesi ile deplasman miktarının artış göstermesi

4.1.2. Grup 2

Grup 2 için implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı $2084 \text{ N} \pm 214 \text{ N}$ ($1740 \text{ N} - 2340 \text{ N}$) ve 10 mm deplasman gelişmesi için gerekli olan ortalama kuvvet miktarı ise $1884 \text{ N} \pm 163 \text{ N}$ ($1710 \text{ N} - 2177 \text{ N}$) olarak belirlendi. İmplant yetmezliği geliştiğinde kaydedilen ortalama deplasman miktarı ise 11.7 mm ($6.4 \text{ mm} - 15.3 \text{ mm}$) olarak tespit edildi. (Tablo 4.1) Bir adet pelviste 10 mm deplasman miktarına ulaşılmadan implant yetmezliği olduğu görüldü. En sık tespit edilen implant yetmezliği, sağ sakrum alasının kırılması olarak belirlendi (6/7). Sadece bir adet pelviste sol sakrum alasının kırıldığı görüldü (1/7). (Şekil 4.3) Sakrum alasında kırık oluşumu dışında plakta kırılma, iliak kanattan plağın ayrılması veya vida başı veya vida kırılması hiçbir pelviste tespit edilmedi. Yine aynı şekilde hiçbir pelviste simfizis pubiste ayrılma görülmedi.

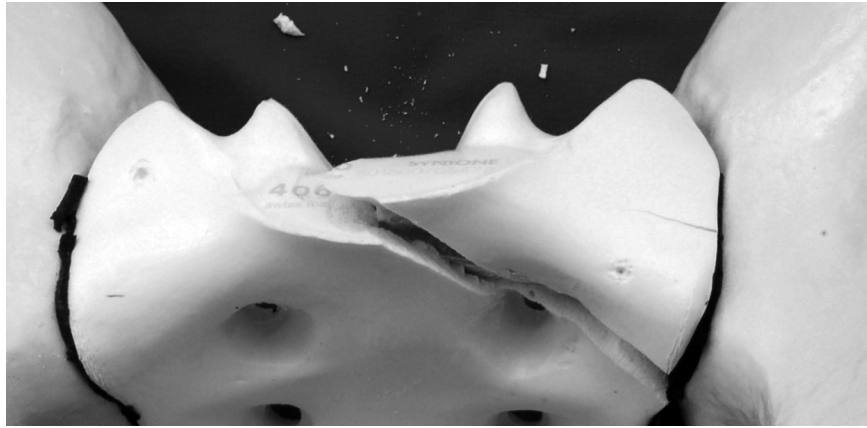


Şekil 4.3. İkinci grupta implant yetmezliği

Tüm pelvislerde sakrum alasında kırık tespit edildi.

4.1.3. Grup 3

Grup 3 için implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarı $2230 \text{ N} \pm 265 \text{ N}$ ($1897 \text{ N} - 2606 \text{ N}$) ve 10 mm deplasman gelişmesi için gerekli olan ortalama kuvvet miktarı ise $2013 \text{ N} \pm 182 \text{ N}$ ($1815 \text{ N} - 2203 \text{ N}$) olarak belirlendi. İmplant yetmezliği geliştiğinde kaydedilen ortalama deplasman miktarı ise 12.8 mm ($9.84 \text{ mm} - 17.1 \text{ mm}$) olarak tespit edildi. (Tablo 4.1) İki adet pelviste 10 mm deplasman miktarına ulaşılardan implant yetmezliği olduğu görüldü. En sık tespit edilen implant yetmezliği, sağ sakrum alasının kırılması olarak belirlendi (5/7). İki adet pelviste sol sakrum alasının kırıldığı görüldü (2/7). (Şekil 4.4) Sakrum alasında kırık oluşumu dışında plakta kırılma, iliak kanattan plağın ayrılması veya vida başı veya vida kırılması hiçbir pelviste tespit edilmedi. İki adet pelviste simfizis pubiste ayrılma olduğu görüldü. Simfizis pubisleri ayrılan bu pelvislerde, implantta yetmezlik gelişinceye kadar deneye devam edildi.



Şekil 4.4. Üçüncü grupta implant yetmezliği

Tüm pelvislerde, ikinci gruba benzer şekilde sakrum alasında kırık olduğu görüldü.

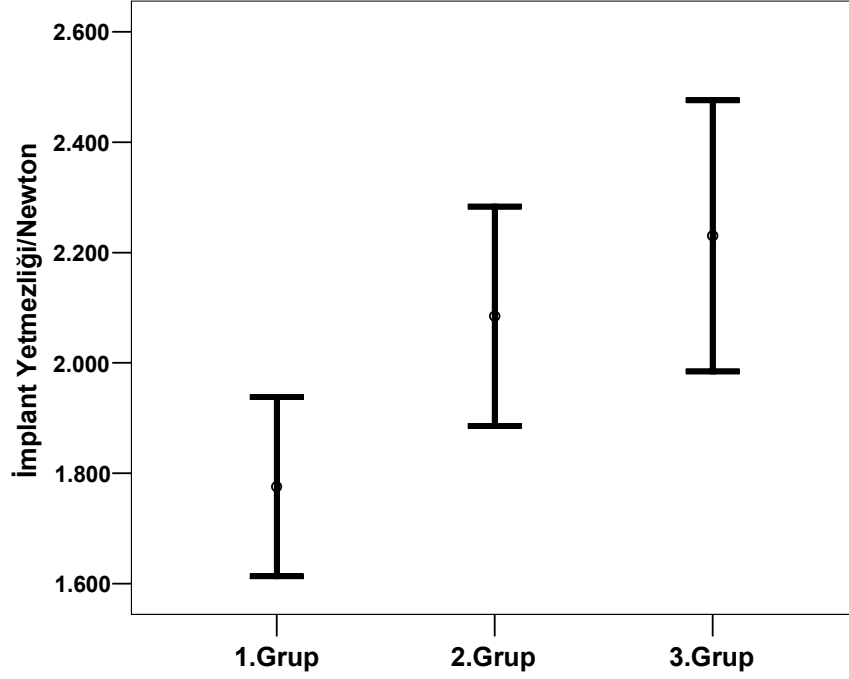
Tablo 4.1. Gruplar içerisindeki ortalama kuvvet ve deplasman miktarları

Gruplar	İmplant Yetmezliği	10 mm Deplasman	Toplam Deplasman
1	$1775 \text{ N} \pm 175 \text{ N}$	$1033 \text{ N} \pm 140 \text{ N}$	24.7 mm
2	$2084 \text{ N} \pm 214 \text{ N}$	$1884 \text{ N} \pm 163 \text{ N}$	11.7 mm
3	$2230 \text{ N} \pm 265 \text{ N}$	$2013 \text{ N} \pm 182 \text{ N}$	12.8 mm

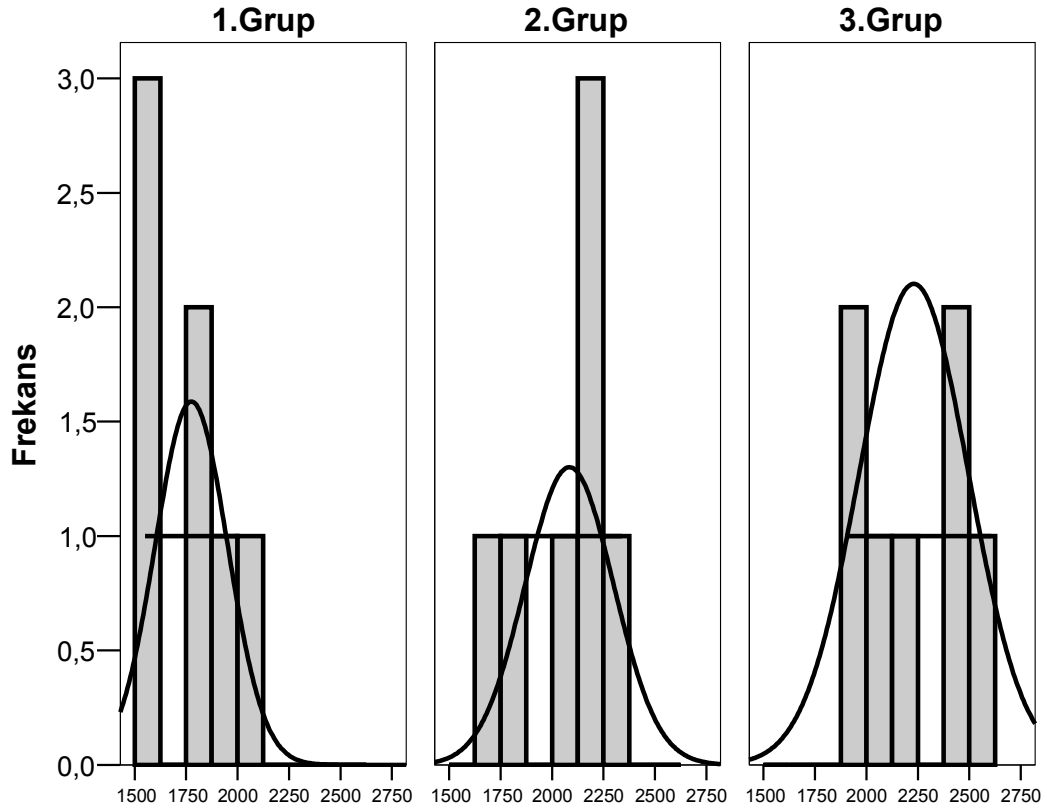
4.2. Mekanik Sonuçlar

Gruplar arasında implant yetmezlikleri incelendiğinde, grup 1'den grup 3'e doğru gidildikçe dayanıklılık ortalamasının (implant yetmezliği oluşturan kuvvet ortalaması) artış gösterdiği, buna rağmen standart sapmada da aynı şekilde artış olduğu görülmektedir. (Şekil 4.5) Gruplar içerisindeki modellerin dayanıklılığı tek tek incelendiğinde ise grup

1'den grup 3'e doğru gidildikçe kuvvet-frekans eğrisinin belirgin şekilde sağa kaydığı belirlenmiştir. (Şekil 4.6) Buna göre, birinci grupta, en çok implant yetmezliği 1550N-1750N arasında görülürken (3/7 pelvis), aynı kuvvet aralığında üçüncü grupta hiç implant yetmezliği tespit edilmemiştir (0/7). Bu sağa kayma göreceli olarak üçüncü grubun dayanıklılığının daha fazla olduğunu göstermektedir.



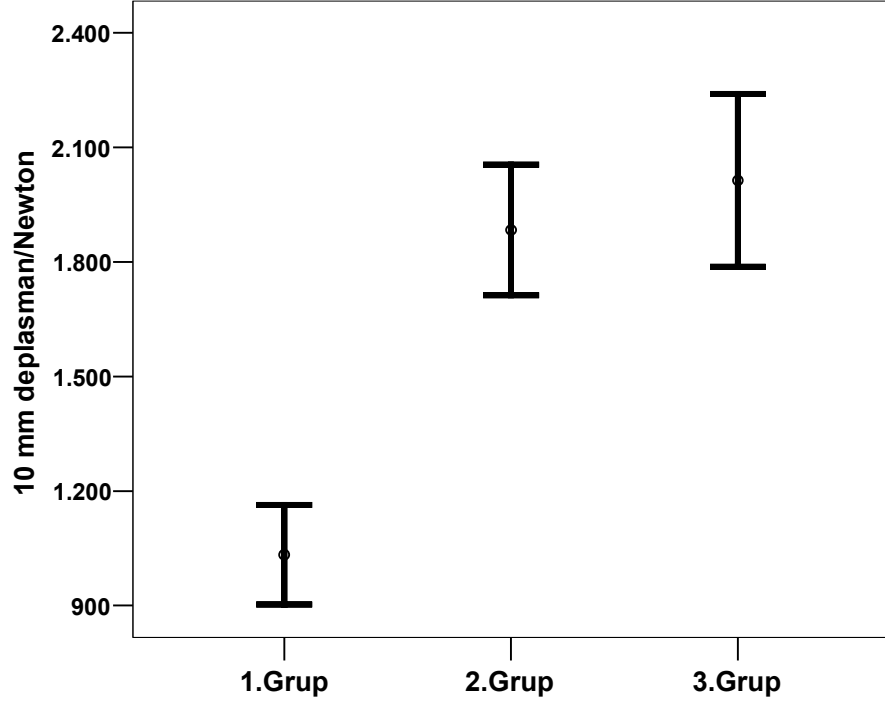
Şekil 4.5. Gruplar arası implant yetmezliği gelişmesine neden olan ortalama kuvvet miktarları ve standart sapmaları. Grup 3'e doğru gidildikçe ortalamanın arttığı, buna karşın standart sapmanında artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Her grup içerisinde implant yetmezliğine neden olan kuvvet aralıkları ile frekans eğrisi
Grup 3'e doğru gidildikçe sağa kayma olduğu görülmekte.

