



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Anatomi Anabilim Dalı
Anatomi

Yüksek Lisans Tezi

**SAKROİLİAK EKLEM MORFOMETRİSİ VE VARYASYON TİPLERİ İLE MAKİNE
ÖĞRENME TEKNİKLERİ KULLANILARAK CİNSİYET VE YAŞ TAYİNİ**

Orhan Gazi KOCAMIŞ
ORCID: 0000-0003-4134-6043

Danışman
Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI
ORCID: 0000-0002-1373-3065

Konya –2024

TEŞEKKÜRLER

Lisansüstü eğitimim sürecinde, beni akademik ve kişisel olarak destekleyen, tez çalışmamı yönlendiren ve cesaretlendiren, bilgi birikimi ve ilgisiyle aydınlatıcı bir rehber olan çok değerli tez danışmanım Sayın **Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI**'na,

Lisansüstü eğitimime bilgi ve tecrübelerini paylaşarak katkıda bulunan tüm hocalarıma, tezimin radyolojik inceleme aşamasında yardımlarını esirgemeyen sayın hocam **Prof. Dr. Demet AYDOĞDU**'ya,

Tez çalışmamın radyolojik verilerin toplanması ve 3 boyutlu görüntü analiz ve incelemelerinde, bilgi ve desteğini esirgemeyen **Uzm. Dr. Betül DİĞİLLİ AYAŞ**'a,

Lisans hayatım dâhil bu süreçte de yanımda olan ve tecrübelerini paylaşarak işimi kolaylaştıran dostum **Öğr. Gör. Uzm. Fzt. Ziya YILDIZ**'a,

Her zaman yanımda olan, manevi desteğini bir an olsun eksik etmeyen sevgili eşim **Cansu KOCAMIŞ**'a ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Orhan Gazi KOCAMIŞ

Ocak 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TEZ ONAY SAYFASI	v
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU	vi
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Antropoloji Hakkında	3
2.2. Kimliklendirme	3
2.3. Kimliklendirmede Cinsiyet Tespitinin Önemi ve Yeri	3
2.4. Pelvis İskeletinin Cinsiyet Tespitindeki Önemi	4
2.4.1 Erkek ve kadın pelvisleri arasındaki anatomik farklar	4
2.5. Pelvis ve Art. Sacroiliaca'nın Embriyolojisi	7
2.6. Pelvis İskeletinin Anatomisi	8
2.6.1. Pelvis eklemleri	12
2.7. Articulatio Sacroiliaca	12
2.7.1. Art. sacroiliaca'nın ligamentleri	15
2.7.2. Art. sacroiliaca'ya etki eden kaslar	17
2.7.3. Art. sacroiliaca'nın kanlanması	18
2.7.4. Art. sacroiliaca'nın innervasyonu	18
2.7.5. Art. sacroiliaca ankilozu	19
2.7.6. Art. sacroiliaca'nın anatomik varyasyonları	20
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25
3.1. Görüntü Popülasyonu ve Demografik Veriler	25
3.2. Görüntülerin Alınması ve Analizi	25
3.3. Ölçüm Yöntemi	26
3.3.1 Sagittal düzlemde yapılan ölçümler	26
3.3.2. Koronal düzlemde yapılan ölçümler	28
3.3.3. Horizontal düzlemde yapılan ölçümler	29
3.3.4. 3D görüntüleme ile yapılan ölçümler	30
3.4. İstatistik Analiz	33
3.5. Makine Öğrenimi ve Algoritmaları	33

3.5.1. Denetimli öğrenme (Supervised learning)	34
3.5.2. Denetimsiz öğrenme (Unsupervised learning)	35
3.5.3. Yarı denetimli öğrenme (Semi-supervised learning).....	36
3.5.4. Pekiştirmeli öğrenme (Reinforcement learning)	37
3.5.5. Çok görevli öğrenme (Multitask learning)	37
3.5.6. Topluluk öğrenimi (Ensemble learning)	37
3.5.7. Sinir ağları (Neural networks).....	38
3.5.8. Örnek tabanlı öğrenme (Instance-based learning).....	39
4. BULGULAR	41
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
7. KAYNAKLAR	55
8. EKLER.....	59
8.1. Etik Kurul Kararı	59

TEZ ONAY SAYFASI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi **Orhan Gazi KOCAMIŞ**'ın “**Sakroiliak Eklem Morfometrisi Ve Varyasyon Tipleri İle Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Cinsiyet Ve Yaş Tayini**” başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Konya, Türkiye / 19.01.2023

Tez Danışmanı Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI
N.E.Ü/Tıp Fakültesi/Anatomi A.D

Jüri Üyesi Prof. Dr. Taner ZİYYLAN
K.T.O. K.Ü/ Tıp Fakültesi/Anatomi A.D

Jüri Üyesi Doç. Dr. Gülay AÇAR
N.E.Ü/Tıp Fakültesi/Anatomi A.D

Yukarıdaki tez, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 24/01/2024 tarih ve 02/12 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasibe VURAL

Enstitü Müdürü

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

“Sakroiliak Eklem Morfometrisi ve Varyasyon Tipleri İle Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Cinsiyet Ve Yaş Tayini” başlıklı tez çalışmamın toplam 63 sayfalık kısmına ilişkin, 25.12.2023 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtremeler uygulayarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%5** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan Filtremeler:

1. Tez kabul sayfası hariç
2. Tez çalışması orijinallik raporu hariç
3. Bilimsel etik beyanname sayfası hariç
4. Önsöz hariç
5. İçindekiler hariç
6. Simgeler ve kısaltmalar hariç
7. Materyal ve metot hariç
8. Kaynaklar hariç
9. Alıntılar dâhil
10. 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%30) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

25.12.2023

Orhan Gazi KOCAMIŞ

Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKCİBAŞI

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

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

19.01.2024

Orhan Gazi Kocamış



SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

Cm	:Santimetre
Cm ²	:Santimetre kare
mm	:Milimetre
mm ²	:Milimetre kare
n	:Sayı



KISALTMALAR

A.	: Arteria
Art.	: Articulatio
AS	: Ankilozan spondilit
ASIAV	: Art. sacroiliaca'nın anatomik varyasyonları
ASID	: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe
ASIJS	: Art. sacroiliaca eklem boşluğu
BT	: Bilgisayarlı tomografi
DICOM	: Digital Imaging and Communications in Medicine
DVM	: Destek vektör makinesi
Inc.	: Incisura
KA	: Karar Ağacı
LFAA	: Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı
LFASA	: Sol facies articularis'in yüzey alanı
Lig.	: Ligamentum
LSIAD	: Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık
LSISPI	: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık
LSISPS	: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık
M.	: Musculus
MPR	: Multiplanar Reconstruction
N.	: Nervus
RO	: Rastgele Orman
SIAS	: Spina iliaca anterior superior
SIE	: Sakroiliak eklem
SIPS	: Spina iliaca posterior superior
TSVM	: Transdüktif destek vektör makineleri
V.	: Vena

TABLolar LİSTESİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 4. 1. Erkeklerde yapılan morfometrik ölçümlerin değerleri.....	41
Tablo 4. 2. Kadınlarda yapılan morfometrik ölçümlerin değerleri	42
Tablo 4. 3. Çalışmaya katılan tüm bireylerde yapılan morfometrik ölçümler	42
Tablo 4. 4. Morfometrik ölçümlerin cinsiyete göre dağılımı ve anlamlı p değeri	43
Tablo 4. 5. Art. Sacroiliaca varyasyonlarının toplam kişi sayısına oranı ve sayısı.....	43
Tablo 4. 6. Erkeklerde görülen art. sacroiliaca varyasyonlarının sayısı ve oranı.....	44
Tablo 4. 7. Kadınlarda görülen art. sacroiliaca varyasyonlarının sayısı ve oranı	44
Tablo 4. 8. Ölçülen Pelvis morfometrik verilerinin birbiriyle olan ilişkisi.....	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2. 1. Kadın ve erkek pelvislerindeki pubik açı farkı	4
Şekil 2. 2. Pelvisindeki iç ve dış çaplar	6
Şekil 2. 3. Erkek ve kadın pelvisinin anatomik olarak farklılıklarını içeren tablo.....	6
Şekil 2. 4. 9mm boyutundaki insan embriyosu	7
Şekil 2. 5. Bir çocuğun sağ acetabulum'unun şematik radyografisi	8
Şekil 2. 6. Sağ taraf os ilium, os pubis, os ischium'un birleşme yeri.....	9
Şekil 2. 7. Pelvik kuşak kemik ve eklemleri	10
Şekil 2. 8. Sağ os coxae dış yandan görünüm	11
Şekil 2. 9. Sağ os coxae iç yandan görünüm	12
Şekil 2. 10. Art. Sacroiliaca eklem yüzeyleri	13
Şekil 2. 11. Sakroiliac eklem hareketleri.....	15
Şekil 2. 12. Pelvis horizontal kesit, üstten görünüm	16
Şekil 2. 13. Sağ pelvis yarısı medialden görünüm	17
Şekil 2. 14. Kalça kasları arkadan görünüm.....	18
Şekil 2. 15. Sağ pelvis yarısı medialden görünüm	18
Şekil 2. 16. Lumbal ve sakral pleksus, önden görünüm.....	19
Şekil 3. 1. Koronal ve horizontal düzlem referans noktalarının belirlenmesi.....	27
Şekil 3. 2. Eklem yüzey alanı (LFASA) ölçümünün yapıldığı alan, yeşil ile boyalı bölge	27
Şekil 3. 3. Eklemi oluşturan iki kol ve bunlara paralel iki doğru arasındaki açı (LFAA).....	28
Şekil 3. 4. İki art. sacroiliaca arasındaki en uzun mesafe ölçümü (ASID).....	29
Şekil 3. 5. Art. sacroiliaca varyasyonlarının tespit edilmesi (ASIAV)	29
Şekil 3. 6. Eklem boşluğu ölçümü (ASIJS).....	30
Şekil 3. 7. 3 boyutlu görüntünün elde edildiği kısım.	31
Şekil 3. 8. Art. Sacroiliaca ile linea terminalis apex'i arasındaki mesafe (LSIAD).....	31
Şekil 3. 9. Art. Sacroiliaca ile symphysis pubis superioru arasındaki mesafe (LSISPS).....	32
Şekil 3. 10. Art. Sacroiliaca ile symphysis pubis inferioru arasındaki mesafe (LSISPI).....	32
Şekil 3. 11. Makine öğrenme modelleri ve algoritmaları özet görseli	34
Şekil 4. 1. RO algoritmasının SHAP çözümleyicisi model çıktısı üzerindeki etkisi	46
Şekil 4. 2. Random Forest Classifier algoritması veri sonuçları.	46

ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Anatomi Anabilim Dalı

Anatomi

Yüksek Lisans Tezi

SAKROİLİAK EKLEM MORFOMETRİSİ VE VARYASYON TİPLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENME TEKNİKLERİ KULLANILARAK CİNSİYET VE YAŞ TAYİNİ

Orhan Gazi KOCAMIŞ

Konya-2024

Toplum olaylarında hızlı kimlik tespiti önemlidir ve antropometri, ekonomik ve hızlı bir çözüm sunar. Cinsiyet tespiti için pelvis iskeleti tercih edilir, çünkü hormonlar ve biyomekanik farklılıklar bu bölgede belirgindir. Pelvis iskeleti doğum sürecindeki biyomekanik şartlardan dolayı dimorfiktir. Pelvik cinsiyet farklılıkları genellikle rahimde dördüncü aydan itibaren fark edilirken, sakroiliak eklem morfolojik özellikleri ergenliğe kadar belirgin hale gelmez. Çalışmanın amacı, geleneksel 2D ölçümlerin ötesine geçerek 3D pelvis verilerini kullanarak makine öğrenme algoritmalarının cinsiyet ve yaş tahminindeki potansiyelini değerlendirmektir.

Çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'ne başvuran 152 bireyin (77 kadın, 75 erkek) pelvis bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde gerçekleşti. 256 kesitli çift tüplü BT görüntüleri, 0.625 mm kalınlığında ve DICOM formatında kaydedildi. Görüntüler, 3D-Slicer adlı açık kaynaklı yazılım platformuna yüklenerek multiplanar reconstruction (MPR) yöntemiyle sagittal, koronal ve aksiyal düzlemlerde kaydırılabilir bir şekilde görüntülendi; bu sayede 2 ve 3 boyutlu ölçümler için gerekli veriler elde edildi.

Pelvis morfometrik ölçümlerinden, sakroiliak eklem boşluğu ölçümlerinin erkeklerde kadınlara göre anlamlı derecede yüksek olduğu doğrulandı. Çalışmaya katılan tüm popülasyonda sakroiliak eklem varyasyonlarından en yaygın olan standart eklem erkeklerde %45,3; kadınlarda ise %28,6 oldu. Sakroiliak eklem mesafesi ile çeşitli ölçümler arasında kuvvetli pozitif korelasyonlar tespit edildi. Çalışma, DVM algoritması ile cinsiyet tespitinde %87 doğruluk oranına ulaşarak diğer algoritmalara kıyasla en başarılı sonucu verdi. 2D morfometrik ölçümlerde genellikle %98 doğruluk elde edilirken, bu çalışmada 3D veriler ve makine öğrenme modelleri kullanılarak belirgin bir artış sağlanamadı.