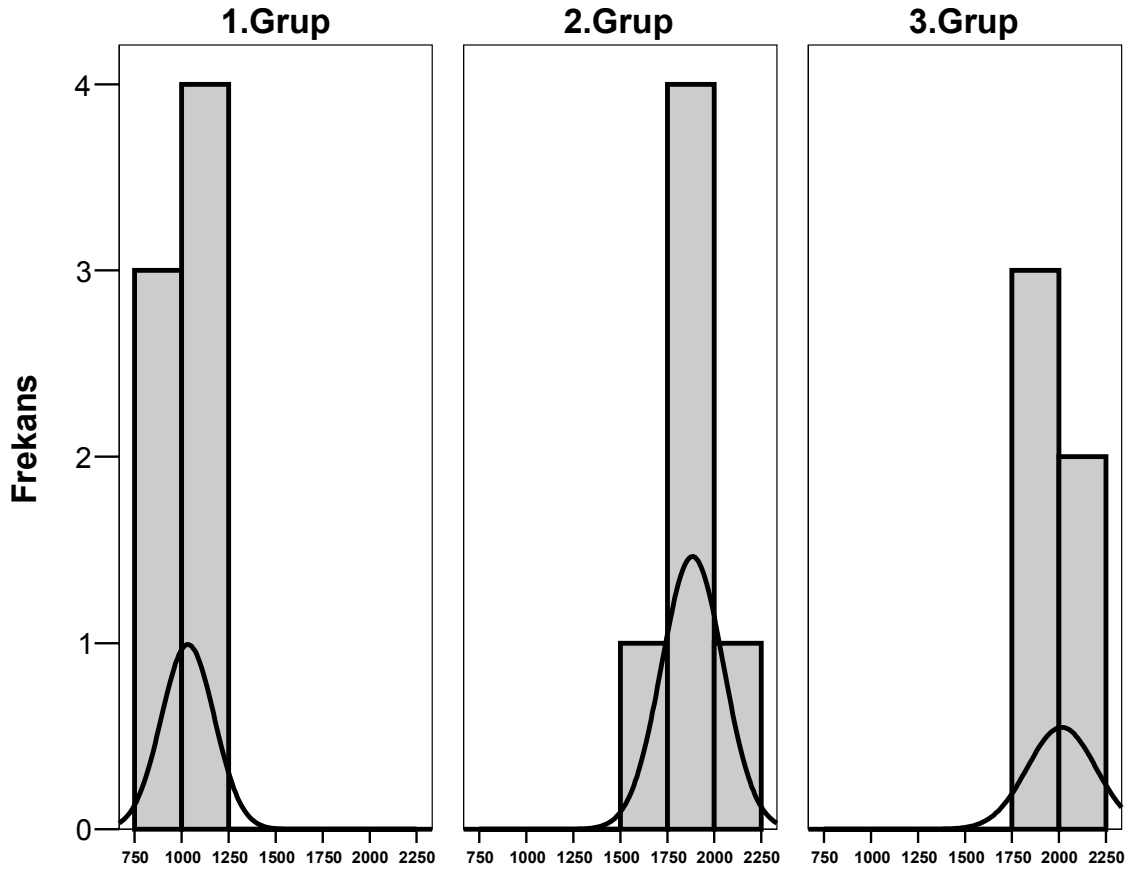
Gruplar arasında sertlik incelendiğinde, grup 1'den grup 3'e doğru gidildikçe, dayanıklılıkta olduğu gibi sertlik ortalamasının da (10 mm deplasmana neden olan kuvvet ortalaması) artış gösterdiği, buna rağmen standart sapmada da yine aynı şekilde artış olduğu görülmektedir. (Şekil 4.7) Gruplar içerisindeki modellerin sertliği tek tek incelendiğinde ise grup 1'den grup 3'e doğru gidildikçe, kuvvet-frekans eğrisinin, dayanıklılık eğrisinden daha belirgin şekilde sağa kaydığı belirlenmiştir. (Şekil 4.8) Buna göre, birinci grupta 750N-1250N aralığında tespit edilen 10 mm deplasman miktarına ulaşılması için üçüncü grupta 1750N-2250N aralığında güç uygulanması gerektiği görülmektedir. Bu sağa kayma göreceli olarak üçüncü grubun sertliğinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Bütün gruplardaki biyomekanik deneylerin kuvvet deplasman grafikleri ve gruplar arasındaki kuvvet deplasman grafiği Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



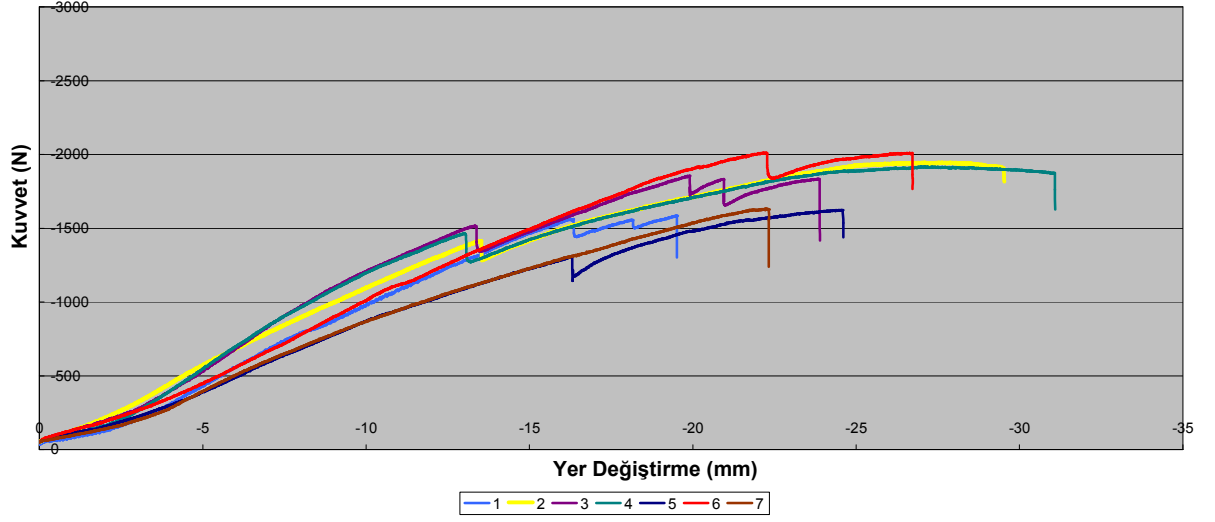
Şekil 4.7. Gruplar arası 10 mm deplasman oluşmasına neden olan ortalama kuvvet miktarları ve standart sapmaları

Grup 3'e doğru gidildikçe ortalamanın arttığı, buna karşın standart sapmanında artış gösterdiği görülmektedir.

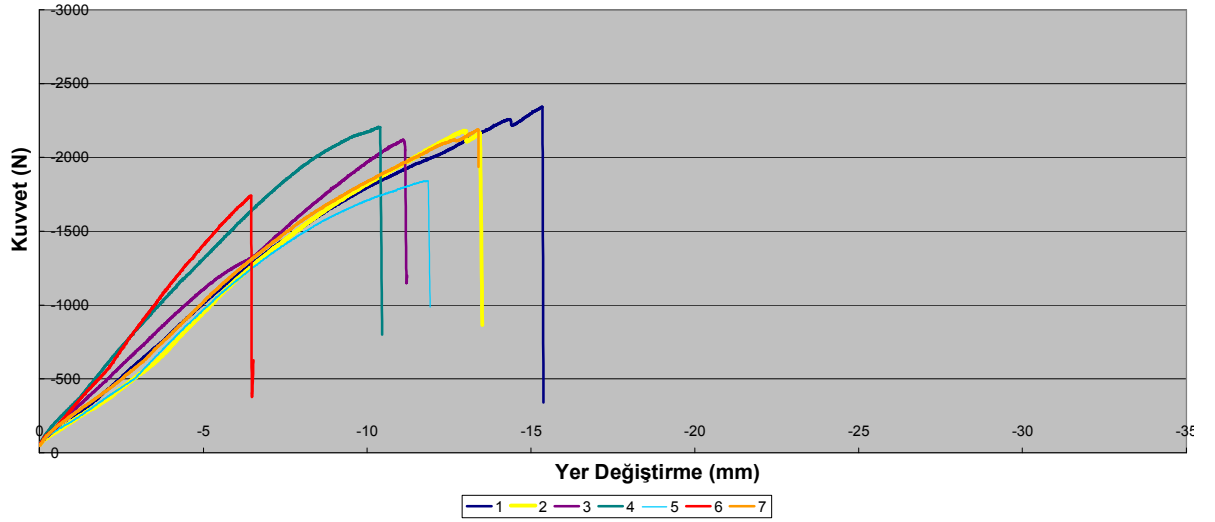


Şekil 4.8. Her grup içerisinde 10 mm deplasmana neden olan kuvvet aralıkları ile frekans grafiği
Grup 3'e doğru gidildikçe sağa kayma olduğu görülmekte.

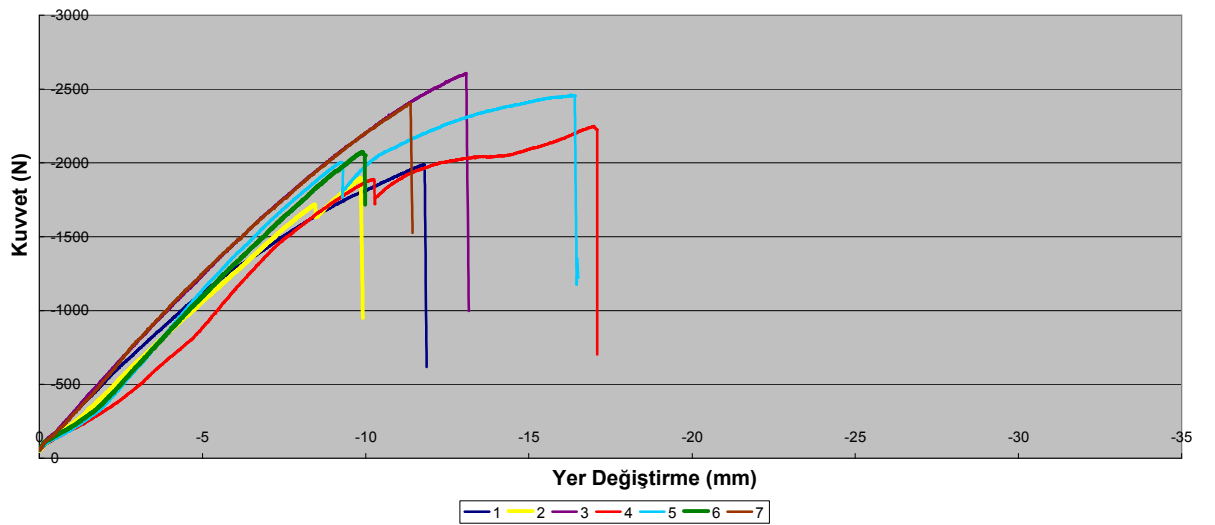
1. Grup



2. Grup

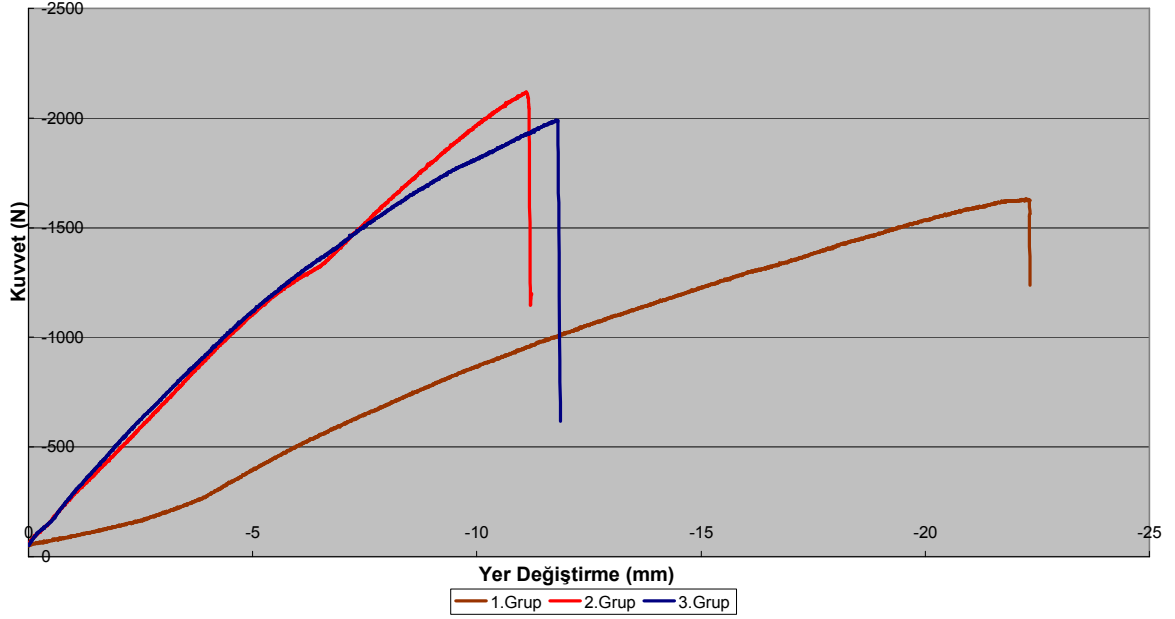


3. Grup



Şekil 4.9. Her grup için kuvvet deplasman grafikleri

Gruplar Arası Karşılaştırma



Şekil 4.10. Gruplar arası kuvvet deplasman grafikleri

4.3. İstatistiksel Sonuçlar

İmplant yetmezlikleri ve 10 mm deplasman oluşturan kuvvet miktarları değerlendirildiğinde, gruplar arasında ve her grup içerisinde homojen bir dağılım tespit edildi. (Tablo 4.2)

Tablo 4.2. Grupların kendi arasında ve her grubun kendi içinde dağılımının istatistiksel sonuçları

Gruplar arası dağılım	İmplant Yetmezliği			10 mm. deplasman		
Levene *	0.448			0.719		
Gruplar içi dağılım	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 1	Grup 2	Grup 3
Kolmogorov-Smirnov *	0.801	0.652	0.976	0.990	0.716	0.915

* Kullanılan testler ve tespit edilen P değerleri

Gruplar arasında, implant yetmezliği dikkate alınarak dayanıklılıklar karşılaştırıldığında, en dayanıklı tespitinin çift taraflı sakroiliak vida ile sağlandığı görüldü. Grup 1'in dayanıklılığının diğer iki gruptan anlamlı şekilde daha az olduğu, buna karşın Grup 2 ile Grup 3 arasında dayanıklılık bakımından anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi. İstatistiksel analizlerin özetlendiği tabloda da görüldüğü gibi, posteriordan gergi bandı kilitli plak ile birlikte sakroiliak vida kullanılmasının, sadece sakroiliak vida kullanımı ile

karşılaştırıldığında, vertikal yüklenme altında dayanıklılığa anlamlı katkı sağlamadığı görüldü. (Tablo 4.3-4.4)

Gruplar arasında 10 mm deplasman oluşturan kuvvetler dikkate alınarak sertlikler karşılaştırıldığında ise en sert tespitinin yine sakroiliak vidalama ile sağlandığı görüldü. Grup 2 ve Grup 3’de kullanılan tespitlerin Grup 1 ile karşılaştırıldığında anlamlı şekilde daha sert olduğu, buna karşın Grup 2 ve 3’ün sertlikleri arasında anlamlı bir fark olmadığı ve ikinci grupta sakroiliak vida ile birlikte kullanılan posterior gergi bandı plaklamanın, vertikal yüklenme altında sertliğe anlamlı bir katkı sağlamadığı belirlendi. (Tablo 4.3-4.4)

Tablo 4.3. Grupların kendi aralarında dayanıklılık ve sertlik yönünden karşılaştırılmaları

Dayanıklılık	Grup 1	Grup 2	Grup 3
Sertlik*			
Grup 1	-	0.045	0.003
Grup 2	<0.05	-	0.452
Grup 3	<0.05	0.397	-

*: Gruplar arası sertlik karşılaştırmasını gösteren bölümler açık gri ile belirtilmiştir ve anlamlı P değerleri koyu yazılmıştır.

Tablo 4.4. Her gruptaki deneylerin sonuç analizleri

Gruplar	İmplant Yetmezliği	İmp. Yet. Kuvvet	10 mm dep. Kuvvet
Grup 1			
1	Sağ iliak kanatta ayrılma	1550	979
2	Her iki iliak kanattan ayrılma	1905	1097
3	Her iki S1 vida başında kırılma	1832	1207
4	Sol iliak kanattan ayrılma	1874	1199
5	Sağ S1 vida başında kırılma	1616	870
6	Sol iliak kanattan ayrılma	2007	1011
7	Sol iliak kanattan ayrılma	1624	869
Grup 2			
1	Sağ sakrum ala kırığı	2340	1796
2	Sağ sakrum ala kırığı	2163	1824
3	Sağ sakrum ala kırığı	2119	1968
4	Sol sakrum ala kırığı	2240	2171
5	Sağ sakrum ala kırığı	1839	1710
6	Sağ sakrum ala kırığı	1740	Ø
7	Sağ sakrum ala kırığı	2187	1835
Grup 3			
1	Sol sakrum ala kırığı	1987	1815
2	Sağ sakrum ala kırığı	1897	Ø
3	Sağ sakrum ala kırığı	2606	2202
4	Sağ sakrum ala kırığı	2218	1870
5	Sol sakrum ala kırığı	2453	1979
6	Sağ sakrum ala kırığı	2049	Ø
7	Sağ sakrum ala kırığı	2402	2203

5. TARTIŞMA

5.1. Pelvis Kırıklarına Genel Yaklaşım

Pelvis kırıkları, ortopedik cerrahide, hem fonksiyon kaybına neden olabilen hem de yaşamsal risk içeren istisnai yaralanmalar biridir ve belki de en önemlisidir. Tüm kırıkların yaklaşık %3'ünü oluşturan pelvis kırıkları, düşük veya yüksek enerjili yaralanmalar ile karşımıza çıkabilen ve oldukça yüksek morbidite ve mortaliteye sahip yaralanmalardır. Pelvisi ilgilendiren düşük enerjili yaralanmalar genelde stabil yaralanmalardır ve yük vermeme ve yatak istirahati ile tedavi edilebilirler. Buna karşın, yüksek enerjili yaralanmalar sıklıklı stabil olmayan yaralanmalardır. Stabil olmayan bu tarz yaralanmaların tanı ve tedavileri çeşitli zorluklar içerir (5, 6). Literatürde yayınlanan geniş serili çalışmalar incelendiğinde, pelvis kırığı tanısı almış olan hastalarda stabil olmayan pelvis kırıklarının görülme sıklığı %13 ve %18 arasında bildirilmiştir (76, 77). Özellikle genç hastalarda, stabil olmayan bir pelvis yaralanmasının oluşabilmesi için yaralanmaya yol açan kuvvet vektörlerinin miktar olarak büyük olması gerekmektedir; bu kuvvetler vücudun diğer kısımlarına aktararak diğer organ sistemlerinde yaralanmaya neden olabilmektedir (71, 78). Bu sebepten, yüksek enerjili yaralanması olan bir hastada, pelvis yaralanmasının tipi ve ciddiyetinin tespiti, eşlik eden yaralanmaların tipi ve şiddetini belirlemede yardımcı olur.

Pelvis kırıkları sonrası mortalite, çoğunlukla eşlik eden yaralanmalara bağlıdır. Hipotansif hastalar, mortalite açısından riskli hasta grubunu oluşturur. Mucha ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, pelvis kırığı olan ve hipotansif seyreden hastalarda %42, pelvis kırığı olmasına rağmen tansiyonu stabil olan hastalarda %3.4 oranında mortalite bildirmişlerdir (6). Hipotansiyonda olduğu kadar, eşlik eden yaralanmalarda mortalite için risk oluşturur. Pelvis kırığına eşlik eden kafa travmalarında yaklaşık %50 oranında mortalite bildirilmiştir (48). Toraks, üriner sistem ve diğer iskelet sistemi yaralanmalarında ise mortalite oranı %20 ile %22 arasında bildirilmiştir (79, 80). Özet olarak, son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, özellikle önemle üstünde durulması gereken konu, genç yetişkinlerde görülen ve yüksek enerjili yaralanmalarla oluşmuş, çoklu organ yetmezliğinin eşlik ettiği pelvis kırıklarının tanı ve tedavisinin hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesidir. Son yıllarda sıklıkla sözü edilen ortopedik hasar kontrolü ve travmalı hastaya ilk müdahale sistemleri ile bu tarz ciddi yaralanmaların tanısı ve tedavisi daha ileri bir aşamaya gelerek mortalite oranları azaltılmaya çalışılmaktadır (33).

Hemodinamik olarak stabil olmayan pelvis kırıklı bir hastada İleri Travma Yaşam Destek prokollerinin takip edilmesi önerilmektedir. Bu protokole göre, pelvis kırığı olan bir hastada ilk önce temel resusitasyon basamakları takip edilmeli, daha sonra pelvis geçici olarak tespit edilmeli ve agresif sıvı ve kan replasmanına rağmen hemodinamik anstabilitesi devam eden hastalara laparotomi planlanmalıdır. Kanama odağı bulunamayan hastalar anjiyografiye alınmalı ve kanama odağı tespit edilerek gerekirse embolizasyon işlemi gerçekleştirilmelidir. Sıvı tedavisine cevap veren ama kan basıncını yükseltmek için kan transfüzyon ihtiyacı devam eden hastalarda ise abdominal ultrasonografi veya varsa bilgisayarlı tomografi çekilerek karın içi bir yaralanma olup olmadığı kontrol edilmelidir. İntraperitonyal kanama tespit edilen hastalara laparotomi yapılmalı, ultrasonografi veya tomografi sonrası herhangi bir kanama odağı tespit edilemeyen hastalara ise anjiyografi planlanmalıdır (33). Literatürde yayınlanmış çalışmalar incelendiğinde, tanı ve takip için büyük bir ilerleme kaydedilmesine rağmen halen pelvik halkayı ilgilendiren kompleks kırıklar için “altın standart” tedavi yönteminin ne olması gerektiği tartışmalıdır.

Pelvik halka yaralanmalarında başarılı bir yaklaşım ve tedavi iki temel faktöre dayanır: ilk olarak, kemik hasarına eşlik eden pelvis-içi ve karın-içi yaralanmalar ile çevre kas dokusu, yumuşak doku ve cilt hasarının tam olarak tespit edilmesi gerekir. Bunun için hemodinamik anstabilitesi olan hastalara belirli bir algoritma içinde yaklaşılmalı, kanamaların çok büyük oranda presakral venöz ağdan kaynaklanabileceği göz önünde bulundurularak gerekli tanı yöntemleri ile hastanın hemodinamik durumu iyileştirilmeye çalışılmalıdır. İkinci olarak, çeşitli şekillerde karşımıza çıkabilen bu yaralanmaların, biyomekanik prensiplere dayanarak, geçerli bir şekilde sınıflandırılabilmesi gerekir. Pelvisin fizyolojik biyomekaniği ne kadar çok aydınlatılabilirse, farklı tespit yöntemlerinin biyomekaniği de o derece iyi anlaşılabilir. Bu sebeple, günümüz ortopedi literatüründe pelvis biyomekaniği ve çeşitli tespit yöntemlerinin biyomekaniksel olarak sağlamlığı önemle üzerinde durulan konulardır.

5.2. Sakroiliak Yaralanmalarda Tedavi Seçenekleri

Sakroiliak eklem ayrılması ile karakterize olan anstabil pelvis yaralanmaları, erken dönemde morbidite ve mortalitenin yanı sıra geç dönemde sürekli ağrı ve fonksiyonel kısıtlılık gibi ciddi problemlere neden olabilmektedir (74). Literatürde sakroiliak eklem yaralanmalarının tanı ve tedavisini ilgilendiren pekçok çalışma bulunmasına ve değişik tedavi yöntemleri tarif edilmiş olmasına rağmen, halen altın standart cerrahi tedavi yönteminin hangisi olduğu tartışmalıdır. Tarihsel süreç içerisinde, ilk olarak eksternal fiksatörler ile tespit ön plana çıkmıştır (81). Eksternal fiksatör

anteriordan veya posteriordan uygulanabilir. Hızlı uygulanabilir bir yöntem olmasına karşın bu tip bir tespitin bazı olası sorunlara yol açtığı takip sonuçları ile bildirilmiştir. Eksternal tespit ile çivi dibi problemlerinin sık görüldüğü, kapalı soyulmuş bir alanda çivi kullanımı ile o alanda enfeksiyon tablosunun geliştiği ve erken yük verecek yeterlilikte tespitin sağlanamadığı anlaşılmıştır (33, 67). Bu sebepten, daha iyi tespit ve daha erken yük vermeyi sağlayabilmek için internal fiksasyon yöntemleri öne plana çıkmıştır.

Posterior pelvik halkanın tespiti için anterior ve/veya posterior internal fiksasyon yöntemleri kullanılabilir. Birçok çalışmada anterior ve posterior tespit yöntemleri çeşitli kombinasyonlarda (67, 73) veya sadece anterior (2, 11, 82) veya sadece posterior (60, 83) tespit olarak kullanılmıştır. Sakroiliak eklemün süpin pozisyonda anterior ilioinguinal yaklaşım ile plak-vida tespiti, tek taraflı transiliak kırıklarda veya saf sakroiliak eklem yaralanmalarında önerilmektedir. Sakroiliak eklemün trans-sakral kırıklı çıkıklarında kısmen kullanılabilen bu teknik, foramenleri ilgilendiren sakrum kırıklarında önerilmemektedir. Geniş cerrahi alan, anterior yaklaşımda kırık redüksiyonunu ve implant yerleştirmesini kolaylaştırmasına rağmen, lumbosakral sinir pleksusu, sakrumun medial hazırlığı sırasında zarar görme riski altındadır. Bu yüzden, sakroiliak eklemün anterior plak ile tespiti sıklıkla, başka bir sebepten açık anterior yaklaşım gerektiren kırıklarda uygulanabilir ve genellikle posterior yaklaşım tercih edilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta sakrum alasının L5 sinir köküne yakın komşuluğu sebebi ile plak vida için yeterli alana sahip olmamasıdır.