Anahtar Kelimeler: 3D ölçüm, Cinsiyet tahmini, Kimlik tespiti, Makine öğrenme, Sakroiliak eklem.

ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Health Sciences

Department of Anatomy

Anatomy

Master Thesis

SEX AND AGE DETERMINATION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES WITH SACROILIAC JOINT MORPHOMETRY AND VARIATION TYPES

Orhan Gazi KOCAMIŞ

Konya-2024

Rapid identity identification is crucial in societal events, and anthropometry provides an economical and swift solution. The pelvic skeleton is preferred for gender identification as hormonal and biomechanical differences are distinct in this region. The pelvic skeleton is dimorphic due to biomechanical conditions during the birthing process. Pelvic gender differences are generally noticeable from the fourth month in the uterus, while the dimorphic features of the sacroiliac joint do not become prominent until adolescence. The aim of the study is to evaluate the potential of machine learning algorithms in gender and age prediction by utilizing 3D pelvic data beyond traditional 2D measurements.

The study was conducted on pelvic computed tomography images of 152 individuals (77 females, 75 males) who presented at Necmettin Erbakan University Meram Faculty of Medicine Hospital. The 256-slice dual-tube CT images, with a thickness of 0.625 mm, were recorded in DICOM format. The images were loaded into the open-source software platform, 3D-Slicer, and displayed in sagittal, coronal, and axial planes using the multiplanar reconstruction (MPR) method, allowing for sliding visualization; thus, the necessary data for 2D and 3D measurements were obtained.

From pelvic morphometric measurements, it was confirmed that sacroiliac joint space measurements were significantly higher in males than females. Among the entire population in the study, the most prevalent sacroiliac joint variation was the standard joint, accounting for 45.3% in males and 28.6% in females. Strong positive correlations were identified between sacroiliac joint distance and various measurements. The study achieved an 87% accuracy rate in gender identification using the DVM algorithm, outperforming other algorithms. While 2D morphometric measurements typically achieve a 98% accuracy rate, this study did not yield a significant increase in accuracy rates using 3D data and machine learning models.

Keywords: 3D measurement, Gender estimation, Identity identification, Machine learning, Sacroiliac joint

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Antropoloji, insanlık tarihini, kültürleri ve fiziksel özellikleri anlamak için geniş bir perspektif sunan disiplinlerden biridir. Bu kapsamda, antropolojinin bir alt dalı olan adli antropoloji, hayatını kaybeden bireylerin kimliklerini belirleme sürecinde biyolojik, sosyal ve kültürel unsurları bir araya getirerek önemli bir rol oynamaktadır (Üstündağ & Yazıcıoğlu, 2014). Adli antropolojinin temel amacı, adli vakalarda iskelet kalıntıları üzerinden biyolojik profil oluşturarak kişilerin kimliklerini tespit etmektir. Bu süreçte cinsiyet tespiti, diğer biyolojik özelliklerle birlikte, iskelet analizindeki temel adımlardan biridir. Cinsiyetin doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesi, kimlik tespiti sürecinde önemli bir kilometre taşıdır. Modern adli antropolojide, DNA teknolojisinin yüksek güvenilirliği ve kesinliği öne çıkmaktadır. Ancak, bu teknolojinin pahalı olması, özel laboratuvarlara ihtiyaç duyması ve zaman alıcı olması gibi zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu noktada, antropometri, yani vücut ölçümlerine dayanan geleneksel yöntemler, adli antropologlar için alternatif ve etkili bir çözüm sunmaktadır (Kahana & Hiss, 1997).

Çeşitli çalışmalarda çene (Patil ve ark., 2020), pelvis (Franklin ve ark., 2014), femur (Gulhan ve ark., 2015), metatarsal kemikler (Senol ve ark., 2023) gibi anatomik yapıların morfometrik ölçümleri ve bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılarak cinsiyet tahmini üzerine yapılan araştırmalar, adli antropoloji ve tıbbi uygulamalar açısından önemli bulgular ortaya koymaktadır. Pelvis iskeletinin cinsiyet tahminindeki belirgin dimorfizmi ve cinsiyet hormonlarının iskelet gelişimi üzerindeki etkisi vurgulanmaktadır. Ayrıca, geometrik morfometri, çok değişkenli istatistik ve makine öğrenme algoritmalarının kullanımıyla elde edilen cinsiyet tahmini sonuçları, bu alanlarda güvenilir ve etkili yöntemler olarak gösterilmektedir. Bu çalışmalar, osteolojik özelliklerin cinsiyet belirleme için değerli bir kaynak olduğunu ve modern teknolojilerin, özellikle bilgisayarlı tomografinin, cinsiyet tahmini konusunda önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir (Best ve ark., 2018).

Çalışmada belirli yaş aralığındaki bireylerin bilgisayarlı tomografi görüntüleri retrospektif olarak inceleyerek literatürde tanımlanmış anatomik varyasyon tiplerinin ve morfometrik ölçümlerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen verilerin analizi makine öğrenme algoritmalarıyla yapılarak cinsiyet ve yaşla olan ilişkilerinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Tezimizin asıl amacı, geleneksel 2 boyutlu ölçümlerin ötesine geçen, 3 boyutlu pelvis verilerini kullanarak makine öğrenme algoritmalarının cinsiyet tahminindeki

potansiyelini değerlendirmektir. Bu alışma genel olarak, adli antropoloji alanında cinsiyet tespiti konusunda yeni bir bakış açısı sunmayı ve gelecekteki araştırmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Antropoloji Hakkında

Antropoloji, insan çeşitliliğini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanabilir. İnsanlardaki farklılık ve benzerlikler hakkında bilgi verebilmek için insanın oluşturduğu toplumu biyolojik, sosyal ve kültürel olarak tüm yönleriyle inceleyen; bütüncül ve karşılaştırmalı bir yöntemler bütünüdür (Üstündağ & Yazıcıoğlu, 2014).

Adli antropoloji ise biyolojik/fizik antropolojinin alt dallarından biridir. Adli antropolojinin temel hedefi, adli vakalar ile hayatını kaybeden kişilerin iskelet sistemi üzerinden yaş, boy, cinsiyet gibi biyolojik profilini tahmin etmektir (Pisor & Surbeck, 2019).

2.2. Kimliklendirme

Yaşayan veya ölmüş bir bireyin tanınmasını, tanımlanmasını ve diğer kişilerden ayırt edilmesini sağlayan fiziksel özelliklerin tamamına kimlik; yaş, cinsiyet, boy, kilo gibi tüm bu fiziksel özelliklerin değerlendirilerek elde edilmesine ise kimliklendirme denir (Yıldray ve ark., 2001).

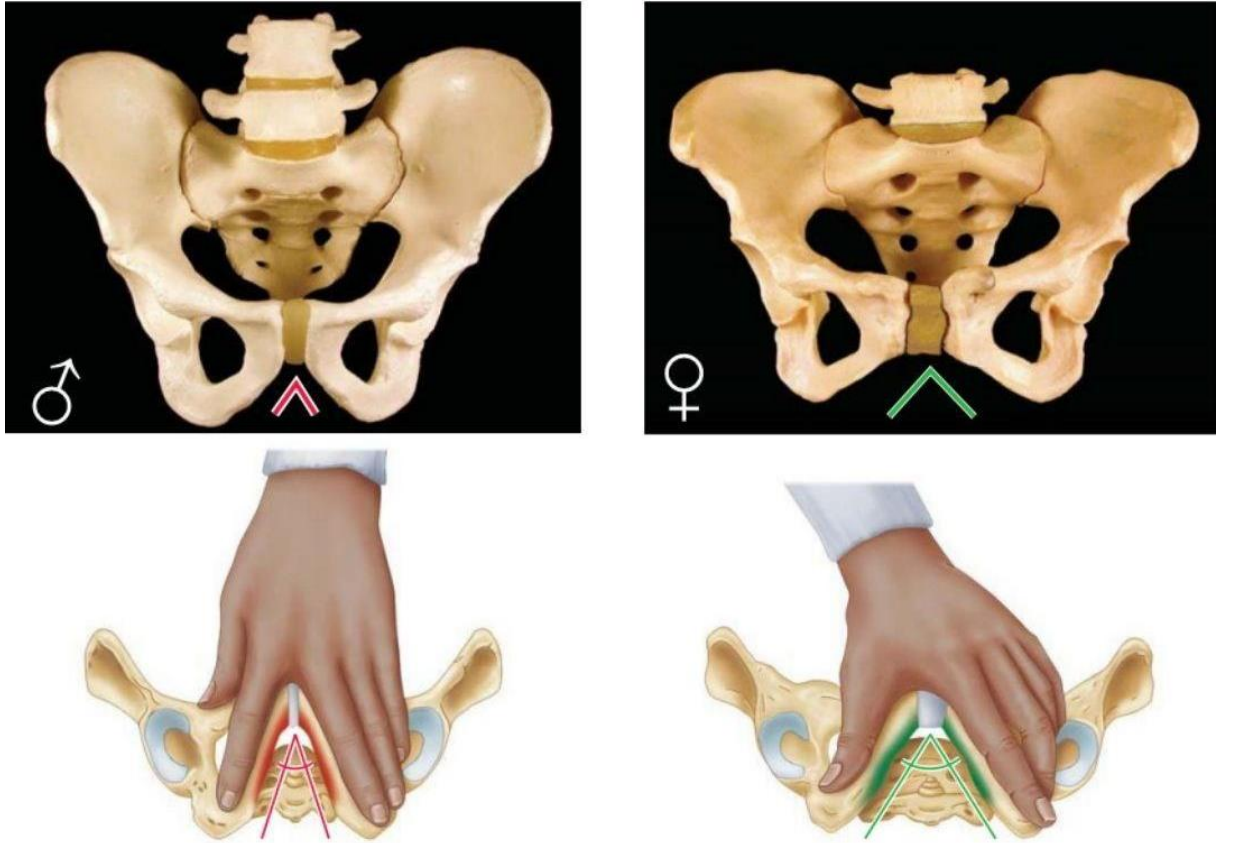
Bazı kimlik tespiti yöntemleri tıbbi bileşenler içermez. Bu yöntemler aile bilgileri, doğum yeri, takılar, giysiler, fotoğraflar, kişisel eşyalar gibi unsurları içerir. Tüm bunlara adli kimlik denir. Diğer kimlik çeşidi ise; ekstremitelerin uzunluk, kısalık, eksiklikleri, vücut ağırlığı, cinsiyet, göz, saç, yaralar, dövmeleer gibi unsurları içine alan tıbbi kimliktir (Atılgan & Akkoyun, 2017).

2.3. Kimliklendirmede Cinsiyet Tespitinin Önemi ve Yeri

Kimliklendirmede cinsiyet tespiti, adli ve tıbbi kimlik özellikleri arasında en önemli ve kilit rol üstlenen biyolojik özelliktir. Çünkü cinsiyet hızlı hareket edilmesi gereken durumlarda olası kimlik ihtimallerini yarıya indirir ve geriye kalan kimlik özellikleriyle ilgili doğru kararlar almayı sağlar. İşte tüm bu açılardan adli bir olayın hızlı ve doğru bir şekilde çözülmesi için cinsiyetin tespit edilmesi gerekir (Decker ve ark., 2019; Saukko & Knight, 2015).

2.4. Pelvis İskeletinin Cinsiyet Tespitindeki Önemi

İskeletimiz yapısal olarak cinsiyeti tahmin etmede oldukça güçlü farklılıklara sahip olabilmektedir. Pelvis de bunların başında gelir. Oransal bir sıralama yapacak olursak pelvis %95, kafatası %90; kafatası ve pelvisin birlikte kullanılmasıyla da %98 oranında doğru cinsiyet tahmin edilebilir. Bu etkinliğin temel nedeni cinsiyet hormonlarının iskelet sistemi üzerine etkisidir (Şahiner, 2007). Östrojen ve androjen gibi cinsiyet hormonları, bireyin yaşamı boyunca belirli bir seviyede bulunur ve iskelet sistemi üzerinde farklılaşmalara yol açar. Bu hormonlar özellikle pelvis iskeletini etkiler, çünkü kadınların doğurganlık özelliklerini desteklemek için pelvis iskeletinin biyomekanik olarak uygun hale gelmesi gerekmektedir. Bu nedenle, pelvis iskeleti cinsel olarak en belirgin farklılaşmayı gösteren yapı haline gelir (Best ve ark., 2018).