Posterior tespit için klasik sakrum arkasından açık redüksiyon ve plak vida tespiti kullanılabilir. Böylelikle sakral foramenler görülerek gerekirse sakral sinir kökleri dekomprese edilebilir. Posteriordan açık redüksiyon sakroiliak eklem ayrılımları, sakroiliak kırıklı çıkıklar (Kresent kırıkları), deplase transforaminal sakrum kırıkları ve Denis zon 3 sakral kırıklar için tercih edilebilir (57, 58). Açık redüksiyon aynı zamanda, skopi olanağı bulunmayan, yaralanma şekli ve bölgesel anatominin güvenli perkütan bir işleme izin vermediği yaralanmalarda da tercih edilebilir (13, 33). Posteriordan açık redüksiyon yapılmasının en önemli dezavantajlarından birisi, ameliyat sonrası oluşan yara yeri komplikasyonlarıdır. Goldstein ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, posterior pelvik halka yaralanması olan 15 hastayı açık redüksiyon ve internal tespit ile tedavi etmişlerdir. Yedisi ilk 24 saat içinde olmak üzere tüm hastalar 38 saat içerisinde ameliyat edilmiş ve takiplerinde hastaların %27'sinde yara yeri enfeksiyonu geliştiği bildirilmiştir. Bir başka çalışmada, Kellam ve arkadaşları tarafından posterior yaklaşım sonrası %25 oranında yara yeri problemi olabileceği bildirilmiştir (56). Posteriordan açık cerrahi

yaklaşım, cerrahi sürenin uzamasına neden olmakta ve ciddi kan kaybına sebebiyet vermektedir. Ek olarak, bu tip bir cerrahi işlem, uygulanan hastaların çoğu çoklu travma yaralanması olan hastalardır ve uzun süreli yatağa bağımlı kalmaktadırlar. Bu nedenden, devamlı yatak istirahati, posteriorda bulunan bir yaranın iyileşme sürecini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Matta ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada, posteriordan pelvik halka tespiti için açık redüksiyonu takiben sakrum dorsalinde, posterior iliak kanatlar üstünden geçecek şekilde iliosakral bar kullanılmış ve sakral sinir köklerinde yaralanma riski azaltılmıştır (57). Buna rağmen bu teknikte, barın karşı taraf iliyuma kilitlenebilmesi için ikinci bir kesiye ihtiyaç duyulması ve yumuşak dokuların hasar görme riski bulunması nedeniyle tercih edilmemiştir. Günümüzde açık redüksiyon ve internal tespit her ne kadar anatomik redüksiyon ve iyi bir tespit olanağı sağlasa da, gelişebilecek sorunlar sebebi ile artık çok tercih edilmemektedir ve az hasarlı cerrahi yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle kırık kaynaması için gerekli olan normal kemik fizyolojisinin hasar görmesi, yumuşak dokuların yaralanması ve periosteal dokuların kırık hattından uzaklaştırılması engellenerek kırık iyileşmesi hızlandırılmakta ve gelişebilecek olan enfeksiyon riski de azaltılmaktadır. Yeni, az hasarlı tekniklerin gelişimi ile birlikte kapalı kırık redüksiyon teknikleri de gelişim göstermiş ve çevre dokuya en az hasarı vererek redüksiyon ve tespit yapmaya olanak sağlayan aletler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler arasında, minimal invaziv yaklaşım ile her iki iliak kanat arasında gergi bandı plaklama, sakral bar kullanımı veya spino-pelvik tespit yöntemleri literatürde tariflenmiştir.

Gergi bandı plaklama yöntemi kullanılarak posterior pelvik halkanın tespiti ilk kez 1993 yılında Albert ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (75). Bu çalışmada 4.5 mm'lik rekonstrüksiyon plağı kullanılarak her iki iliak kanat üstünden kortikal vidalar ile tespit sağlanmıştır. Onbeş hastalık seride hiçbir hastada yara yeri komplikasyonu, enfeksiyon ve implant yetmezliği tespit edilmemiş ve yöntemin klinik uygulaması önerilmiştir. Az hasarlı yöntem ile uygulanabilen gergi plaklama yöntemi göreceli olarak basit bir tekniğe sahiptir ve posterior pelvik halkanın tek veya çift taraflı yaralanmalarında, trans-sakral veya sakro-iliak yaralanmalarda ve nörolojik hasarın olduğu sakrum kırıklarında kullanılabilir. Yukarıda özetlendiği gibi, oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olmasına rağmen temel olarak C-tipi yaralanmalarda kullanılması önerilmektedir. Tekniğin temel avantajlarından birisi kan damarları ve sinirlere iyatrojenik yaralanma riskinin çok düşük olmasıdır. Sakro-iliak vidalama ve trans-sakral rod kullanımının aksine, posteriordan yapılan gergi bandı plaklama yöntemi, nörolojik hasarı olan vertikal yaralanmalarda “uzak osteosentez”

kavramı temel alınarak kullanılabilir. Bu teknikte, iliak kanat üstüne bükülen plak için kullanılan vidalar sıkılmaya başladığında sakruma gerim kuvveti etki etmeye başlar ve kırık hattında distraksiyon meydana gelir. Bu şartlar altında yapılmış bir dekompresyon, açık redüksiyon ve plak-vida tespitinde yapılabilecek olan dekompresyon kadar iyi olamasa da, yumuşak dokuda komplikasyon gelişme riski, açık dorsal yaklaşıma göre oldukça düşüktür. Travma cerrahisinde, her zaman için temel amaç kırığın anatomik redüksiyonunu sağlamak olsada, posterior pelvik halka yaralanmaları için “kabul edilebilir” redüksiyon yapılması ve yumuşak doku örtüsünün korunması önem taşımaktadır (84). Kabul edilebilir sakroiliak ayrılma için bir üst sınır belirlemek pek mümkün değildir. Pohleman ve arkadaşları kritik posterior ayrılma sınırını 5 mm olarak belirtmiş olmalarına rağmen (85), Matta, Lindhal, Tornetta ve Routt 10 mm’lik bir ayrılma orta ve iyi redüksiyon arasında sınır olduğunu kabul etmişlerdir(21, 51, 58, 86). Az hasarlı posterior gergi bandı plak osteosentezi ile ilgili literatürde ki en geniş seri Krappinger ve arkadaşlarına aittir (87). Bu çalışmada 4.5 mm’lik rekonstrüksiyon plakları kullanılmıştır. Otuzbir tip C pelvis kırığı olan hastanın ortalama 20 ay takip edildiği çalışmada sadece bir hastada geç yara yeri enfeksiyonu tespit edilmiş ve iki hastada da redüksiyon kaybı olmuştur. Sonuç olarak yazarlar, posterior pelvik halka tespitinde geniş kullanım alanı, basit tekniği ve düşük iyatrojenik yaralanma riski ile gergi bandı plaklama yönteminin uygun bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir (87). Bizde bu çalışmada, posteriordan minimal invaziv yaklaşım ile uygulanabilecek olan bir plaklama yöntemini araştırdık. Literatürden farklı olarak, 4.5 mm’lik rekonstrüksiyon plağı yerine, 3.5 mm’lik kilitli plak kullandık ve yeni bir yöntem deneyerek plak üstünden S1 pedikülünü kilitli vida ile tespit ettik. Bu sayede gerek tek taraflı, gerekse de çift taraflı sakro-iliak yaralanmalarda ve transforaminal sakrum kırıklarında veya sakroiliak vidalamanın mümkün olmadığı durumlarda kullanılabilecek daha stabil bir tespit yöntemi geliştirmeyi amaçladık. Her ne kadar bu çalışmada bu yöntemin klinik uygulamasını gerçekleştiremesekte, gelecek klinik çalışmalar için bir temel teşkil ettiğini düşünmekteyiz.

Çeşitli sakrum kırıkları ve sakroiliak ayrılmalar için kullanılabilecek olan bir diğer yöntem 1989 yılında Matta ve arkadaşlarının tanımlamış olduğu sakroiliak vida tespitidir (57). İlk olarak açık vidalama şeklinde tarif edilmiş bu yöntem daha sonra 1995 ve 2000 yıllarında Routt ve arkadaşları tarafından perkütan bir teknikle yeniden tarif edilmiştir (61, 88). Perkütan teknik morbidite ve mortaliteyi azaltmak ve sağlam ve anatomik redüksiyonu korumak amacı ile geliştirilmiştir. Özellikle politravmalı hastalarda, erken tespit sağlanması ve hastaya sistemik anlamda yük getirmemesi nedeni ile perkütan teknik tercih edilmelidir

(89). Bu teknik, acil koşullarda hızlı uygulama ile pelvik kanamayı önler ve yara yeri komplikasyon oranını düşürerek hastanın erken mobilize olmasına olanak sağlar. Routt, yapmış olduğu çalışmada düşük komplikasyon oranı, kısa cerrahi süre ve minimal kan kaybı bildirmiştir (89). En önemlisi, yumuşak doku komplikasyonlarının bu teknik ile dramatik olarak azaldığı belirtilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda ilk sakral vertebranın yaklaşık %30 dismorfizm gösterdiği bildirilmiştir (33). Dismorfizm sebebi ile sakrumun anterior ve süperiorunda yeterli boşluk bulunmaz, vida kullanımı güvenli değildir ve iyatrojenik sinir yaralanma riski bulunmaktadır. Bu gibi durumlarda, vidanın giriş yeri bir miktar aşağı kaydırılarak sakrum morfolojisine göre gerekirse S2 vertebraya vida yerleştirilmelidir. Perkütan tekniğin avantajları yumuşak doku diseksiyonunun ve kan kaybının az olması, kısa cerrahi süre, düşük maliyet ve yumuşak doku problemlerinin az görülmesidir. Perkütan sakroiliak vidalama için yaralanmadan sonraki 5-7 gün çok önemlidir. Literatürdeki çalışmalarda, 7 günü geçmiş sakroiliak yaralanmaların açık olarak dahi zor redükte edildiği bildirilmiştir (88). Bu yöntemin başarısı ve açık cerrahi girişimlere karşı avantajı, başka perkütan vida tekniklerinin de tanımlanmasına öncülük etti. Retrograd ramus vidaları ve Star ve ark'nın tanımladığı, lateral kompresyon yaralanmalar için kullanılan vidalar son yıllarda popülerlik kazandı (34). Kanüle vidaların geliştirilmesi ve ileri görüntüleme yöntemlerinin kullanılmaya başlaması ile birlikte perkütan sakro-iliak vidalama yöntemi popülerlik kazanmaya başladı. Buna rağmen, oluşabilecek komplikasyonlar ve deneyim gerektirmesi sebebiyle tam anlamı ile geniş bir kullanım alanı bulamadı. Sakral dismorfizimin tespit edilmesi, ameliyat sonrası dönemde bazı vidaların “iç-dış-iç” yönelim gösterdiğinin belirlenmesi nedeni ile ameliyat öncesi bilgisayarlı tomografi çekilerek sakral morfolojinin incelenmesi ve ameliyat sırasında sakrumun yan grafisinin mutlaka görülmesi gerektiği bildirildi (21). Böylelikle güvenli bir teknikte kauda equina ve sinir köklerine iyatrojenik bir yaralanma oluşma ihtimali azaltılmaya çalışıldı. Literatürde yayınlanan klinik çalışmalarda, perkütan sakroiliak vidalama sonrasında iyi sonuçlar ve düşük komplikasyon oranları bildirilmiş olmasına rağmen, redüksiyonu güçlüğü, tek S1 vidalamanın yetersizliği ve obez hastalarda ki teknik zorluklar nedeniyle hasta seçiminin iyi yapılması ve gerekirse kombine tedavilerin kullanılması önerilmiştir. S2 vertebranın “güvenli bölge”sinin dar olması, outlet grafide seviyesinin tam olarak tespit edilememesi, kemik stoğunun az olması ve 6.5 mm'lik kanüle vidalar için bazı hastalarda formaneler arası mesafenin az olması gibi nedenlerden dolayı S2 vertebra sakroiliak vidalama teknik açıdan oldukça güçtür. Bizim çalışmamızda, perkütan S1 sakroiliak vidalama ile birlikte az hasarlı yöntemle gergi bandı plaklama

uygulanmasının klinikte sakrum morfolojisinin iyi değerlendirilmesi sonrasında kolay uygulanabileceğini düşünmekteyiz. Kullanım alanı ne olursa olsun, perkütan yöntem ile yerleştirilen vidaların, tüm literatür tarafından ortak kabul edilen temel avantajı, biyolojik çevreye zarar vermeden tespit sağlamasıdır (33).

Kullanılacak yöntem ne olursa olsun, posterior halka tespiti yapılacak olan her hastada anterior ve posterior yumuşak doku kitlesinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Morel-Lavale lezyonlarının erken tespiti ve açık debridman ile tedavisi oldukça önemlidir. Matta ve Saucedo yapmış oldukları çalışmada, kapalı yaralanmalar olmasına rağmen, Morel-Lavale lezyonlarının %20'sinde kolonizasyon olabileceğini bildirmişlerdir (57). Ciddi posterior yumuşak doku hasarı posterior yaklaşım için kontraendikasyon oluşturur (58). Önceki çalışmalarda posteriodan yapılan açık redüksiyon ve internal tespit sonrası %25'lere varan komplikasyon oranları bildirilmiştir (90). Buna rağmen, son yıllarda yapılan çalışmalarda komplikasyon oranları %5 olarak bildirilmiştir (58). Vertikal olarak stabil olmayan pelvis yaralanmalarında klinik olarak yapılmış çalışmalardaki takip sonuçlarının yorumlanması takip sürelerinin yetersiz olması, yaralanma mekanizmalarındaki değişkenlikler, eşlik eden organ veya sinir yaralanmaları ve geçerli ve subjektif veriler içeren bir sonuç ölçüm sisteminin olmaması nedeni ile pek mümkün değildir (91). Yeterli redüksiyonun nasıl olması gerektiği ve redüksiyonda bozulma olduğunda bunun sonucu nasıl etkileyeceği halen tartışmalı bir konudur. Klinik çalışmalar arasındaki bu çelişkiler ve çalışmaların birbiri ile karşılaştırılabilmesinin zor olması nedeni ile tespit yöntemlerinin birbirine olan üstünlüklerini belirlemek amacı ile biyomekanik çalışmalar ön plana çıkmıştır.

5.3. Farklı Tespit Yöntemleri İçin Biyomekanik Çalışmalar

Posterior pelvik halka ve sakroiliak eklem yaralanmalarının tedavisinde hangi tespit yöntemin daha etkili olduğunu anlayabilmek için çeşitli çalışmalarda, farklı tedavi metodlarının biyomekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde, belirli bir cerrahi tekniğin kesin olarak diğer yöntemlerden daha üstün olduğunu tespit etmek, klinik çalışmalardaki kısıtlamalara benzer şekilde, pek mümkün görülmemektedir (15). Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde farklı yaralanma tiplerinin çalışmalara dahil edildiği, tek bacak üstü (73, 82), her iki bacak üstü (60, 83), vertikal yüklenme (74, 75) veya lateral kompresyon (92) gibi çok çeşitli yükleme modellerinin oluşturulduğu, deplasman miktarlarının sadece tek bir yönde veya birkaç düzlemde birlikte ölçüldüğü ve uygulanan kuvvet miktarlarının da yine çalışmalar arasında 250 Newton'dan 2000 Newton'a kadar değişen oranlarda değiştiği görülmektedir. Çalışmalar arasındaki bu

farklar sebebi ile “in vitro” elde edilen biyomekaniksel verilerin “in vivo” olarak hastalara uygulanmasında sorunlar oluşmaktadır. Genel perspektiften bakıldığında, biyomekanik çalışmaların kullanılan kemik veya kemik kompozitleri, test için oluşturulan yaralanma mekanizmaları, pelvise uygulanan yükün miktarı ve uygulama şekli ile deplasman miktarının ölçüm yöntemleri bakımından farklılıklar gösterdiği görülebilir.

5.3.1. Çalışma Dizaynı ve Deplasman Miktarının Ölçümü

Daha önce yayınlanmış benzer biyomekanik çalışmalarda, lomber vertebra üstüne aksiyel yük verilmesi ile tek bacak veya çift bacak üstü yüklenme modelleri, pelvisi destekleyen femur cismi (61, 83, 93) veya kalça protezi (21, 60, 94) kullanılarak oluşturulmuştur. Tek bacak üstü yüklenme modeli kullanıldığı zaman, vertebraya uygulanan kuvvet ile birlikte hem kırık hattında hem de femurda belirgin rotasyonel moment kuvveti oluşmakta, bu ise sakroiliak ekleme ve sakruma binen gerçek moment kuvvet yönününü ve sayısal değerini etkilemekte ve her model deneyinde farklı sonuçların oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Her iki bacak üstü yüklenme modelinde ise, pelvisin halka yapısına sahip olması nedeniyle, posteriora verilen yük daha anteriorda ve lateralde bulunan asetabulumlar vasıtası ile her iki femura aktarılmakta, bu ise aksiyel yüklenme ile oluşan ve pelvise binen yük miktarı ile İnstron cihazının ölçüm hücresi arasında uyumsuzluk oluşma ihtimalini ortaya çıkarmaktadır (14). Ek olarak, pelvis cerrahisi sonrası klinik takipte, genel kural olarak hastalar ya hiç yük vermeden ya da sadece dengelerini sağlamak amacı ile ayak uçlarına dokunmalarına izin verilerek mobilize edilirler. Oysa ki, hastalar oturtulduklarında acetabulumlarına değil, iskiyal çıkıntılarında ve posterior pelvik halkaya yük biner. Bu nedenle tek veya çift bacak üstü yüklenme modelleri klinik uygulama ile uyum gösterip göstermediği tartışılmaktadır (91). Biz bu çalışmamızda, Başkent Üniversitesi mühendislik fakültesi makine mühendisliği bölümünün işbirliği ile pelvis halkanın sadece posterioruna yük verilmesini sağlayan, deney sırasında pelvisin lateral ve antero-posterior eğimine izin vermeyen, anterior pelvis halkanın yük altında kalmasına engel olan ve büyük siyatik çentik üstünden her iki iliak kanada yük aktarımını sağlayan bir çene kullandık. Böylece diğer çalışmaların aksine anterior pelvik halkayı devre dışı bırakarak sadece posterior tespit yöntemlerimizin sonuçlarını karşılaştırdık. Instron çenesi, sakrumun sadece vertikal planda hareketine izin verecek şekilde tasarlandığı için sakroiliak ekleme yalnızca vertikal ayrılma kuvveti uygulandı ve oluşan deplasman sakroiliak eklemin deplasmanı olarak kabul edildi.

Pelvik tespitin biyomekaniksel olarak analiz edilmesi uygulanan belirgin yük miktarları altında pelviste meydana gelen deplasman miktarının ölçülebilmesine bağlıdır.

Sertlik (stifness), uygulanan kuvvetin o kuvvet altında üretilen deplasman miktarına oranıdır. Daynıklılık (strenght) ise implant yetmezliği gelişinceye kadar oluşan kuvvet miktarıdır. Literatürdeki birçok çalışmada, materyal test makinesi çenesinin bilgisayar tarafından ölçülen deplasman miktarı, pelviste meydana gelen deplasman miktarı olarak ölçülmüştür (15, 74). Bunula birlikte farklı şekillerde implant yetmezlik kriterli tanımlanmış ve bazı çalışmalarda implant yetmezliği kırık hattında bozulma veya kırığı tespit eden implantta kırılma olarak tanımlanmış (15), buna karşın bazı çalışmalarda da belirli bir deplasman miktarına ulaşılması implant yetmezliği olarak kabul edilmiştir (74). Biz bu çalışmada, Şar ve Kılıçoğlu'nun yaptıkları çalışmaya benzer şekilde, sadece sakrumun hareketine izin veren bir çene kullanarak, İnstron cihazının aksiyel yüklenmeyi sağlayan kolunun deplasman miktarını sakroiliak eklemden meydana gelen deplasman miktarı olarak kabul ettik (74). İmplant yetmezliği olarak ise hem kırık hattı veya tespit yönteminde meydana gelen kırılma, bükülme ve ayrılmayı, hem de 40 mm deplasman olduğu halde belirgin herhangi bir yetmezliğin oluşmamasını kabul ettik.

Çalışma dizaynı olarak, deplasman miktarlarının tek yönde veya birkaç düzlemde birlikte ölçüldüğü çalışmalar bulunmaktadır. Aksiyel yüklenme altında sakroiliak eklemin vertikal planda yer değiştirme miktarının ölçüldüğü çalışmalara ek olarak (74), son yıllarda yapılan çalışmalarda, oluşturulan deneysel modelin mekaniksel test sırasında üç düzlemde birden ölçümlerinin yapılabildiği çalışmalar literatürde yayınlanmaya başlanmıştır (95). Ek olarak, bilgisayarlı tomografi yardımı ile veya tarama yapabilen aletler kullanılarak pelvis modelin bilgisayar ortamında üç boyutlu sanal görüntüsünün oluşturulduğu ve yine bilgisayar ortamında pelvise değişik miktarda yük bindirilerek çeşitli tespit yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar yayınlanmıştır. Böylelikle deney sırasında, model oluşturulması aşamasında ve deney sırasında gerçekleştirilecek olan bütün tekniksel problemler, ölçüm hataları ve istatistiksel değişkenler en aza indirilmeye çalışılmaktadır.

Her ne kadar pelvise binen yüklerin multi-aksiyel olması ve deplasman yönlerinin yaralanma sırasında değişkenlik göstermesi, kırık parçalarının rotasyon ve translasyonlarının üç-boyutlu ölçülmesi gerektiğini ortaya koyuyor olmasada, üç boyutta birden ölçüm yapılması sırasında kullanılan materyallerin ve ölçüm tekniklerinin çalışmalar arasında değişkenlik göstermesi, deneyin tekrar edilebilirliğinin zor olması, maliyetinin yüksek olması, üç-boyutlu sanal ortamda oluşturulan bilgisayar modellerinin birbirinden farklı karakterlerde olması ve oluşturulan geometrik modellerin birebir pelvis anatomisini yansıtmaması nedeni ile çalışma sonuçlarının birbiri ile karşılaştırılması pek mümkün ve anlamlı görünmemektedir. Biz çalışmamızda, tek düzlemde deplasman

ölçümü gerçekleştirdik ve herhangi bir üç boyutsal modelleme kullanmadık. Ek olarak diğer biyomekanik çalışmalara benzer şekilde, tamamen kraniyo-kaudal yönde kuvvet uygulayarak ve herhangi bir kas desteğini modelize etmeyerek çalışma modelinin ucuz bir şekilde oluşturulabilmesini ve kolay tekrar edilebilirliğini sağlamaya çalıştık (96, 97).

5.3.2. Biyomekanik Deneyselerde Kullanılan Kemik Tipleri

Biz bu çalışmada, deneysel modelin standart hazırlığını sağlayabilmek, biyomekanik analiz sırasında uyumu korumak ve homojen çalışma grupları oluşturulabilmek amacı ile kompozit kemik modelleri kullanmayı tercih ettik. Literatürdeki çoğu çalışmada, pelvik tespitin incelenmesi amacı ile insan pelvis kadavra örnekleri kullanılmıştır (11, 14). Taze kadavranın temin edilmesi zordur, örnekler arası anatomik konfigürasyon farklılıkları olabilir ve yaş, cinsiyet ve sistemik hastalıklar nedeni ile kemik stoğunun kalitesi farklılık gösterebilir. Özellikle kemik stoğunun kadavra örnekleri arasında farklılık göstermesi, ölçülen değerler arasında uyum olmamasına neden olmakta ve istatistiksel olarak anlamlı sonuç bulunmasını güçleştirmektedir (11).

Literatürde daha önce yayınlanmış olan biyomekanik çalışmalarda, kompozit pelvik modeller kullanılmıştır (15, 74). Kompozit kemik modelleri kolay, ucuz ve bol miktarda temin edilebilen materyallerdir. Dayanıklılık ve sertlik bakımından çok az farklılık gösterirler ve böylece istatistiksel olarak karşılaştırılabilirler. Biz bu çalışmada, poliüretan köpükten imal edilmiş ve ortopedik cerrahi eğitim amaçlı ve biyomekanik çalışmalarda daha önce kullanılmış olan anatomik olarak uyumlu pelvis modelleri kullandık. Böylece, her deney grubunda aynı özelliğe sahip pelvislerin kullanımına olanak sağlayarak, kadavra pelvislerinin kullanıldığı çalışmalardan farklı olarak, deney grupları arası uyumu sağladık. Aynı zamanda deneyler arasında sonuçların değişkenliğini en aza indirerek istatistiksel olarak karşılaştırılabilir sonuçların ortaya çıkmasını amaçladık. Kompozit kemik modellerinin kullanımı ile ilgili literatürdeki en çok tartışılan eleştiri, insan sakrum kemiğinin tamamının aynı kemik yoğunluğunda olmamasıdır. Bu durum, normal insan fizyolojisine aykırı bir durumdur ve kompozit kemik modellerinin kullanıldığı çalışmalarda, S1 vidalama ile S2 vidalama arasındaki kemik yoğunluk farkına bağlı değişkenleri göz ardı etmektedir (91). Bu eleştiri geçerli bir eleştiri olmasına rağmen, bizim çalışmamız için uygun bir eleştiri değildir. Biz çalışmamızda değişik tekniklerin sadece içsel biyomekanik karakteristiklerini karşılaştırmayı amaçladık ve sakrum için, sadece S1 bölgesinde vida kullandık. Bunun yanında, her pelvis modelinin deney öncesi hazırlık aşamasında ve plak-vidaların tespiti esnasında standart bir protokolu takip ettik.