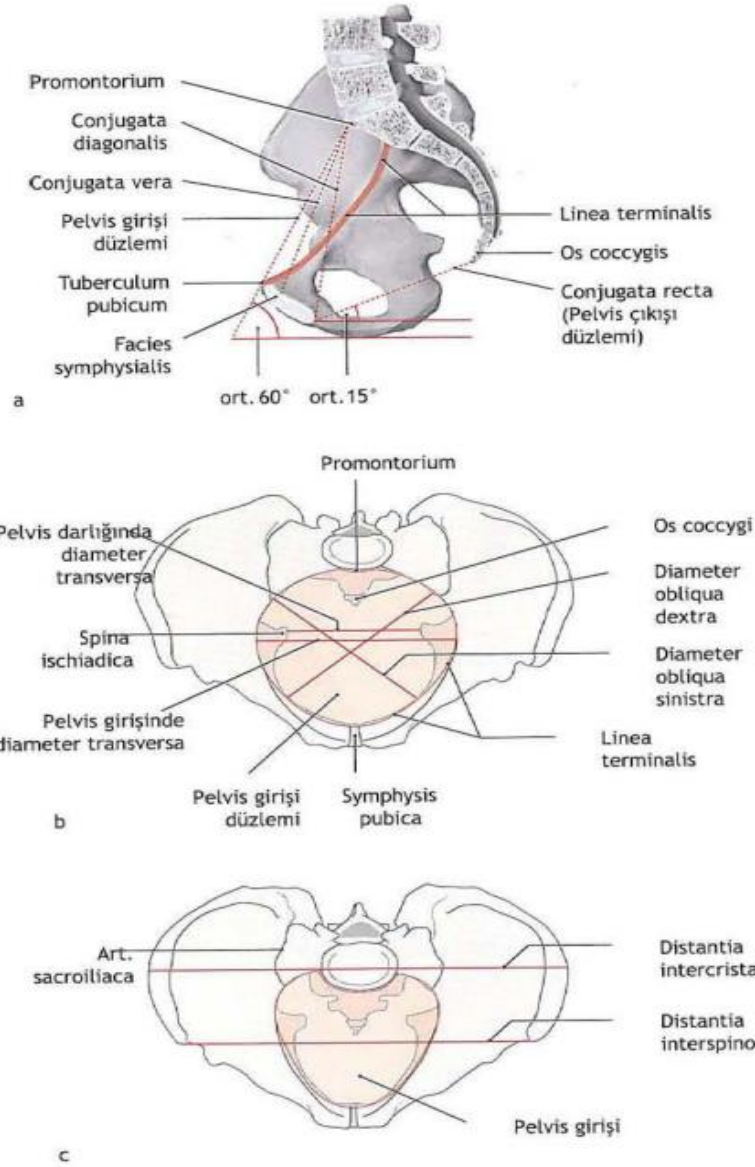
Şekil 2. 1. Kadın ve erkek pelvislerindeki pubik açı farkı (Moore ve ark., 2013).

2.4.1 Erkek ve kadın pelvisleri arasındaki anatomik farklar

Pelvik cinsiyet farklılıkları genellikle rahimde dördüncü aydan itibaren fark edilebilir hale gelirken, sakroiliak eklemnin dimorfik özellikleri ergenlik dönemine kadar ortaya çıkmaz.

Erkeklerde sakroiliak eklem gelişimi, büyük kuvvetlerle başa çıkmak için işlevsel uyum içerisinde gelişir. Bu, bağların kalınlaşmasına ve hareket kabiliyetinin azalmasına neden olur. Kadınlarda sakroiliak eklem gelişimi sürecinde ilk 10 yılda hareket kabiliyetinin kısıtlandığı (yaklaşık 14 yaşına kadar), ancak ikinci on yılın sonlarına doğru kısıtlı olan hareket kabiliyetinin tekrar artmaya başladığı görülmektedir (Brooke, 1924).

Pelvis kemiğindeki dimorfik farklar genelde belirgindir fakat herhangi bir kişinin pelvisi karşı cinsin pelvis özelliklerini taşıyabilir. Kadınlarda pelvik giriş genelde oval ve geniş bir yatay çapa sahiptir. Eğer bir kadın, erkek pelvisi özelliklerinde dar yatay çaplı bir pelvise sahip ise bu, vajinal doğum için bir kontraendikasyon olabilir. Bu bilgiler ışığında yapılan genellemeler sayesinde adli tıpta cinsiyet tespit etmek için en çok kullanılan pelvis özelliği, pelvik yatay çapın ölçümüdür (Ashton-Miller & Delancey, 2007).



Şekil 2. 2. Pelvisindeki iç ve dış çaplar; a. Median kesit, yandan görünüm; b. Kadın pelvisi üstten görünüm; c. Erkek pelvisi üstten görünüm (Schunke ve ark., 2016).

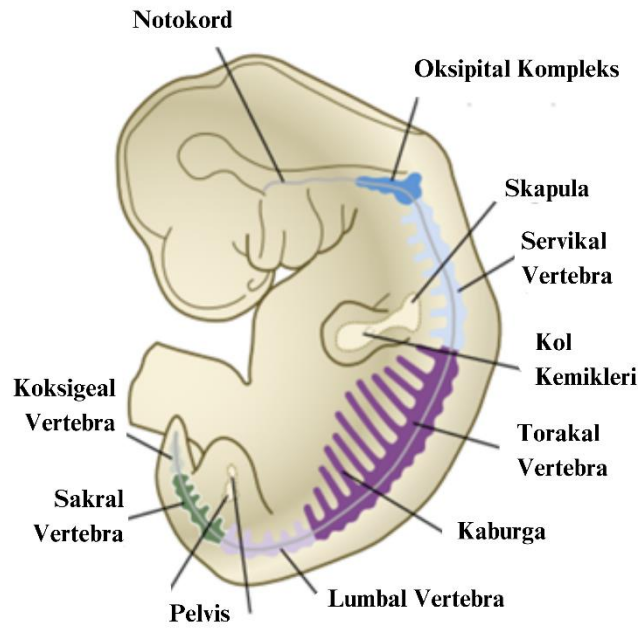
Şekil 2. 3. Erkek ve kadın pelvisinin anatomik olarak farklılıklarını içeren tablo.

Özellikler	Erkek	Kadın
Genel Yapı	Kalın ve ağır	İnce ve hafif
Büyük Pelvis	Derin	Sığ
Küçük Pelvis	Dar ve derin, konik	Geniş ve sığ, silindirik
Pelvik Giriş (Üst Pelvik Açıklığı)	Kalp şeklinde, dar	Oval ve yuvarlak, geniş
Pelvik Çıkış (Alt Pelvik Açıklığı)	Küçük	Büyük
Subpubik Açı	Dar ($<70^{\circ}$)	Geniş ($>80^{\circ}$)
Obturator Delikleri	Yuvarlak	Oval

2.5. Pelvis ve Art. Sacroiliaca'nın Embriyolojisi

İskelet oluşumu ilk olarak uzuv tomurcuğunun proksimal kısmının merkezi çekirdeğindeki mezodermal hücrelerin yoğunlaşmasıyla başlar. Bu hücreler yoğunlaşmadan önce bile kıkırdak yapımı için kodlanmışlardır. Yani diğer bölgelere nakil edilseler dahi yalnızca kıkırdak hücrelerine dönüşürler (Carlson, 2018).

Pelvis üç kemikten meydana gelir. Bu kemik yapıların hepsi de herhangi bir katkı olmaksızın mezodermal plaktan oluşmaktadır. Döllenmeden yaklaşık yirmi gün sonra ilk somit çift ortaya çıkar. Her 4-5 saatte bir son oluşturulan somit çiftinin arkasındaki mezoderm yeni bir somit çiftine dönüşür. Servikal, torasik, lomber omurlar ve ilişkili yapılar, notokord boyunca göç eden hücrelerden türetilirken, sakrum ve koksiks hücresel öncüleri kuyruk tomurcuğundan gelir (Carlson, 2018).



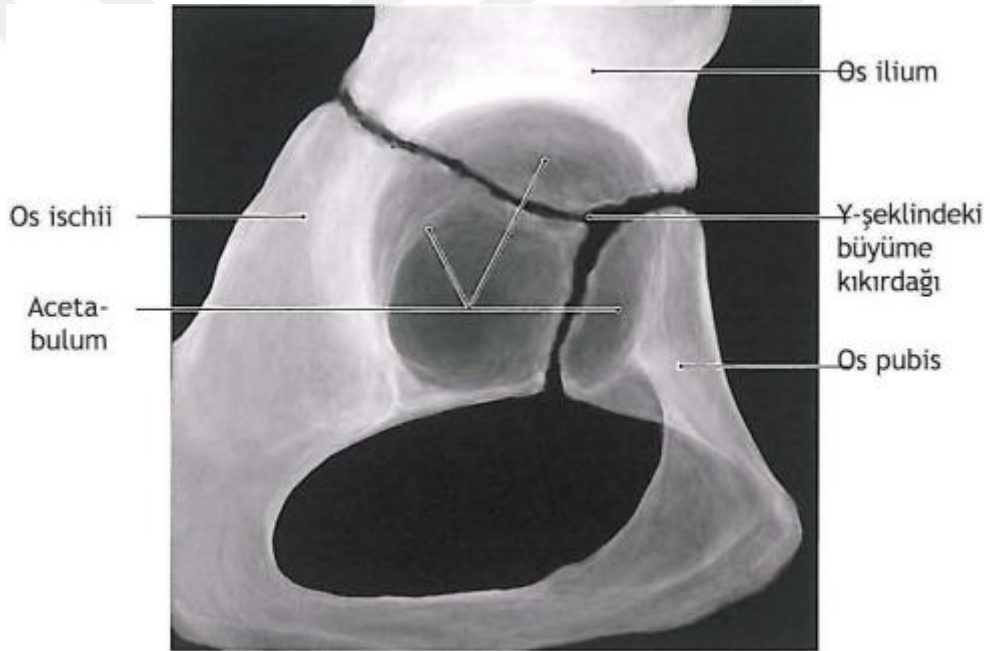
Şekil 2. 4. 9 mm boyutundaki insan embriyosu (Carlson, 2018).

İntrauterin gelişimin yaklaşık sekizinci haftasında, pelvik mezoderm içinde üç katmanlı bir yapı oluşur. Bu katmanlardan birincisi, sakral kıkırdak; ikincisi, iliak kıkırdak ve üçüncüsü, erken eklem boşluğunu oluşturan bir yarığa sahip olan mezoderm aralığıdır. İşte sakroiliak eklem bu yapıdan gelişir (Schunke, 1938).

Normal bir gelişim sürecinde sakroiliak eklem boşluğu sekizinci ayda neredeyse tam olarak gelişir. Eklem genel şekli açıkça tanınabilir hale gelir ve eklem hareket yeteneği kazanır. Doğumdan kısa bir süre önce sakroiliak eklem (SIE) sinoviyal zarı, merkezi boşluğun kenarını çevreleyen mezenşimden gelişir. Bu tür bir geç gelişme, doğum öncesi

neredeyse hiç hareket etmeyen başka bir eklem olan temporomandibular ekleminde de görülür (Moffett, 1957). Sakrum, intrauterin dönemde bütün bir yapı olarak varlık göstermez. Beş ayrı omurun birleşmesi doğumdan sonra başlar ve 25-30 yaşına kadar tamamlanmaz (Töndury, 1970).

Doğumdan hemen sonra, insan sakroiliak eklemine genel yönelimi dört ayaklı hayvanlarınkine çok benzer. Eklem yüzeyleri, bel omurlarının zigapofiz eklemi ile aynı yönelime sahiptir. Değişiklikler, çocuğun hareket etmeye başladığı anda başlar. Sakrum yanlara doğru genişler ve eklem yüzeyleri daha karmaşık olan yetişkin eklemineki gibi bir eğriliğe dönüşür. Araştırmalar, bu değişikliklerin sırt üstü pozisyon, vücut ağırlığı, femur üzerindeki yük gibi mekanik faktörler tarafından meydana getirildiğini göstermektedir (Solonen, 1957).



Şekil 2. 5. Bir çocuğun sağ acetabulum'unun şematik radyografisi (Schunke ve ark., 2016).

2.6. Pelvis İskeletinin Anatomisi

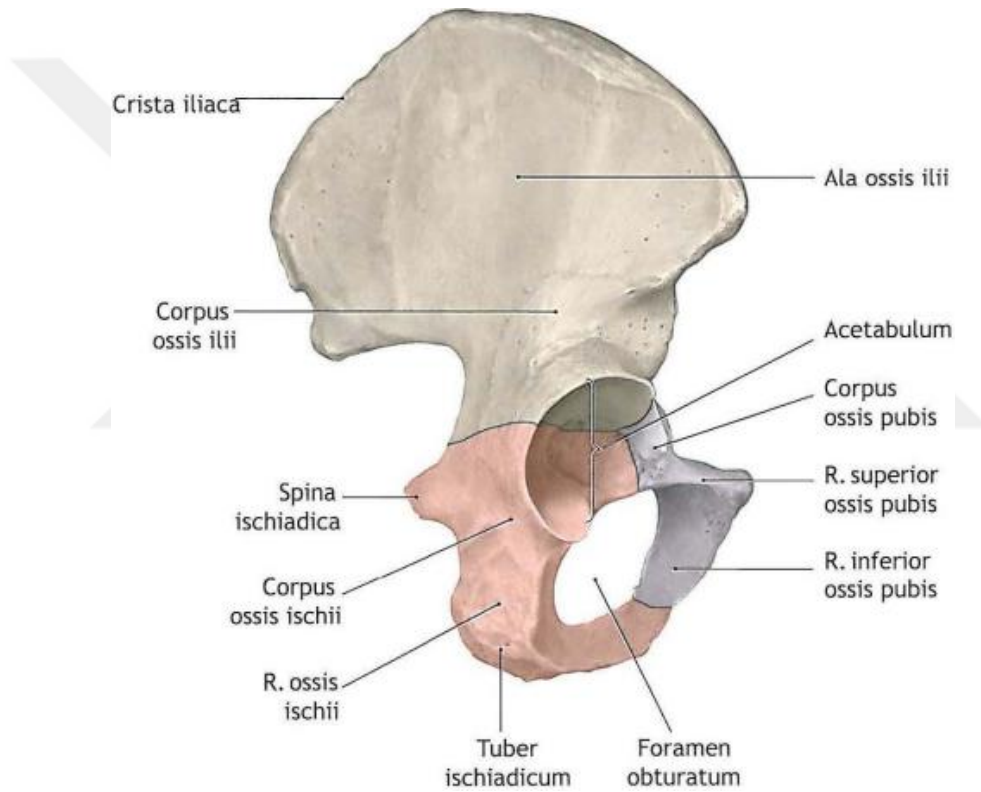
Pelvis, karın bölgesinin arkasında yer alan, gövde ile alt ekstremiteler arasında geçiş bölgesi olarak kabul edilir. Pelvisin başlıca görevleri;

- Otururken ve ayakta dururken üst vücudun ağırlığını taşımak,
- Ağırlığı ayakta durmak ve yürümek için alt ekstremitelere aktarmak,
- Karın duvarı ve hareket kaslarına yapışma yeri sağlamak,
- Üreme, sindirim gibi organlara koruma sağlamak,

- Dış genital organ yapılarına bağlantı sağlamak,
- Yukarıdaki tüm işlevleri sağlayan ve destekleyen pelvik tabanı oluşturmak ve desteklemek (Moore ve ark., 2013).

Pelvik kuşağı oluşturan kemiklerin özellikleri yetişkinlerde şu şekildedir;

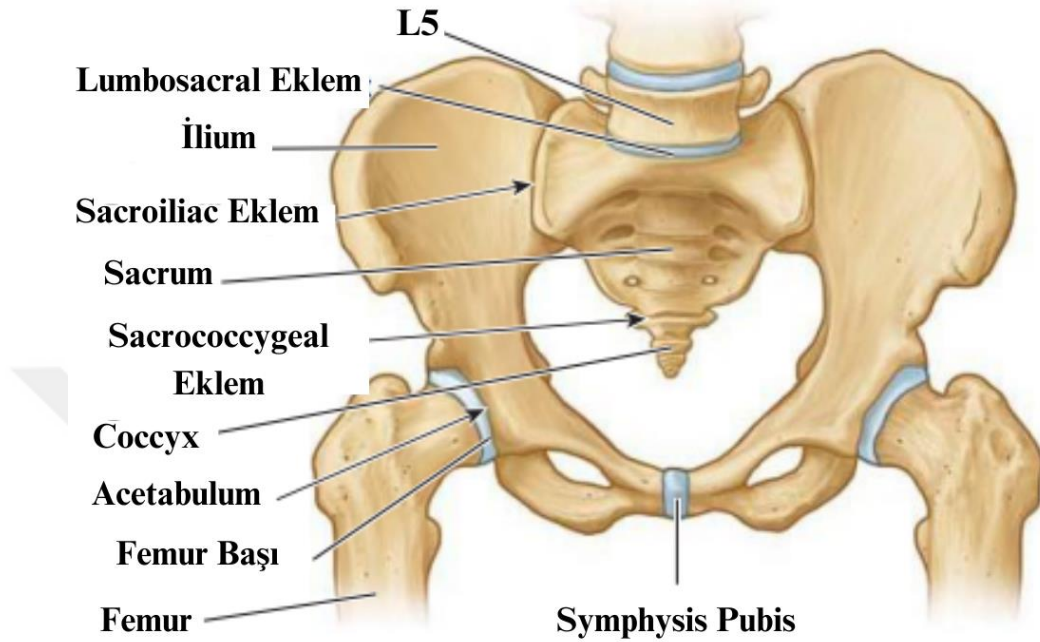
- Sağ ve solda her biri üçer kemiğin birleşmesinden oluşan büyük ve düzensiz şekilli os coxae isimli kemiklerdir. Os coxae'yı oluşturan üç kemik; os ilium, os ischium ve os pubis'tir.
- Os sacrum ise, başlangıçta ayrı olan 5 sakral vertebranın birleşmesiyle oluşur (Moore ve ark., 2013).



Şekil 2. 6. Sağ taraf os ilium, os pubis, os ischium'un birleşme yeri (Schunke ve ark., 2016).

Bebekler ve çocuklarda her kalça kemiği, kalça kemiğinin yan yüzeyinde bulunan ve femur başı ile eklem oluşturan asetabulumda birleşen üç ayrı kemikten oluşur. Ergenlik sonrası dönemde os ilium, os ischium ve os pubis, kalça kemiğini oluşturmak için birleşir. Sağ ve sol kalça kemikleri, ön tarafta symphysis pubis adı verilen bir sekonder kıkırdak eklemle birleşir. Kalça kemikleri, pelvik kuşağı oluşturmak için de arka tarafta os sacrum ile sakroiliak eklemde birleşir (Moore ve ark., 2013).

Pelvis bölgesi, kranialde pelvis major, kaudalde pelvis minor olarak ikiye ayrılır. Pelvis major ile minor arasındaki geçiş çizgisi linea terminalis'tir. Bu çizgi symphysis pubica'dan başlayıp pecten ossis pubis ve linea arcuata üzerinden os sacruma ait promontorium'a gelir (Moore ve ark., 2013).

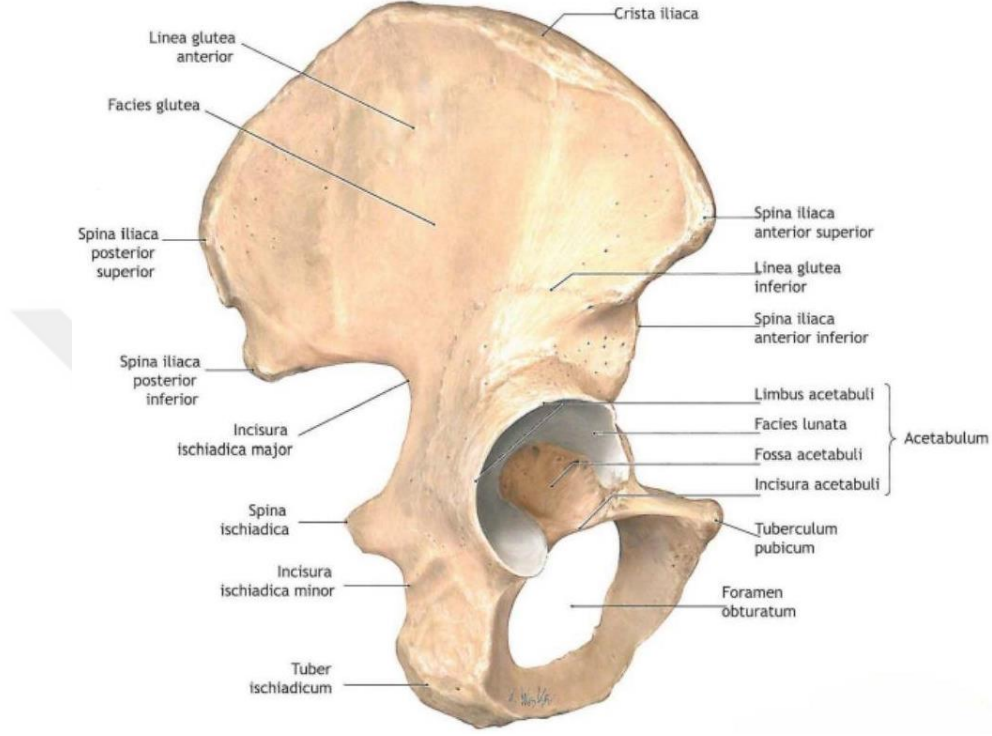


Şekil 2. 7. Pelvik kuşak kemik ve eklemleri (Ashton-Miller & Delancey, 2007).

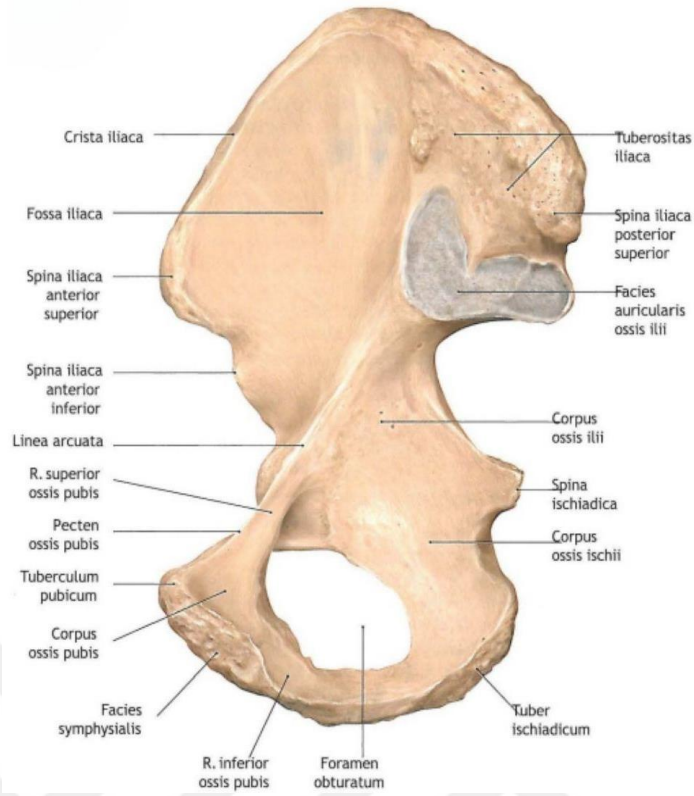
Os ilium, kalça kemiğinin üst, yelpaze şeklindeki kısmıdır. Os ilium'un ala (kanat) kısmı, yelpazenin yayılmasını temsil ederken, gövde kısmı yelpazenin sapını temsil eder. Dış yüzeyi acetabulum'un oluşumuna katılır. Crista iliaca, yelpazenin kenarını oluşturur. Spina iliaca posterior superior (SIPS) ve spina iliaca anterior superior (SIAS) omurlar arasındaki ala konturunu takip eden bir eğriye sahiptir. Eğri üzerindeki labium internum, linea intermedia, labium externum'a karın kasları tutunur. Ala'nın konkav yüzeyi, fossa iliaca'yı oluşturur. Fossa iliaca, musculus (m.) iliaceus'un başlangıç noktasıdır. Arka tarafta, iliumun sakropelvik yüzeyi, sakrum ile sinoviyal ve sindesmotik eklem için sırasıyla facies auricularis ve tuberositas iliaca'ya sahiptir (Standring ve ark., 2005).

Os ischii'nin bir corpus'u bir de ramus'u vardır. Gövde acetabulum'un oluşumuna katılırken ramus kısmı foramen obturatum'un bir bölümünü oluşturur. Os ischii'nin en büyük çıkıntısı tuber ischiadicum'dur. Spina ischiadica ise ramus ile gövdenin birleştiği yerde küçük sivri bir çıkıntıdır. Bu iki çıkıntı arasında kalan küçük oyuk ismi inc. ischiadica minor'dur. Inc. ischiadica major ise spina iliaca posterior inferior ile spina ischiadica arasındadır (Standring ve ark., 2005).

Os pubis ise corpus, ramus inferior ve ramus superior'dan oluşur. Ramuslar foramen obturatum'un oluşumuna katkı sağlar. Bu foramen membrana obturatoria ile doldurulmuştur ve iç ve dışında kalan aynı isimli kaslara (m. obturatorius internus ve eksternus) başlangıç noktası sağlar. Ramus superior'un üzerinde pecten ossis pubis adında bir çıkıntı bulunur (Standring ve ark., 2005).



Şekil 2. 8. Sağ os coxae dış yandan görünüm (Schunke ve ark., 2016).