Aynı zamanda her deney öncesi, aynı Instron çenesini kullandık ve yine her deney öncesi Instron yük konfigürasyonunda uyumu sağlamak amacı ile gruplar arası Newton değerlerini eşitledik. Kompozit kemik modelleri kullanımı ile ilgili yapılabilecek olan bir diğer eleştiri ise bu modellerde meydana gelen implant yetmezliğinin, aynı tespit yöntemi kullanıldığında normal insan pelvisinde meydana gelecek olan implant yetmezliğini yansıtmayacağı yönündedir. Bu durum doğru bir saptamadır. Buna karşın, biz bu çalışmamızda, kullandığımız tespit yöntemleri sonrası ne tür implant yetmezliklerinin oluşabileceğini değil, kullanılan farklı tespit yöntemlerinin dayanıklılık ve sertliklerinin farklı olup olmadığını ortaya koymayı amaçladık. Bizim çalışmamız için yapılabilecek bir başka eleştiri çalışma gruplarımızın küçük olması şeklinde olabilir. Buna rağmen, benzer sayılar ile yapılan ve kompozit pelvis modellerinin kullanıldığı başarılı çalışmalar literatürde daha önce yayınlanmıştır (15, 74).

5.3.3. Karşılaştırmalı Çalışmalar

Literatürde yayınlanmış karşılaştırmalı biyomekanik çalışmalar incelendiğinde, günümüzde uygulanmakta olan tüm sakroiliak tespit yöntemlerinin biyomekanik yönden birbirine yakın stabilitede bulunduğu görülmektedir (11). Yine bu çalışmalardan elde edilen bir başka sonuç, hiçbir yöntemin, bağları ve kas grupları sağlam olan bir sakroiliak eklem dayanıklılığına ve sağlamlığına erişemediği şeklindedir. Sagi ve arkadaşları, simfizyel plaklar ile kombine edilmiş iliosakral vidaların kullanıldığı biyomekanik çalışmada, bir veya iki iliosakral vidanın arasında anlamlı fark olmadığını tespit etmiş ve anterior simfizyel plaklamanın vertikal olarak stabil olmayan yaralanmalarda stabiliteyi belirgin olarak arttırdığını belirtilmiştir (91). Gorczyca ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir diğer çalışmada, 10 adet kadavra pelvisi posteriordan iki adet 6.5 mm'lik iliosakral lag vidası veya iki adet 6.4 mm'lik trans-iliak bar ile tespit edilmiş ve vertikal olarak stabil olmayan pelvis kırık modelinde dayanıklılıkları karşılaştırılmıştır (69). İliosakral lag vidası için ortalama dayanıklılık 819 Newton, trans-iliak bar için ortalama dayanıklılık ise 1066 Newton olarak tespit edilmiştir. Buna rağmen, çalışma grubunun küçük olması ve verilerin değişkenliği sebebiyle her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilememiştir (69). Comstock ve arkadaşlarının gerçekleştirmiş oldukları bir başka çalışmada, 4 adet pelvis kadavrasında sağ sakroiliak eklem bağları kesilerek sakroiliak dislokasyon oluşturulmuş ve oluşturulan bu dislokasyon dört farklı yöntem (sakroiliak vidalama, anterior sakroiliak plak-vida, transiliak bar, sakroiliak vida ile transiliak bar kombinasyonu) kullanılarak tespit edilmiş ve sonuçlar karşılaştırmıştır (60). Sonuç olarak en dayanıklı tespit yönteminin iki iliosakral vida ve iki iliosakral vida ile birlikte kullanılan

iki sakral bar olduğunu, en zayıf tespit yönteminin ise tek başına sakral bar kullanımı olduğunu belirtmişlerdir. Simonian ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir başka çalışmada, 1 veya 2 iliak vida, gergi bandı plaklama ve transiliak bar kullanımı transforaminal sakrum kırıkları için biyomekaniksel olarak kadavra pelvisleri üstünde karşılaştırılmış ve sonuç olarak tespit yöntemleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (2). Albert ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ise 4 adet kadavra pelvisi ve 5 adet yapay pelvis modeli kullanılmış ve sakroiliak eklemler trans-iliak plak fiksasyonu veya iki adet sakral bar ile tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yaklaşık 1200 Newtonluk kuvvet miktarında her iki tespit yönteminde de yetmezlik geliştiği ve aralarında dayanıluluk bakımından anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir (75). Zwiener ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir diğer çalışmada ise 12 adet pelvis kadavrasında tek taraflı sakroiliak eklem ayrılma modeli oluşturulmuş ve S1'e tek sakroiliak vida, S1'e iki açılı sakroiliak vida ve S1 ve S2'ye birer vida ile tespit grupları arasında karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, sakroiliak eklemi ayrılmamış pelvis kadavrasının bütün tespit yöntemlerinden daha dayanıklı olduğu, tespit yöntemleri içerisinde ise iki adet sakroiliak vidanın tek vidadan daha dayanıklı olduğu, iki vidanın açılı gönderilmesinin dayanılılığı etkilemediği belirtilmiştir (14). Kraemer ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir başka çalışmada ise 7 mm'lik sakroiliak vidalar ile kadavra pelvisinde yapılan tespit yöntemleri karşılaştırılmış ve sonuç olarak uzun yivli (32 mm) vidaların, kısa yivli (16 mm) vidalardan anlamlı şekilde daha fazla dayanıklılığa sahip olduğu belirtilmiştir (98). Aynı zamanda sakral vertebra gövdesine gönderilen vidaların sakrum alasına gönderilen vidalardan daha iyi tutunduğuda yine aynı çalışmada bildirilmiştir.

Yukarıda değişik çalışmalar ile özetlenen yayınlar incelendiğinde, posterior pelvik halkanın tespitinde kullanılan iliosakral vida, anterior sakroiliak plaklama, gergi bandı plaklama ve sakral bar kullanımı gibi tekniklerin çeşitli şekillerde birbirleri ile karşılaştırıldığı görülmektedir. Buna rağmen çalışmalar farklı yükleme koşullarında gerçekleştirilmiş ve dayanıklılığın tespiti için farklı metodlar kullanılmıştır. Literatürde, bütün bu tespit yöntemlerini tek bir çalışma altında toplayarak biyomekaniksel anlamda karşılaştıran tek bir çalışma bulunmaktadır. Yinger ve arkadaşlarının 2003 yılına ait çalışmasında, dokuz farklı posterior pelvik halka tespit yöntemi sert plastikten pelvis kullanılarak tek bacak üstüne yüklenme modelinde karşılaştırılmış ve kablo sistemleri kullanılarak sağ kalça abdüktör kaslarının gerim gücü test sırasında model üstüne uygulanmıştır (15). Çalışma sonucunda, tek bir iliosakral vidanın posterior tespit yöntemi ne olursa olsun sağlamlığı arttırdığı, en dayanıklı tespit yönteminin ise iki iliosakral vida veya

iliosakral vida ile birlikte kullanılan iki adet anterior sakroiliak eklem plağı olduğu bildirilmiştir. Gergi bandı plaklama ile birlikte kullanılan iliosakral vidanın veya bir veya iki adet sakral bar kullanımının orta düzeyde dayanıklılığa sahip olduğu, en zayıf tespit yönteminin ise tek anterior sakroiliak eklem plağı olduğu bildirilmiştir.

Kısaca özetlenmeye çalışılan bu farklı çalışmalar bir bütün halinde incelendiğinde, her ne kadar pelvis kırıklarının tespiti için altın standart tedavi yönteminin ortaya koyamasa da temel bazı sonuçlara varılabilir. Tespit yöntemi ve tespitin yeri ne olursa olsun, biyomekanik özellikler göz önüne alındığında, pelvik halkayı bütün olarak ele almak gerekmektedir. Vertikal veya translasyonel olarak stabil olmayan yaralanmalarda (Tip C), eksternal tespit tek başına yeterli stabilizasyonu sağlayamamaktadır. İç rotasyon kuvvetlerine karşı en fazla stabilizasyonu sağlayan yöntem, hem anterior, hem de posterior halkanın yeniden oluşturulmasını sağlayan internal tespittir. Tek taraflı sakroiliak ayrılma için anterior pelvik halkanın sabitlenmiş olması şartı ile iliosakral kompresyon vidası, transiliak rod, transiliak plak ve anterior sakroiliak plaklama yöntemleri yeterli tespiti sağlayabilmektedir. Transforaminal sakrum kırıkları içinde aynı durum geçerlidir. Kullanılan iliosakral vidaların dayanıklı olmaları için uzun yivli vidaların sakrum gövdesine gömülmeleri gerekmektedir. Stabilitesini bütünü ile kaybetmiş bir pelvik halka yaralanmasında, hem anteriordan hem de posteriordan yeterli, sağlam ve güvenilir bir tespit sağlansa dahi, halkanın bütünlüğünü korumak için yük verilmesine izin verilmemeli ve dikkatli bir şekilde ameliyat sonrası rehabilitasyon programları takip edilmelidir.

Bununla birlikte, bazı çalışmalarda, yeni ve alternatif posterior pelvik halka tespit yöntemleri tariflenmiş ve bu yöntemler biyomekanik olarak analiz edilmiştir (74, 99, 100). Schildhauer ve ark.'larının yapmış olduğu bir çalışmada, 20 adet insan pelvis kadavrası üstünde transforaminal sakrum kırık modeli oluşturularak yeni bir üçgen şekilli osteosentez yöntemi tarif edilmiş ve standart iliosakral vidalama ile karşılaştırıldığında bu yöntemin daha stabil bir tespit olanağı sağladığı bildirilmiştir (100). Bir başka çalışmada Hoffmann ve ark.'ları Tile tip C sakroiliak ayrılmalar için yeni bir tespit yöntemi bildirmiştir. Bu yöntemde S1 ve S2 gövdesine iki adet sakral vida ile birlikte posterior iliak kreste iki adet iliak vida sakroiliak rodlar ile birbirlerine tespit edilmiştir (101). Benzer çalışmalarda Tile ve Korovessis spinal cerrahi için kullanılan enstrumanları sakroiliak tespit için modifiye etmişlerdir (95, 102). Tile, posterior pelvik halkanın tespiti için Harrington kompresyon barlarının kullanımını tarif etmiştir. Krovessis ve arkadaşları ise stabil olmayan sakroiliak ayrılma için ilk defa 8 mm'lik pedikül vidalarını bilateral iliak kanat üstünde tespit amaçlı kullanmış ve sakruma vida koymadan özellikle parçalı iliosakral ekleme yakın kırıkların

tespitinde bu yöntemin faydalı olabileceğini belirtmişleridir. Şar ve Kılıçoğlu, hem iliak kanadı hem de aynı taraf S1 pedikülünü vidalamak sureti ile pediküloiliak tespitini tariflemiştir (74). Abumi ve arkadaşlarının 2000 yılında yayınladıkları bir çalışmada sakroiliak eklem yaralanmaları için Galveston iliak rodlarının ve bilateral S1 pedikül vidalarının kullanımı tarif edilmiştir (99). Şar ve Kılıçoğlu'nun çalışmasında ise pedikül vidalarının iliak kanat ve aynı taraf S1 pedikülü arasında bir spinal rod ile birbirine bağlandığı pediküloiliak tespit tanımlanmıştır (74).

Biz bu çalışmada, literatürde daha önce gerek klinik gerekse de biyomekanik sonuçları yayınlanmış olan tespit yöntemlerini farklı bir model uygulaması üstünde tekrar karşılaştırmak yerine, yeni bir posterior pelvik halka tespit yöntemi tanımlayarak, bu yöntemin biyomekanik anlamda daha önce test edilmiş olan yöntemlerden farkı olup olmadığını belirlemeyi amaçladık. Literatür incelendiğinde, önceki çalışmalarda posteriodan trans-iliak gergi bandı plaklama yöntemi için 4.5 mm'lik konvansiyonel rekonstrüksiyon plakları kullanıldığı ve açık redüksiyon yapılsa dahi S1 pedikülünün plak üstünden vidalanmadığı görülmektedir (75). Bizim çalışmamızda, posteriodan tespit için 3.5 mm'lik kilitli plak kullanılmıştır. Aynı şekilde, kilitli plak üstünden, her iki S1 pedikülüne kilitli vida ile tespit sağlanması da bu çalışmada ilk kez tarif edilmiştir. Kilitli plak üstünden her iki S1 pedikülünün vidalanması yöntemi, klasik trans-iliak gergi bandı plaklama ve gergi bandı plaklama ile kombine edilmiş sakroiliak vidalama yöntemleri ile karşılaştırarak yeni tanımladığımız yöntemin biyomekanik anlamda daha üstün olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Sağlam bir tespit sağlayan plak ile osteosentez yönteminde kullanılan plakların, lag vidaları veya interfragmenter vidaların özellikle parçalı kırıklarda ve osteoporotik hastalarda kaynamama, yanlış kaynama, plak kırılması veya plağın çıkartılmasından sonra tekrar kırık görülmesi gibi yüksek oranda komplikasyonlara yol açması nedeni ile, araştırmacılar yeni ve farklı plakların kullanımına yönelmişlerdir. İlk kez 2000 yılında Wagner ve ekibi tarafından kilitli plakların kullanımı tanımlanmış ve biyolojik plak osteosentez kavramı tarif edilmiştir (103). Bu yöntemin en önemli avantajlarından birisi az hasarlı tekniklere olanak sağlaması ve kırık kaynama biyolojisine ve mekaniğine zarar vermeden internal bir atel olarak kullanılabilmesi olarak gösterilmiştir. Kilitli plakların biyomekanik özellikleri ile ilgili literatürdeki en kapsamlı çalışma 2003 yılında Stoffel ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmadır (104). Çalışma sonucunda, "çalışma uzunluğu"nun stabilitede en önemli faktör olduğu bildirilmiştir. Biz çalışmamızda, bu prensipler eşliğinde sakroiliak ayrılmalar için her iki iliak kanada 2'şer kilitli vida ve

Özellikle aksiyel yüklenme altında dayanıklılığı arttırabilmek amacı ile her iki S1 pediklne plak üstünden vida konulmasına karar verdik. Böylece kırık hattına yakın kalarak sağlamlığı arttırmayı hedefledik.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde, birinci grupta, vertikal yüklemenin başlaması ile birlikte sakroiliak eklemde deplasman ölçülmeye başlandı ve kuvvet-deplasman grafiği diğer gruplara göre daha yatay bir seyir takip etti. Bu nedenden, bu grupta, diğer gruplar ile karşılaştırıldığında anlamlı şekilde daha fazla deplasman geliştiği tespit edildi. Aynı şekilde yine birinci grubun, istatistiksel olarak, anlamlı şekilde diğer iki gruptan daha az dayanıklı ve sert olduğu görüldü. Bu grupta, implant yetmezliği gelişmesinden önce plakta belirgin esnemesinin görülmesi, tespit için kullanılan 3.5 mm'lik kilitli plakların profil olarak zayıf geldiğini düşündürmektedir. Bu nedenden, ilerki çalışmalarda aynı tespit yönteminde profili daha yüksek 4.5 mm'lik plakların kullanılmasının stabiliteye katkı sağlayabileceğini düşünmekteyiz. Birinci grupta implant yetmezliklerinin en sık olarak iliak kanatlardan görülmesi, tespitin en zayıf yerinin burası olduğunu göstermektedir. İkinci grupta ise, vertikal yüklemenin başlaması ile birlikte daha düzgün ve dik bir kuvvet-deplasman grafiği kaydedilmeye başlandı. İkinci grupta, hiçbir vidada ayrılma veya kırılma görülmemesi ve bütün yetmezliklerin sakrum ala kırığı ile sonuçlanması tespitin stabil olduğunu düşündürmektedir. Aynı şekilde, ortalama implant yetmezliği oluşturan kuvvetler istatistiksel olarak incelendiğinde, ikinci grup ile üçüncü grup arasında anlamlı fark olmadığı ve 6.5 mm'lik sakroiliak vidanın, sadece plak vida tespiti ile karşılaştırıldığında, daha sağlam bir tespit oluşturduğu, sakroiliak vidalama ile birlikte plak vida kullanılmasının ise, sadece sakroiliak vidalamadan farklı olmadığı belirlendi. Çalışmamız sonucunda, yukarıda belirtildiği gibi, birinci grupta uyguladığımız ve literatürde ilk defa tariflenen plak üstünden S1 pedikülüne vida uygulaması, diğer gruplar ile karşılaştırıldığında daha az dayanıklı ve stabil olarak bulunmuş olmasına rağmen, sadece bir pelviste S1 vidalarının kırılması ve diğer pelvislerin hepsinde iliak kanattan ayrılmanın görülmesi, tespitteki problemin, temel olarak iliak kanatlardaki kemik stok yetersizliği veya kullanılan plağın düşük profilli olmasından kaynaklanabildiğini düşündürmektedir. Bu nedenden dolayı, aynı yükleme modelinde, profili daha yüksek bir plak ile birlikte, her iki iliak kanada üçer vida ile tespitin, dayanıklılık ve sağlamlığı artırarak sonuçları değiştirebileceğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürde daha önce yayınlanmış ve tespit yöntemleri arasında fark tespit edilmemiş karşılaştırmalı çalışmalardan farklılık göstermektedir (1, 2, 60, 75, 96). Bu nedenden, her iki taraflı sakroiliak ayrılma yaralanması olan pelvis kırıklarında sadece sakroiliak vidalamanın yeterli olacağını,

sakroiliak vidalama ile kombine edilmiş posteriordan gergi bandı plaklamanın vertikal yüklenme altında stabiliteye ek bir katkı sağlamadığını tespit etmiş bulunmaktayız.

Posterior pelvik halka ve sakroiliak eklemin tespiti için, yeni cerrahi tekniklerin geliştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen farklı deneysel biyomekanik çalışmalar, bu konunun gelecek yıllarda da gelişmelere ve tartışmalara açık olduğunu göstermektedir. Klinik olarak yeterli redüksiyon ve kaynama başarıldığı halde, fonksiyonel olarak kötü sonuç elde edilen hastalarda, tespit yönteminin, iyileşme öncesi ve sonrası dönemde, pelvis biyomekaniğini etkileyerek, fonksiyonel sonuçları olumlu veya olumsuz değiştirebileceğini düşünmekteyiz. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilerin her ne kadar klinik sonuçlar ile karşılaştırılabilmesi mümkün olmasa da, tespit sonrası elde edilen redüksiyonun korunması, uygulanan tespit yönteminin dayanıklılığına bağlıdır. Bu nedenlerden dolayı bu çalışma, günümüzde posterior pelvik halka tespitinde kullanılan yöntemlere yeterli bir alternatif sunamasa da, gelecek klinik ve deneysel biyomekanik çalışmalara öncülük etmektedir. Ek olarak, özellikle transforaminal sakrum kırıkları ve sakrum alasının lateral yerleşimli kırıkları ile sakroiliak vidalamanın sakral dismorfizm nedeni ile mümkün olmadığı durumlarda plak üstünden transpediküler vidalamanın literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılabilir sonuçları nedeni ile iyi bir alternatif olabileceğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Pohlemann T, Angst M, Schneider E, Ganz R, Tscherne H. Fixation of transforaminal sacrum fractures: a biomechanical study. *J Orthop Trauma* 7: 107-117, 1993.
2. Simonain PT, Routt C, Jr., Harrington RM, Tencer AF. Internal fixation for the transforaminal sacral fracture. *Clin Orthop Relat Res* 323: 202-209, 1996.
3. Balogh Z, King KL, Mackay P, McDougall D, Mackenzie S, Evans JA, Lyons T, Deane SA. The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. *J Trauma* 63: 1066-1073; discussion 1072-1063, 2007.
4. Giannoudis PV, Grotz MR, Tzioupis C, Dinopoulos H, Wells GE, Bouamra O, Lecky F. Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. *J Trauma* 63: 875-883, 2007.
5. Mears DC, Fu F. External fixation in pelvic fractures. *Orthop Clin North Am* 11: 465-479, 1980.
6. Mucha P, Jr., Farnell MB. Analysis of pelvic fracture management. *J Trauma* 24: 379-386, 1984.
7. Wolinsky PR. Assessment and management of pelvic fracture in the hemodynamically unstable patient. *Orthop Clin North Am* 28: 321-329, 1997.
8. Poole GV, Ward EF. Causes of mortality in patients with pelvic fractures. *Orthopedics* 17: 691-696, 1994.
9. Poole GV, Ward EF, Griswold JA, Muakkassa FF, Hsu HS. Complications of pelvic fractures from blunt trauma. *Am Surg* 58: 225-231, 1992.
10. Poole GV, Ward EF, Muakkassa FF, Hsu HS, Griswold JA, Rhodes RS. Pelvic fracture from major blunt trauma. Outcome is determined by associated injuries. *Ann Surg* 213: 532-538; discussion 538-539, 1991.
11. Simonian PT, Routt ML, Jr. Biomechanics of pelvic fixation. *Orthop Clin North Am* 28: 351-367, 1997.
12. Simonian PT, Routt ML, Jr., Harrington RM, Tencer AF. The unstable iliac fracture: a biomechanical evaluation of internal fixation. *Injury* 28: 469-475, 1997.
13. Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br* 70: 1-12, 1988.
14. van Zwienen CM, van den Bosch EW, Snijders CJ, Kleinrensink GJ, van Vugt AB. Biomechanical comparison of sacroiliac screw techniques for unstable pelvic ring fractures. *J Orthop Trauma* 18: 589-595, 2004.
15. Yinger K, Scalise J, Olson SA, Bay BK, Finkemeier CG. Biomechanical comparison of posterior pelvic ring fixation. *J Orthop Trauma* 17: 481-487, 2003.
16. Trunkey DD, Chapman MW, Lim RC, Jr., Dunphy JE. Management of pelvic fractures in blunt trauma injury. *J Trauma* 14: 912-923, 1974.
17. Peltier LF. Some complications of fractures. *Curr Probl Surg*: 1-44, 1967.
18. Peltier LF. Complications Associated with Fractures of the Pelvis. *J Bone Joint Surg Am* 47: 1060-1069, 1965.
19. Dalal SA, Burgess AR, Siegel JH, Young JW, Brumback RJ, Poka A, Dunham CM, Gens D, Bathon H. Pelvic fracture in multiple trauma: classification by mechanism is key to pattern of organ injury, resuscitative requirements, and outcome. *J Trauma* 29: 981-1000; 1989.
20. Lee C, Porter K. The prehospital management of pelvic fractures. *Emerg Med J* 24: 130-133, 2007.
21. Routt ML, Jr., Simonian PT, Mills WJ. Iliosacral screw fixation: early complications of the percutaneous technique. *J Orthop Trauma* 11: 584-589, 1997.

22. Olson SA, Burgess A. Classification and initial management of patients with unstable pelvic ring injuries. *Instr Course Lect* 54: 383-393, 2005.
23. Jones A, Burgess, AR. Fractures of the Pelvic Ring. In: Bucholz R, Heckman, JD, (ed). *Rockwood and Green's Fractures in Adults*. Baltimore: Lipincott Williams and Wilkins; 2001. p.1469-1513.
24. Routt ML, Jr., Simonian PT, Agnew SG, Mann FA. Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: a cadaveric and clinical study. *J Orthop Trauma* 10: 171-177, 1996.
25. Ziran BH, Wasan AD, Marks DM, Olson SA, Chapman MW. Fluoroscopic imaging guides of the posterior pelvis pertaining to iliosacral screw placement. *J Trauma* 62: 347-356; discussion 356, 2007.
26. Moed BR, Geer BL. S2 iliosacral screw fixation for disruptions of the posterior pelvic ring: a report of 49 cases. *J Orthop Trauma* 20: 378-383, 2006.
27. Brantley AG, Mayfield JK, Koeneman JB, Clark KR. The effects of pedicle screw fit. An in vitro study. *Spine* 19: 1752-1758, 1994.
28. Misenhimer GR, Peek RD, Wiltse LL, Rothman SL, Widell EH, Jr. Anatomic analysis of pedicle cortical and cancellous diameter as related to screw size. *Spine* 14: 367-372, 1989.
29. Okutan O, Kaptanoğlu E, Solaroğlu I, Beskonakli E, Tekdemir I. Pedicle morphology of the first sacral vertebra. *Neuroanatomy* 2: 16-19, 2003.
30. Mirkovic S, Abitbol JJ, Steinman J, Edwards CC, Schaffler M, Massie J, Garfin SR. Anatomic consideration for sacral screw placement. *Spine* 16: S289-294, 1991.
31. Olson SA, Pollak AN. Assessment of pelvic ring stability after injury. Indications for surgical stabilization. *Clin Orthop Relat Res* 329: 15-27, 1996.
32. Vrahas M, Hern TC, Diangelo D, Kellam J, Tile M. Ligamentous contributions to pelvic stability. *Orthopedics* 18: 271-274, 1995.
33. Tile M. *Fractures of the Pelvis and Acetabulum*. Third ed. Baltimore: Lipincott Williams and Wilkins, 2003.
34. Cooper J. Pelvic ring injuries. *Trauma* 8: 95-110, 2006.
35. Bucholz RW. The pathological anatomy of Malgaigne fracture-dislocations of the pelvis. *J Bone Joint Surg Am* 63: 400-404, 1981.
36. Kellam JF, McMurtry RY, Paley D, Tile M. The unstable pelvic fracture. Operative treatment. *Orthop Clin North Am* 18: 25-41, 1987.
37. Pennal GF, Tile M, Waddell JP, Garside H. Pelvic disruption: assessment and classification. *Clin Orthop Relat Res* 151: 12-21, 1980.
38. Don Digny R. Anterior dysfunction of the sacroiliac joint as a major factor in the etiology of idiopathic low back pain syndrome. *Physical Therapy* 70: 250-261, 1990.
39. Mooney V. Sacroiliac Joint Dysfunction. In: Vleeming A DT, Snijders C, Stoeckart R, (ed). *Movement, stability and low back pain*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1997. p.37-52.
40. Alderink G. The sacroiliac joint: Review of anatomy, Mechanics, and function. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 13: 71-84, 1991.
41. Dreyfuss P, Dryer S, Griffin J, Hoffman J, Walsh N. Positive sacroiliac screening tests in asymptomatic adults. *Spine* 19: 1138-1143, 1994.
42. Keating JF, Werier J, Blachut P, Broekhuysse H, Meek RN, O'Brien PJ. Early fixation of the vertically unstable pelvis: the role of iliosacral screw fixation of the posterior lesion. *J Orthop Trauma* 13: 107-113, 1999.
43. Matta JM. Indications for anterior fixation of pelvic fractures. *Clin Orthop Relat Res* 329: 88-96, 1996.