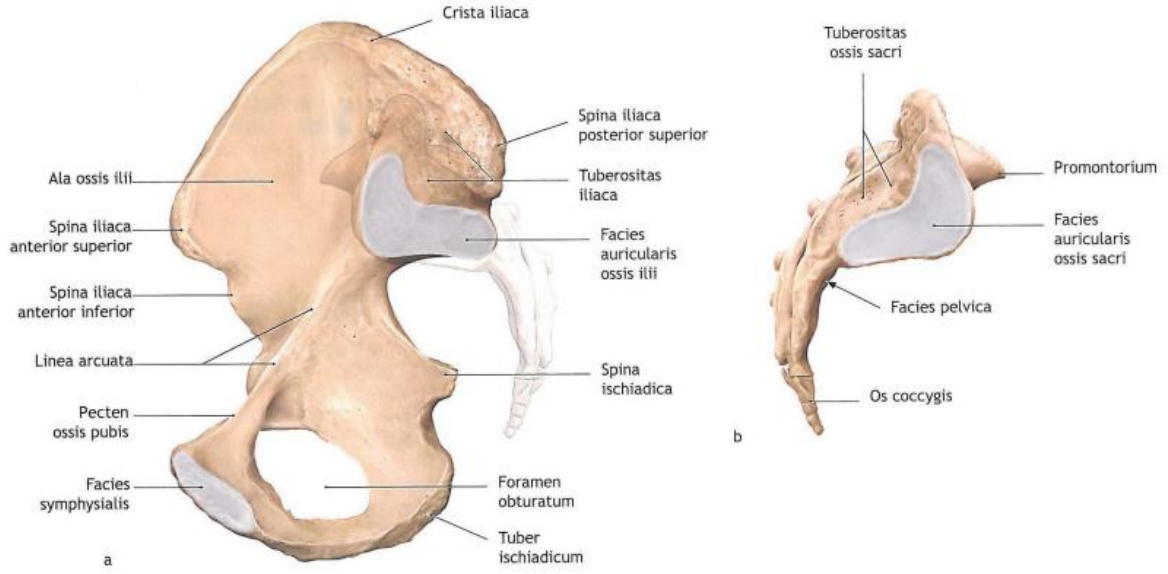
Şekil 2. 9. Sağ os coxae iç yandan görünüm (Schunke ve ark., 2016).

2.6.1. Pelvis eklemleri

Pelvis'in başlıca eklem yerleri, articulatio (art.) sacroiliaca ve symphysis pubis'tir. Art. sacroiliaca'lar, aksiyal iskelet ile alt ekstremité iskeletini birbirine bağlar. Lumbosacral ve sacrococcygeal eklemler aksiyal iskelet eklemleri olmasına rağmen doğrudan pelvis ile ilişkilidir (Waschke ve ark., 2019).

2.7. Articulatio Sacroiliaca

Art. sacroiliaca'lar, önde os ilium ve os sacrum'un kulak şeklinde facies auricularis denilen kıkırdak kaplı sinoviyal eklem yüzeyi ile arkada bu iki kemiğin çıkıntıları arasında bulunan sindesmoz tip eklemden oluşur (Arıncı ve Elhan, 2014). Oldukça güçlü ve ağır taşıma kapasitesi yüksek bir eklemdir. Sakroiliak eklemler, vücudun büyük bölümünün ağırlığını taşıyarak kalçalara aktardığı için diğer sinoviyal eklemlerden farklıdır ve harekete bu yüzden çok az izin verir (Waschke ve ark., 2019).



Şekil 2. 10. Art. Sacroiliaca eklem yüzeyleri; a. facies auricularis ossis ilii; b. facies auricularis ossis sacri (Schunke ve ark., 2016).

Vücut ağırlığı, bu eklem ve bağları vasıtasıyla ayakta dururken os ilium'lar üzerinden os femur'a; otururken de tuber ischium'a aktarılır. Os sacrum, os iliumlar arasında bir kilit taşı gibi durmak yerine bu iki kemik arasında askıda durur. Ancak eklem bağları sayesinde sıkı bir şekilde bağlı kalır. Burada da anterior sacroiliac ligamentlerden ziyade, os sacrum ve os ilium'un çıkıntıları arasında derinlemesine uzanan yaklaşık 10 cm² bir alana sahip interosseoz sacroiliac ligamentler vücut ağırlığını aktarmada rol alır. Posterior sacroiliac ligamentler de interosseoz ligamentler gibi os sacrum'dan lateral ve superior yönde oblik uzandığı için os ilium'ları aşağı ve birbirine doğru çekerek os sacrum'u kilitli ve sağlam hale getirirler. Ligamentum (lig.) iliolumbale de bu mekanizmaya yardımcı bağlardır (Waschke ve ark., 2019).

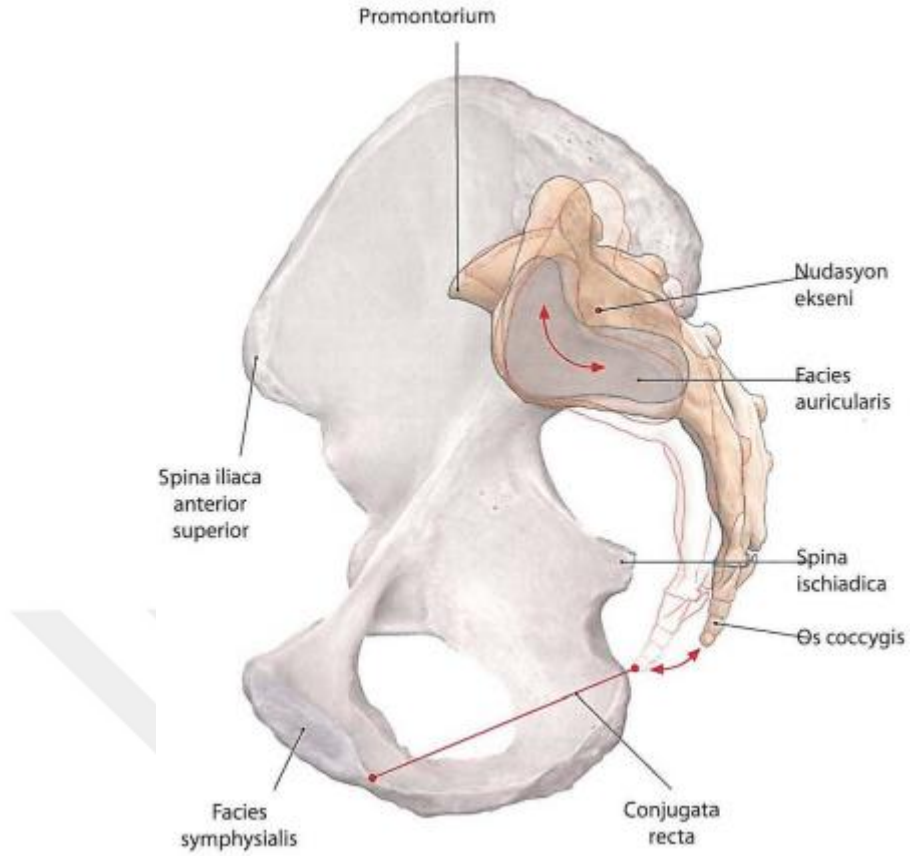
Hiçbir anatomik yapı izole bir şekilde işlev görmez. Vücudun herhangi bir yerinde karşılaşılan mekanik yük, iskeletin tamamını destekleyen ve hiç aralık vermeden devam eden fasya, bağ ve kaslar vasıtasıyla dağıtılır. İşte bu sebeple sacrum, pelvis, omurga, kollar ve bacaklar, fasyalar ve bağlar aracılığıyla fonksiyonel olarak birbirine bağlıdır (Vora ve ark., 2010).

Sakroiliak eklemle ilgili en tartışmalı konulardan biri, eklemdeki hareketliliğin ne olduğu olmuştur. Hipokrat'tan (M.Ö. 460-377) Vaselius'a (M.S. 1514-1564) ve sonrasında 1634'lerde Pare'ye kadar bu eklemde sadece hamilelik sırasında hareketli olduğu söylenmiştir. 18. yüzyılın başlarındaki çalışmalarda eklemde hem kadınlarda hem de erkeklerde hareketli olduğunu göstermektedir (de Diemerbroeck). Diemerbroeck'in çalışmalarını takip eden

Albinus (1697-1770) sacroiliac eklemnin hareketli olduğunu doğrulayan bir sinoviyal zara sahip olduğunu gözlemledi (Lynch, 1920) ve Zaglas, sakral hareketin çoğunun ikinci sakral omur seviyesindeki bir yatay ekseninde gerçekleştiğini gösterdi (Weisl, 1955). Ilium'un sacrum'a göre dönmesi 'nutasyon' (ileri eğilme) ve 'kontranutasyon' (geri eğilme) olarak adlandırıldı. Bu hareketler, Meyer (1878) tarafından yapılan ek incelemelerle doğrulandı (Meyer, 1878). Von Luschka (1864), eklemi gerçek bir diartroz olarak tanımladı (iki kemik yüzeyi arasında eklem boşluğu olan hareketli bir eklem) . Albee (1909) ise özel bir boyama tekniği kullanarak sacroiliac eklemnin sinoviyal olduğunu onayladı ve böylece eklemnin az da olsa hareketli olduğunu doğruladı (Albee, 1909). Sacroiliac eklemnin, gerçek bir diartroz olduğu görüşü, Sashin (1930) tarafından 257 genç yetişkin örneğini inceledikten sonra güçlendirildi (Sashin, 1930). Kopsch (1930), sacroiliac eklemnin az miktardaki hareketinin bulgularına dayanarak, bir sinartroz ve bir diartroz arasında, ara eklem olduğunu öne sürdü (Kopsch, 1930). Gray, 1938 yılında eklemnin yalnızca minimal bir harekete izin verdiğini ima ederek 'amfiartroz' terimini önerdi (Gray, 1938). 1949'da, Testut ve Latarjet, eklemnin aslında serbestçe hareket edebilen bir ventral yön ve ossifiye olmuş bir dorsal yön içerdiği sonucuna vararak tanımı daha da değiştirdiler. Onlar da sakroiliac eklemi, 'diartro-amfiartroz' olarak adlandırdılar. Bu demek oluyor ki bu eklem, hem serbestçe hareket edebilen (diartroz) hem de ossifiye bir eklem (sinartroz) özelliklerine sahip bir eklemdir (Testut & Latarjet, 1949).

Sakroiliac eklem, 20. yüzyılın başlarında bel ağrısı ve pelvik ağrının kaynağı olarak başroldeydi. Ancak 20. yüzyılın sonlarına doğru yapılan çalışmalar, bu eklemnin neredeyse hareketsiz olduğunu ve dolayısıyla bu ağrılara sebep olmayacağı görüşünü diğerlerinden üstün gördü. Buraya kadar özetlenen tutarsızlıklar nedeniyle, bu eklem üzerinde yapılan çalışmalarda biraz daha dikkatli olmakta fayda olacaktır (Vleeming ve ark., 2012).

Bu eklemnin hareketi, eklem yüzeylerinin birbirine geçmesi ve bağlar sayesinde hafif kayma ve dönme (nutasyon-kontranutasyon) şeklindedir (Waschke ve ark., 2019). Yetişkinlerde, eklem yüzlerinden sacral yüzeyin kıkırdak kalınlığı 4 mm'ye kadar ulaşabiliyorken, iliak yüzey 1-2 mm'yi aşmaz. Bu yüzden ince olan iliak tarafta osteofit oluşumu daha kolaydır. Ankilozan Spondilit'in (AS) ilk lezyonlarının genellikle iliak tarafta olması bu bulguyu destekler niteliktedir (Muche ve ark., 2003).



Şekil 2. 11. Sakroiliac eklem hareketleri (Schunke ve ark., 2016).