44. Pennal G, Sutherland, GO. Fractures of the Pelvis. Park Ridge, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons, 1961.
45. Young JW, Burgess AR, Brumback RJ, Poka A. Pelvic fractures: value of plain radiography in early assessment and management. *Radiology* 160: 445-451, 1986.
46. Burgess AR, Eastridge BJ, Young JW, Ellison TS, Ellison PS, Jr., Poka A, Bathon GH, Brumback RJ. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *J Trauma* 30: 848-856, 1990.
47. Cryer HM, Miller FB, Evers BM, Rouben LR, Seligson DL. Pelvic fracture classification: correlation with hemorrhage. *J Trauma* 28: 973-980, 1988.
48. Gilliland MD, Ward RE, Barton RM, Miller PW, Duke JH. Factors affecting mortality in pelvic fractures. *J Trauma* 22: 691-693, 1982.
49. O'Sullivan RE, White TO, Keating JF. Major pelvic fractures: identification of patients at high risk. *J Bone Joint Surg Br* 87: 530-533, 2005.
50. Henry SM, Tornetta P, 3rd, Scalea TM. Damage control for devastating pelvic and extremity injuries. *Surg Clin North Am* 77: 879-895, 1997.
51. Tornetta P, 3rd, Matta JM. Outcome of operatively treated unstable posterior pelvic ring disruptions. *Clin Orthop Relat Res* 329: 186-193, 1996.
52. Tornetta P, 3rd, Dickson K, Matta JM. Outcome of rotationally unstable pelvic ring injuries treated operatively. *Clin Orthop Relat Res* 329: 147-151, 1996.
53. Rommens PM, Hessmann MH. Staged reconstruction of pelvic ring disruption: differences in morbidity, mortality, radiologic results, and functional outcomes between B1, B2/B3, and C-type lesions. *J Orthop Trauma* 16: 92-98, 2002.
54. Matta JM, Dickson KF, Markovich GD. Surgical treatment of pelvic nonunions and malunions. *Clin Orthop Relat Res* 329: 199-206, 1996.
55. Gautier E, Rommens PM, Matta JM. Late reconstruction after pelvic ring injuries. *Injury* 27: 39-46, 1996.
56. Kellam JF. The role of external fixation in pelvic disruptions. *Clin Orthop Relat Res* 241: 66-82, 1989.
57. Matta JM, Saucedo T. Internal fixation of pelvic ring fractures. *Clin Orthop Relat Res* 242: 83-97, 1989.
58. Matta JM, Tornetta P, 3rd. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. *Clin Orthop Relat Res* 329: 129-140, 1996.
59. Gustavo Parreira J, Coimbra R, Rasslan S, Oliveira A, Fregoneze M, Mercadante M. The role of associated injuries on outcome of blunt trauma patients sustaining pelvic fractures. *Injury* 31: 677-682, 2000.
60. Comstock CP, van der Meulen MC, Goodman SB. Biomechanical comparison of posterior internal fixation techniques for unstable pelvic fractures. *J Orthop Trauma* 10: 517-522, 1996.
61. Routt ML, Jr., Simonian PT. Closed reduction and percutaneous skeletal fixation of sacral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 329: 121-128, 1996.
62. Bone LB, Johnson KD, Weigelt J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 71: 336-340, 1989.
63. van Zwienen CM, van den Bosch EW, Hoek van Dijke GA, Snijders CJ, van Vugt AB. Cyclic loading of sacroiliac screws in Tile C pelvic fractures. *J Trauma* 58: 1029-1034, 2005.
64. Rieger H, Winckler S, Wetterkamp D, Overbeck J. Clinical and biomechanical aspects of external fixation of the pelvis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 11: 322-327, 1996.

65. Grimm MR, Vrahas MS, Thomas KA. Pressure-volume characteristics of the intact and disrupted pelvic retroperitoneum. *J Trauma* 44: 454-459, 1998.
66. Riemer BL, Butterfield SL, Diamond DL, Young JC, Raves JJ, Cottingham E, Kislan K. Acute mortality associated with injuries to the pelvic ring: the role of early patient mobilization and external fixation. *J Trauma* 35: 671-675, 1993.
67. Stocks GW, Gabel GT, Noble PC, Hanson GW, Tullos HS. Anterior and posterior internal fixation of vertical shear fractures of the pelvis. *J Orthop Res* 9: 237-245, 1991.
68. Templeman D, Goulet J, Duwelius PJ, Olson S, Davidson M. Internal fixation of displaced fractures of the sacrum. *Clin Orthop Relat Res* 329: 180-185, 1996.
69. Gorczyca JT, Varga E, Woodside T, Hearn T, Powell J, Tile M. The strength of iliosacral lag screws and transiliac bars in the fixation of vertically unstable pelvic injuries with sacral fractures. *Injury* 27: 561-564, 1996.
70. Varga E, Hearn T, Powell J, Tile M. Effects of method of internal fixation of symphyseal disruptions on stability of the pelvic ring. *Injury* 26: 75-80, 1995.
71. Failinger MS, McGanity PL. Unstable fractures of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Am* 74: 781-791, 1992.
72. Lange RH, Hansen ST, Jr. Pelvic ring disruptions with symphysis pubis diastasis. Indications, technique, and limitations of anterior internal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 201: 130-137, 1985.
73. Dujardin FH, Roussignol X, Hossenbaccus M, Thomine JM. Experimental study of the sacroiliac joint micromotion in pelvic disruption. *J Orthop Trauma* 16: 99-103, 2002.
74. Sar C, Kilicoglu O. S1 pediculoiliac screw fixation in instabilities of the sacroiliac complex: biomechanical study and report of two cases. *J Orthop Trauma* 17: 262-270, 2003.
75. Albert MJ, Miller ME, MacNaughton M, Hutton WC. Posterior pelvic fixation using a transiliac 4.5-mm reconstruction plate: a clinical and biomechanical study. *J Orthop Trauma* 7: 226-232, 1993.
76. Pohlemann T, Bosch U, Gansslen A, Tscherne H. The Hannover experience in management of pelvic fractures. *Clin Orthop Relat Res* 305: 69-80, 1994.
77. Ganz R, Krushell RJ, Jakob RP, Kuffer J. The antishock pelvic clamp. *Clin Orthop Relat Res* 267: 71-78, 1991.
78. Edeiken-Monroe BS, Browner BD, Jackson H. The role of standard roentgenograms in the evaluation of instability of pelvic ring disruption. *Clin Orthop Relat Res* 240: 63-76, 1989.
79. Rothenberger DA, Fischer RP, Strate RG, Velasco R, Perry JF, Jr. The mortality associated with pelvic fractures. *Surgery* 84: 356-361, 1978.
80. Patterson FP, Morton KS. The cause of death in fractures of the pelvis: with a note on treatment by ligation of the hypogastric (internal iliac) artery. *J Trauma* 13: 849-856, 1973.
81. Karaharju EO, Slatis P. External fixation of double vertical pelvic fractures with a trapezoid compression frame. *Injury* 10: 142-145, 1978.
82. MacAvoy MC, McClellan RT, Goodman SB, Chien CR, Allen WA, van der Meulen MC. Stability of open-book pelvic fractures using a new biomechanical model of single-limb stance. *J Orthop Trauma* 11: 590-593, 1997.
83. Shaw JA, Mino DE, Werner FW, Murray DG. Posterior stabilization of pelvic fractures by use of threaded compression rods. Case reports and mechanical testing. *Clin Orthop Relat Res* 192: 240-254, 1985.

84. French B, Tornetta P. Fixation of posterior pelvic ring disruptions through a posterior approach. *Operat Orthop Traumatolog* 10: 29-48, 2002.
85. Pohlemann T, Gansslen A, Schellwald O, Culemann U, Tscherne H. [Outcome evaluation after unstable injuries of the pelvic ring]. *Unfallchirurg* 99: 249-259, 1996.
86. Lindahl J, Hirvensalo E. Outcome of operatively treated type-C injuries of the pelvic ring. *Acta Orthop* 76: 667-678, 2005.
87. Krappinger D, Larndorfer R, Struve P, Rosenberger R, Arora R, Blauth M. Minimally invasive transiliac plate osteosynthesis for type C injuries of the pelvic ring: a clinical and radiological follow-up. *J Orthop Trauma* 21: 595-602, 2007.
88. Routt ML, Jr., Nork SE, Mills WJ. Percutaneous fixation of pelvic ring disruptions. *Clin Orthop Relat Res*: 15-29, 2000.
89. Routt ML, Jr., Nork SE, Mills WJ. High-energy pelvic ring disruptions. *Orthop Clin North Am* 33: 59-72, 2002.
90. Kellam J, Browner B. Fractures of the Pelvic Ring. In: Browner B, Jupiter J, Levine A, Trafton P, (eds). *Skeletal Trauma*. Philadelphia: WB Saunders; 1992. p.849-897.
91. Sagi HC, Ordway NR, DiPasquale T. Biomechanical analysis of fixation for vertically unstable sacroiliac dislocations with iliosacral screws and symphyseal plating. *J Orthop Trauma* 18: 138-143, 2004.
92. Hofmann D. Comparative study of various stabilization procedures in dislocation of the pelvic half joint. *Unfallchirurgie* 17: 247-252, 1991.
93. Simonian PT, Routt ML, Jr., Harrington RM, Mayo KA, Tencer AF. Biomechanical simulation of the anteroposterior compression injury of the pelvis. An understanding of instability and fixation. *Clin Orthop Relat Res* 309: 245-256, 1994.
94. Simonian PT, Routt ML, Jr., Harrington RM, Tencer AF. Internal fixation of the unstable anterior pelvic ring: a biomechanical comparison of standard plating techniques and the retrograde medullary superior pubic ramus screw. *J Orthop Trauma* 8: 476-482, 1994.
95. Korovessis PG, Magnissalis EA, Deligianni D. Biomechanical evaluation of conventional internal contemporary spinal fixation techniques used for stabilization of complete sacroiliac joint separation: a 3-dimensional unilaterally isolated experimental stiffness study. *Spine* 31: 941-951, 2006.
96. Leighton RK, Waddell JP, Bray TJ, Chapman MW, Simpson L, Martin RB, Sharkey NA. Biomechanical testing of new and old fixation devices for vertical shear fractures of the pelvis. *J Orthop Trauma* 5: 313-317, 1991.
97. Rubash HE, Brown TD, Nelson DD, Mears DC. Comparative mechanical performances of some new devices for fixation of unstable pelvic ring fractures. *Med Biol Eng Comput* 21: 657-663, 1983.
98. Kraemer W, Hearn T, Tile M, Powell J. The effect of thread length and location on extraction strengths of iliosacral lag screws. *Injury* 25: 5-9, 1994.
99. Abumi K, Saita M, Iida T, Kaneda K. Reduction and fixation of sacroiliac joint dislocation by the combined use of S1 pedicle screws and the galveston technique. *Spine* 25: 1977-1983, 2000.
100. Schildhauer TA, Ledoux WR, Chapman JR, Henley MB, Tencer AF, Routt ML, Jr. Triangular osteosynthesis and iliosacral screw fixation for unstable sacral fractures: a cadaveric and biomechanical evaluation under cyclic loads. *J Orthop Trauma* 17: 22-31, 2003.
101. Hoffmann E, Levassor N, Rillardon L, Lavelle G, Guigui P. Sacroiliac fixation: a new technique after pelvic trauma. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 89: 725-729, 2003.

102. Tile M, Pennal GF. Pelvic disruption: principles of management. Clin Orthop Relat Res 151: 56-64, 1980.
103. Wagner M. General principles for the clinical use of the LCP. Injury 34: 31-42, 2003.
104. Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS. Biomechanical testing of the LCP--how can stability in locked internal fixators be controlled? Injury 34 Suppl 2: 11-19, 2003.