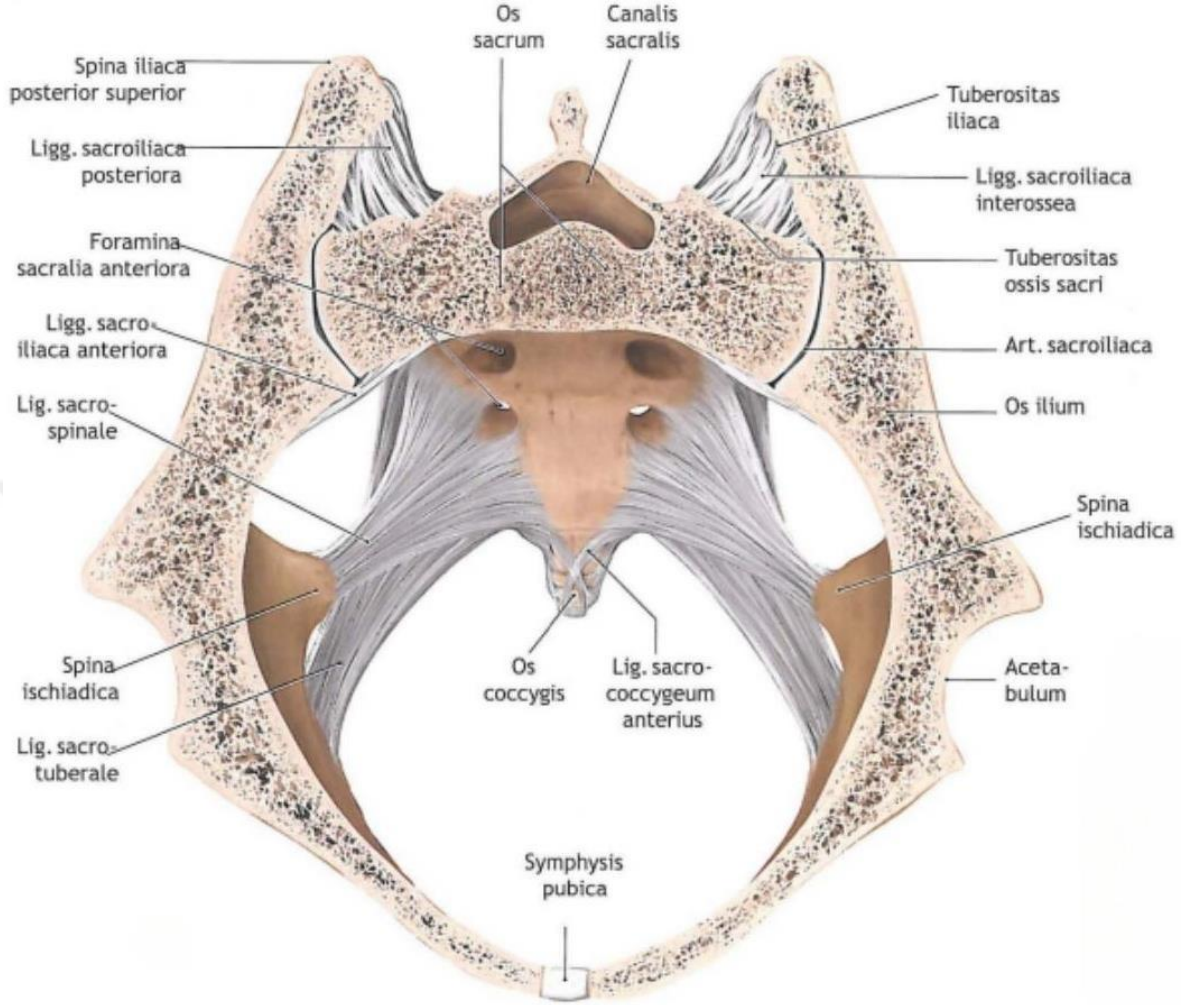
Yetişkinlerde sacroiliac eklem C,J,L gibi bir yapıya sahiptir. Eklem kısa kranial ve daha uzun kaudal uzvu vardır. Kranial uzvun alt kısmı ve kaudal uzvu, sinovyal bir yapıya sahipken kranial uzvun üst kısmı daha fazla fibrozdur (Cole ve ark., 1996). Sınırlı sayıdaki çalışma, sacroiliac eklem yüzey alanının yetişkin erkeklerde kadınlardan biraz daha büyük olduğunu göstermektedir (Ebraheim & Biyani, 2003).

2.7.1. Art. sacroiliaca'nın ligamentleri

Bu eklemi destekleyen ligamentler kapsülün eklem kenarlarını yakından takip eder. Eklem kapsülünün üst kısmı özellikle lig. lumbosacrale bağının kaudal yönlü bir bağlantısı gibi görünür. Eklem kapsülünün ön kısmı lig. sacroiliaca anterior olarak adlandırılır ve nispeten incedir. Sacrum ve ilium'un ön yüzeyleri boyunca gerilmiş yoğun bağ dokusundan oluşur. Musculus (m.) psoas major, bu eklem hemen önündedir ve yakınında arteria (a.) ve vena (v.) iliaca'lar bulunabilir (Fortin ve ark., 1999).

Lig. sacroiliaca interossea, sacroiliac eklemi destekleyen bağlar arasında en güçlüsüdür. Aynı zamanda eklem sinovyal kısmının dorsal ve kranial taraflarındaki boşlukları doldurarak eklem yapısal kararlılığına büyük katkı sağlar. Bu bağ kadınlarda

erkeklerde göre daha büyüktür. Lig. sacroiliaca anterior ve posterior ise erkeklerde daha büyüktür (Steinke ve ark., 2010).

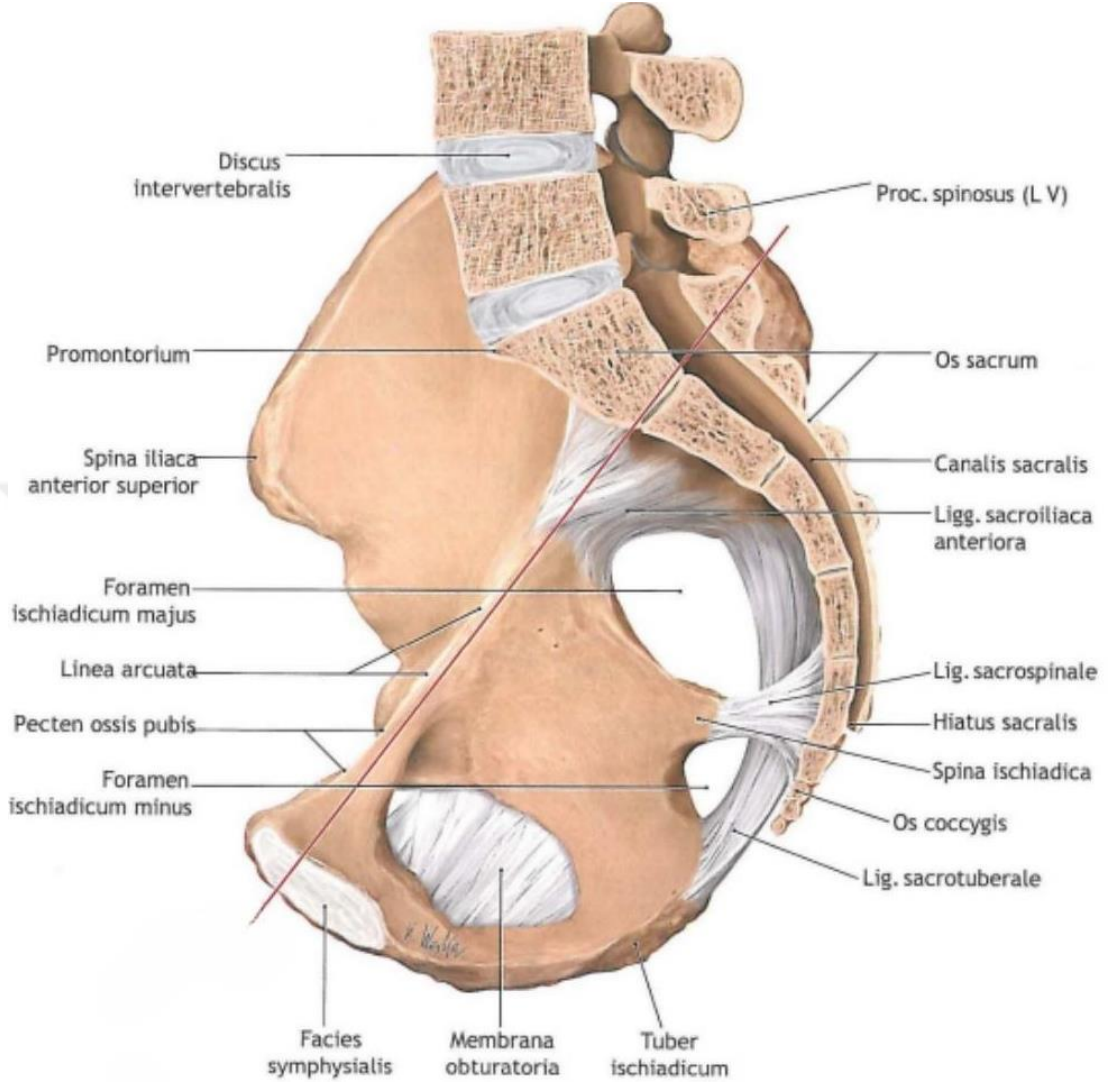


Şekil 2. 12. Pelvis horizontal kesit, üstten görünüm (Schunke ve ark., 2016).

Lig. sacroiliaca posterior, spina iliaca posterior superior'un (SIPS) hemen altında kemik sertliğinde hissedilebilen ve yüzeye en yakın bağıdır. Kranialde SIPS'e, kaudalde üçüncü ve dördüncü sakral segmentlerin yan kenarına yapışır(Moore ve ark., 2010).

Lig. iliolumbale, yelpaze şeklinde karmaşık bir bağıdır. Son iki lumbal omurun transvers çıkıntılarında başlayıp laterale uzanarak iliak çıkıntı ve sacroiliac eklem kapsülüne ulaşır. Son çalışmalarla birlikte lig. lumbosacrale olarak adlandırılması daha uygun bulunmuştur (Pool-Goudzwaard ve ark., 2003). Bu bağın, m. quadratus lumborum'un alt liflerinden meydana geldiği bir dönem tartışılmış olsa da 1993-1994'te yapılan çalışmalarla 15 haftalık fetüste olduğu gözlemlenerek bu görüş çürütülmüştür (Hanson & Sonesson, 1994). Bu bağın başlıca görevi özellikle gövde lateral fleksiyonunu sınırlamaktır. Yapılan

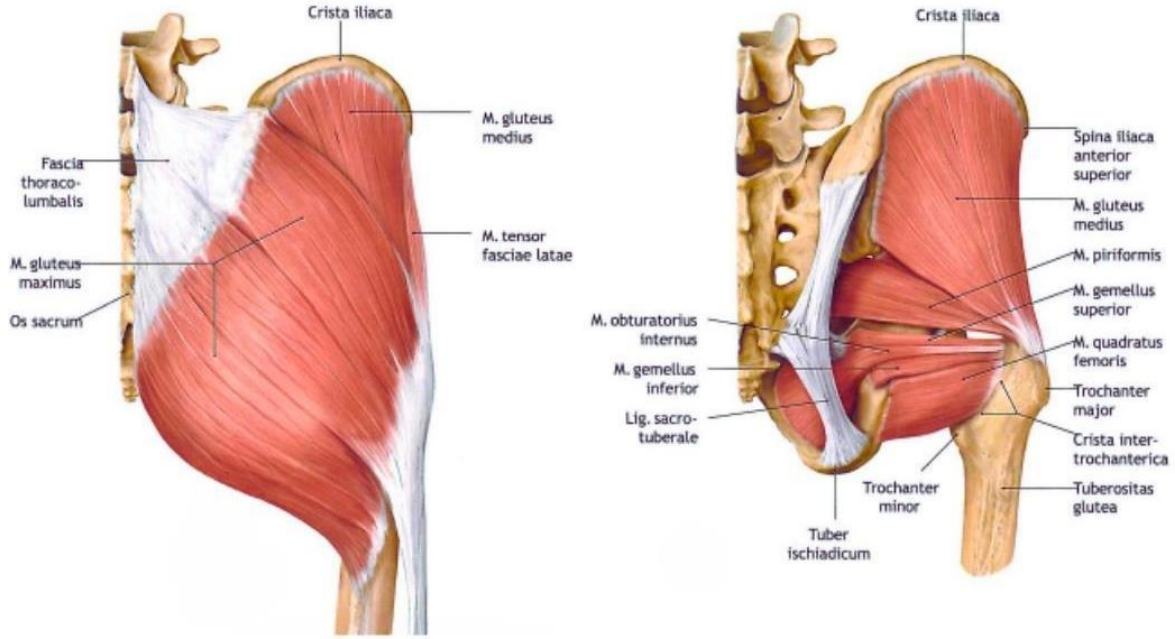
çalışmalarda bağı çift taraflı kesilmesiyle gövde rotasyonu %18, ekstansiyon %20, fleksiyon %23 ve lateral fleksiyon %29 artmıştır (Yamamoto ve ark., 1990).



Şekil 2. 13. Sağ pelvis yarısı medialden görünüm (Schunke ve ark., 2016).

2.7.2. Art. sacroiliaca'ya etki eden kaslar

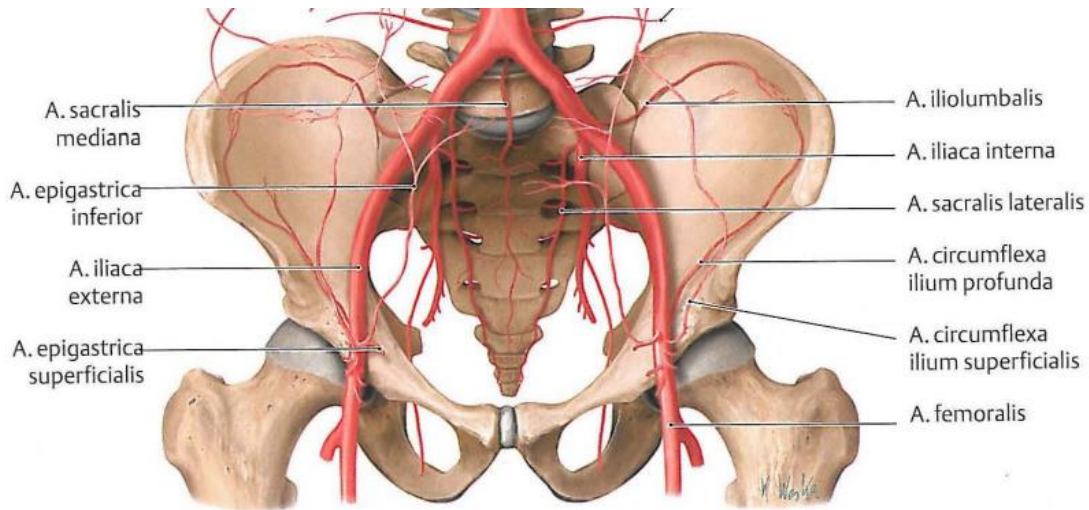
Bu eklem üzerinde aktif, fizyolojik hareketler gerçekleştirecek özel kaslar bulunmamaktadır. Eklem çevresindeki tüm kaslar, kalça ve lumbal omurgayı hareket ettirmek için görev yaparlar. Bu kaslar; musculus (m.) erector spinae, m. psoas major, m. psoas minor, m. quadratus lumborum, m. piriformis, abdominal oblik kaslar, gluteal kaslar ve hamstringler gibi büyük ve güçlü pelvis çevresi kaslarından bazılarıdır (Solonen, 1957).



Şekil 2. 14. Kalça kasları arkadan görünüm (Schunke ve ark., 2016).

2.7.3. Art. sacroiliaca'nın kanlanması

Eklemin beslenmesi arteria (a.) gluteus superior, a. iliolumbalis, a.sacralis lateralis gibi arterlerle sağlanır. Lenfatik drenaj ise bu arterlerle komşuluk yaparak lomber nodüllere kadar ulaşır (Standring ve ark., 2005).

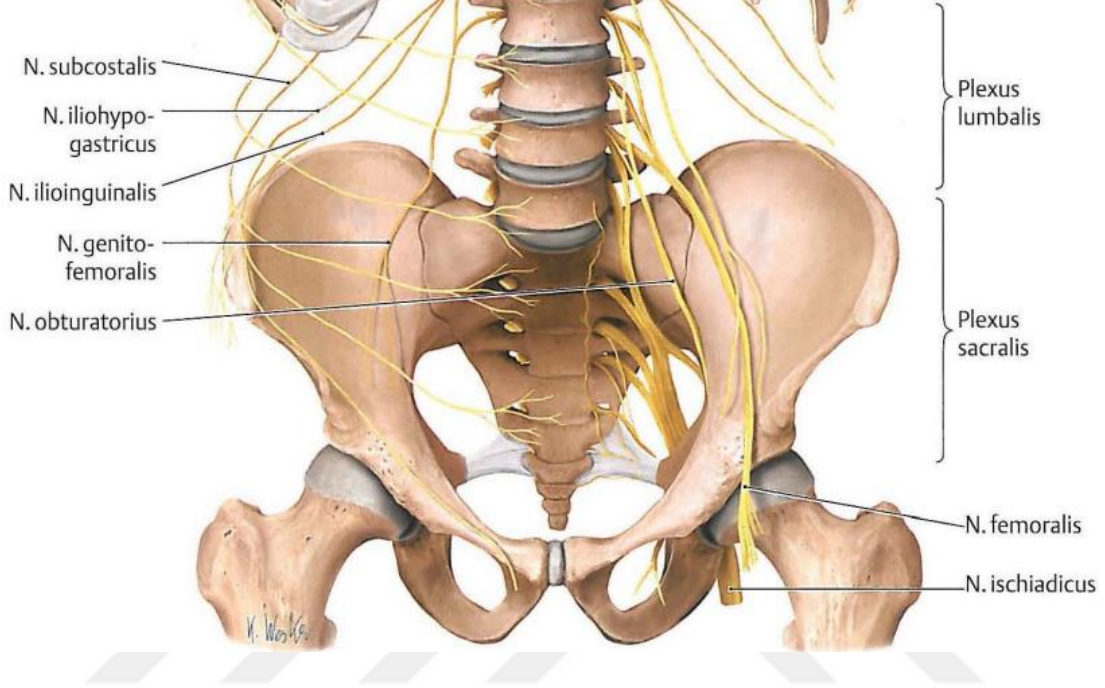


Şekil 2. 15. Sağ pelvis yarısı medialden görünüm (Schunke ve ark., 2016).

2.7.4. Art. sacroiliaca'nın innervasyonu

Sakroiliak eklemin innervasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça azdır. Yapılan çalışmalarda da spinal sinirlerin rami posteriorlarından innerve olduğu bildirilmiştir. Bradley (1974) L5'ten S3'e kadar (Bradley, 1974), Grob ve arkadaşları (1995) S1-S4 (Grob ve ark.,

1995), Willard ve arkadaşları (1998) L5-S2 (Willard, 1998), McGrath ve Zhang (2005) S2-S4 ve nadiren S1 (McGrath & Zhang, 2005), Patel ve arkadaşları (2012) ise L5-S3 aralığındaki dorsal ramuslardan innerve olduğunu, yaptıkları lumbopelvik ağrı araştırmalarında söylemişlerdir (Patel ve ark., 2012). Eklem içinde miyelinli ve miyelinsiz sinir lifleri bulunmuştur. Bu sinirler C ve A delta sinir liflerinden oluşmaktadır.



Şekil 2. 16. Lumbal ve sakral pleksus, önden görünüm (Schunke ve ark., 2016).

2.7.5. Art. sacroiliaca ankilozu

Ankiloz, sacroiliac eklem için uzun yıllardır önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Yaklaşık 50 yaş civarında, sakroiliac eklem etrafında genellikle periartiküler osteofitler oluşur. Erkeklerde, bu osteofitler genellikle eklem kranial kısmı etrafında lokalize olurken, kadınlarda eklem ventrokaudal bölgesinde meydana gelir (Brooke, 1924). Stewart isimli araştırmacı, 1986 pelvis inceleyerek ırk ve cinsiyet farklılıklarını gözlemledi. 227 Kafkas kadının pelvisinin incelenmesi, %4'ünün ankilotik olduğunu gösterdi; 267 Amerikalı ve Afrika kökenli siyahi kadın pelvisinin incelenmesinde %3'ünün ankilotik olduğu bulundu. Erkeklerde ise, 347 Amerikalı Kafkas kökenli pelvisinin incelenmesinde %11,2'sinin ankilotik olduğu bulundu. 241 Afrika kökenli Amerikalı erkekte %24,9'unun ankilotik olduğu belirlendi. Buna karşılık, 335 Afrikalı erkeğin sakroiliac eklemlerinin yalnızca %8,6'sının ankilotik olduğu ortaya çıktı (Stewart, 1984).

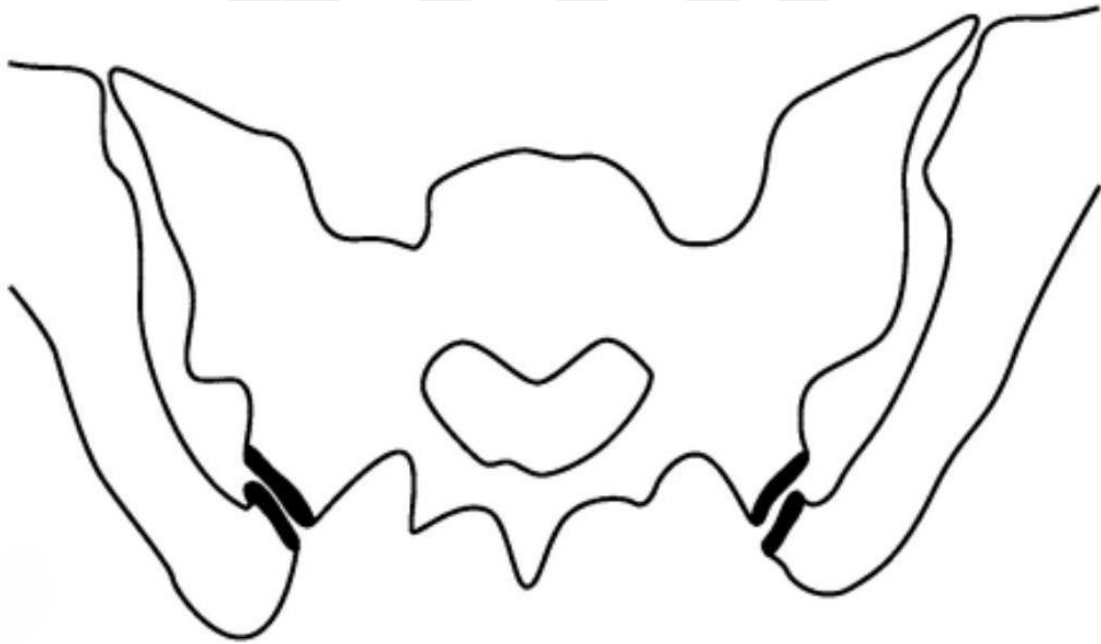
Sakroiliac eklem osteofitozu, genellikle erkeklerin %12,27'sinde ve kadınların %1,83'ünde görülmektedir. Bu osteofitler, erkeklerin %97,5'inde genellikle ekstra-artiküler

(eklem dışı), kadınlarda ise intra-artiküler (eklem içi) olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, 81 bireyin bilgisayarlı tomografi görüntüleri incelendiğinde, 38 erkekten %34,2'sinde sakroiliak eklemden osteofit bulunduğuna, bununla birlikte kadınların sadece %2,3'ünde görüldüğü saptanmıştır. Bu çalışmalar, iskelet pelvislerinin güvenilir bir şekilde cinsiyetlendirilmesi için, kısmi veya tam artiküler osteofitleşme ile ilişkilendirilen kemik çıkıntılarının erkek bir iskeleti işaret ettiğİ sonucuna varmaktadır (Dar & Hershkovitz, 2006).

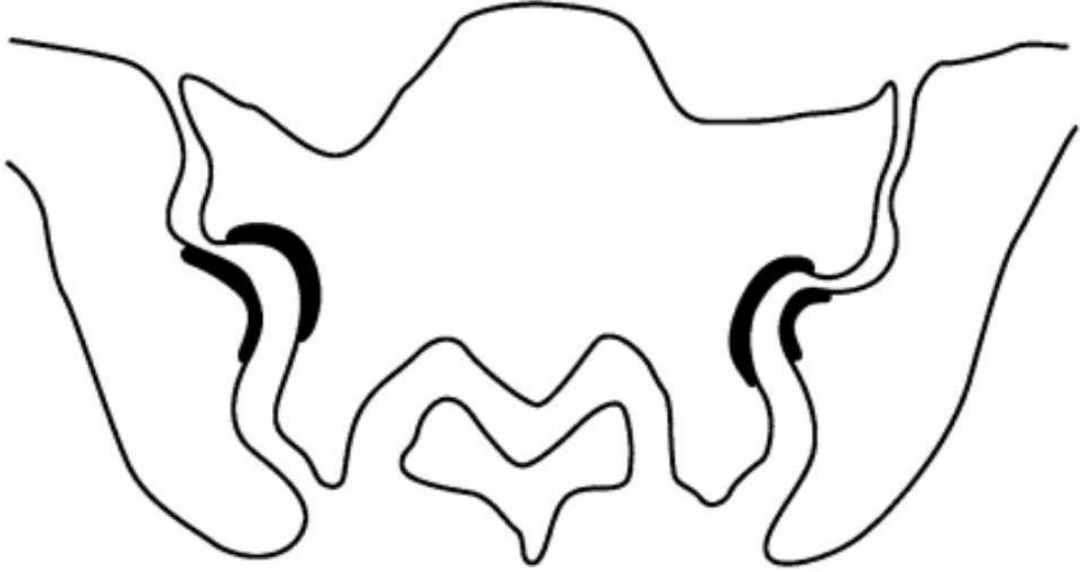
2.7.6. Art. sacroiliaca'nın anatomik varyasyonları

Prassapoulos ve arkadaşları (1999), S1'in alt kenarı ve S2'nin üst kenarı referans olarak alınarak transvers düzlemde görüntüldendi. Varyasyonları belirlemek için tüm sakroiliak eklem bilgisayarlı tomografideki aksiyal düzlemde görselleştirildi. Tüm bu parametrelerle tipik sakroiliak eklem dışında 6 varyasyon belirlendi (Teran-Garza ve ark., 2021).

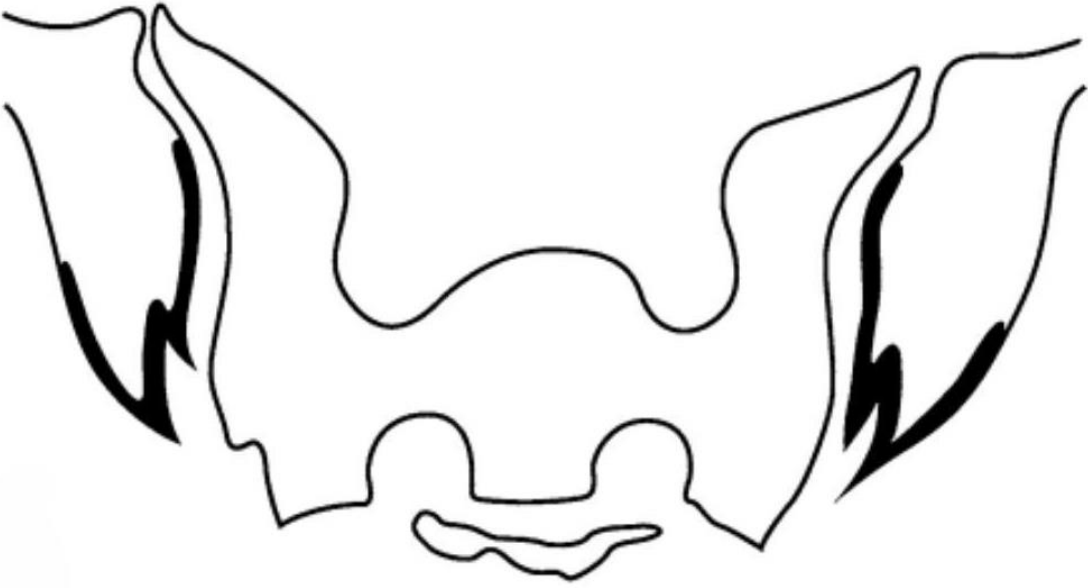
1. Aksesuar Sakroiliak Eklem: Ana eklemleşme bittikten sonra dorsal tarafta ek bir eklem yüzeyinin bulunması,



2. İliosacral Kompleks: İliak kemiklerin bir kısmının sakrumun içine gömülmesi,



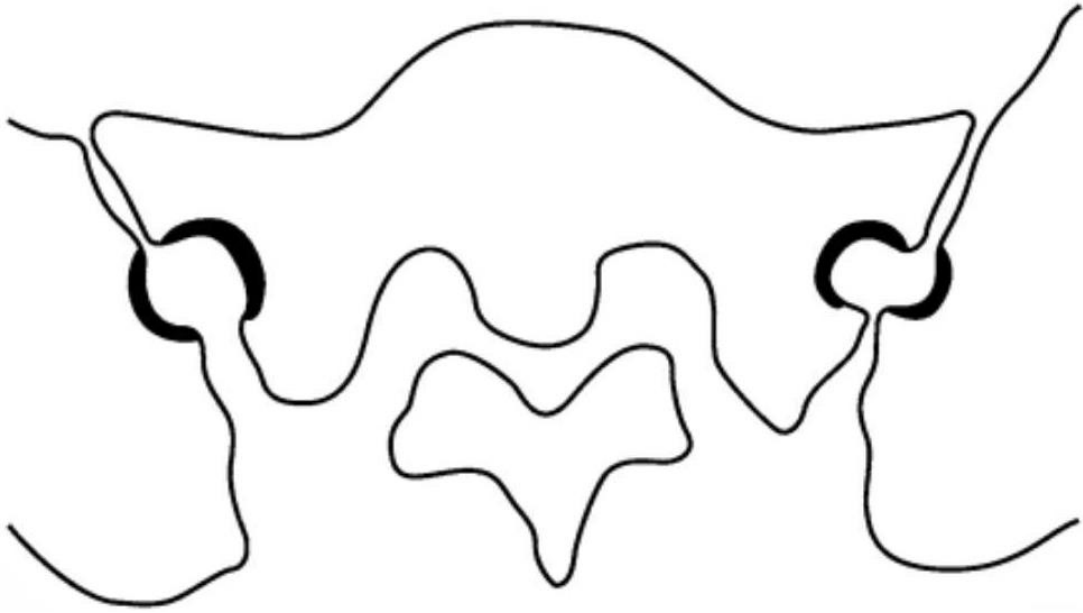
3. İki Parçalı İliak Kemik: İliak kemiğin eklemden bölünmüş olması,



4. Yarımay Şekilli İliak Kemik: Uzamış eklem yüzeyi, belirli bir noktadan sonra artan eklem boşluğu,



5. Semisirküler Defekt: Eklemi oluşturan iki kemikte de çentik bulunması ve birlikte yarım ya da tam daireyi andırması,



6. Sakral Kanatlarda Ossifikasyon Merkezleri: Eklemn ön bölümünde küçük hiperintens alanların varlığı (bunlar iliak ya da sakral kemiklere bağılı gibi görünmezler).





3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, çeşitli şikayetlerden dolayı Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Hastanesine başvurarak abdomen grafisi çekilen ancak pelvis iskeletiyle ilgili şikayetleri, pelvis kırığı veya herhangi bir pelvis patoloji olmayan 18-39 ve 39-85 yaş aralığındaki 152 bireye (77 kadın, 75 erkek) ait bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılarak yapılmıştır.

3.1. Görüntü Popülasyonu ve Demografik Veriler

Bu tez çalışmasında Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı arşivlerindeki sistemde 2010-2022 aralığında pelvisi içine alan abdomen grafisi gerektiren tanılar almış bulunan 152 hastanın Pelvis bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinden pelvisinde herhangi bir patoloji olmadan normal olarak raporlananlar retrospektif olarak rastgele incelendi. Abdomen görüntüsü içine dahil olan kemik yapılarda kırık veya kemik yapı bozukluğu, patolojik lezyon, travma ya da cerrahi müdahale öyküsü bulunanlar, 18-85 yaş aralığında olmayanlar, kalitesi bozuk görüntüler çalışmamıza dahil edilmedi.

3.2. Görüntülerin Alınması ve Analizi

Alınan BT görüntüleri; 256 kesitli, çift tüplü, Almanya merkezli Siemens Healthineers tarafından üretilen “MDBT Somatom Drive” cihazı kullanılarak elde edildi. Görüntü kalınlıkları 0.625 mm’dir. Elde edilen bu görüntüler, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedildi. Elde edilen görüntüler, Siemens Healthineers’ın Almanya’da geliştirdiği Snygo Via çalışma istasyonuna aktarıldı ve burada analiz edildi. Multiplanar Reconstruction (MPR) yöntemi kullanılarak üretilen sagittal, transvers ve koronal kesitlere sahip görüntülerin, görüntüleme parametreleri şu şekildedir: kV değerleri 80 ve 140, mA değerleri 89 ve 178, dönüş süresi 0.28 saniye, kolimasyon 256x0.625, ve görüş alanı (FOV) 220 mm olarak ayarlandı. Retrospektif inceleme ile dışlama kriterlerini göz önünde bulundurarak, araştırmaya uygun olan görüntüler belirlendi. Ölçüm için seçilen görüntüler, açık kaynaklı yazılım platformu olan 3D-Slicer’a (<http://www.slicer.org>) yüklendi. Bu yazılım, multiplanar reconstruction (MPR) yöntemini kullanarak görüntüleri sagittal, koronal ve aksiyal olmak üzere üç farklı düzlemde kesitler halinde kaydırılabilir bir şekilde görüntüleme imkânı sağladı. Bu sayede 2 ve 3 boyutlu ölçümler için gereken görüntüler elde edildi.

Çalışmamızda kullandığımız BT görüntüleri, multiplanar reconstruction (MPR) yöntemi ile koronal, sagittal ve aksiyal kesitlerde ayrıntılı bir şekilde incelendi. Tüm bu düzlemlerde, morfometrik ölçümler gerçekleştirildi. Ayrıca üç boyutlu görüntülerde incelenen her parametre, sadece sağ taraftan karşı taraftaki referans noktasına ölçüldü.

Ölçülen parametreler düzlemlere göre şu şekildedir:

- Sagittal düzlemde;

-Sol facies articularis'in yüzey alanı (LFASA),

-Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı (LFAA).

- Koronal düzlemde;

-İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe (ASID).

- Horizontal düzlemde;

-Art. sacroiliaca'nın anatomik varyasyonları (ASIAV),

-Art. sacroiliaca eklem boşluğu (ASIJS).

- 3D Slicer görüntüleme ile yapılan ölçümler;

-Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık (LSIAD),

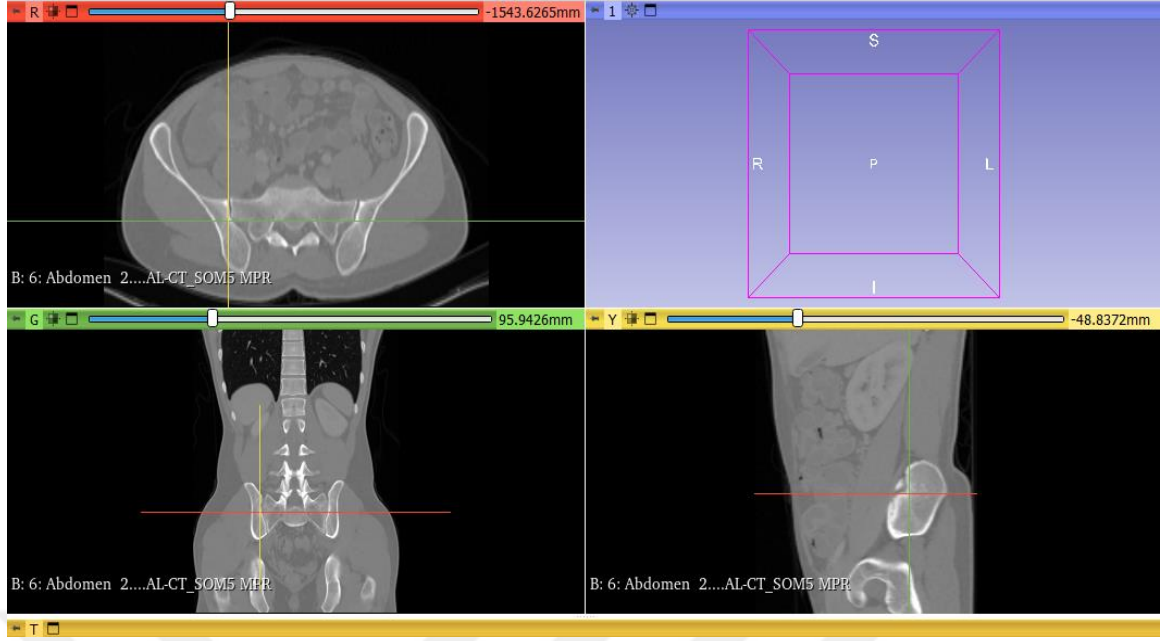
-Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık (LSISPS),

-Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık (LSISPI).

3.3. Ölçüm Yöntemi

3.3.1 Sagittal düzlemde yapılan ölçümler

Sagittal düzlemde yapılan ölçümlerde, referans noktası horizontal düzlemde sol art. sacroiliaca'nın ön 1/3'lük kısmına; koronal düzlemde ise S1-S2 seviyesine gelecek şekilde ayarlanmıştır. Referans noktaları bu konumdayken sagittal düzlemde oluşan eklem görüntüsü üzerinden 3D Slicer programı ile eklem yüzey alanı (LFASA) taratılıp üç boyutlu görüntüsü elde edildikten sonra yine aynı program üzerinden alan ölçümü otomatik olarak mm² cinsinden yapıldı.



Şekil 3. 1. Sagittal düzlem ölçümleri için koronal ve horizontal düzlemde referans noktalarının belirlenmesi.



Şekil 3. 2. Eklem yüzey alanı (LFASA) ölçümünün yapıldığı alan, yeşil ile boyalı bölge.

Koronal ve horizontal düzlemdeki referans noktaları aynı konumdayken eklem yüzeyini oluşturan kollar arasında kalan açı (LFAA), 3D Slicer programındaki açı ölçme seçeneği ile ölçüldü.



Şekil 3. 3. Eklemi oluşturan iki kol ve bunlara paralel iki doğru arasındaki açı (LFAA).

3.3.2. Koronal düzlemde yapılan ölçümler

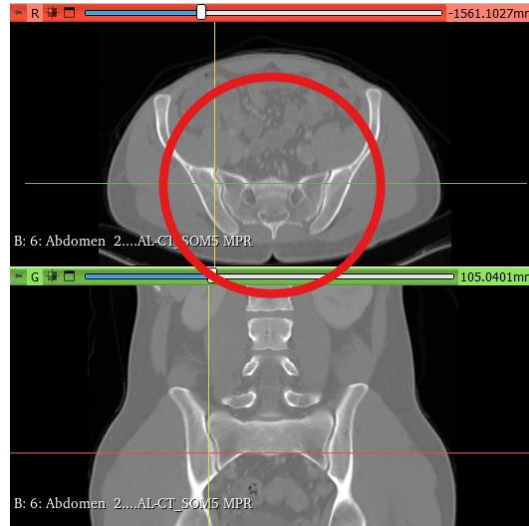
Bu düzlemde yapılan ölçümün referans noktası da sagittal düzlemdeki referans noktaları ile aynıdır. Bu durumda koronal düzlemde oluşan görüntüde, iki art. sacroiliaca arasındaki yere paralel en uzun mesafe (ASID) ölçülerek kaydedildi.



Şekil 3. 4. İki art. sacroiliaca arasındaki en uzun mesafe ölçümü (ASID).

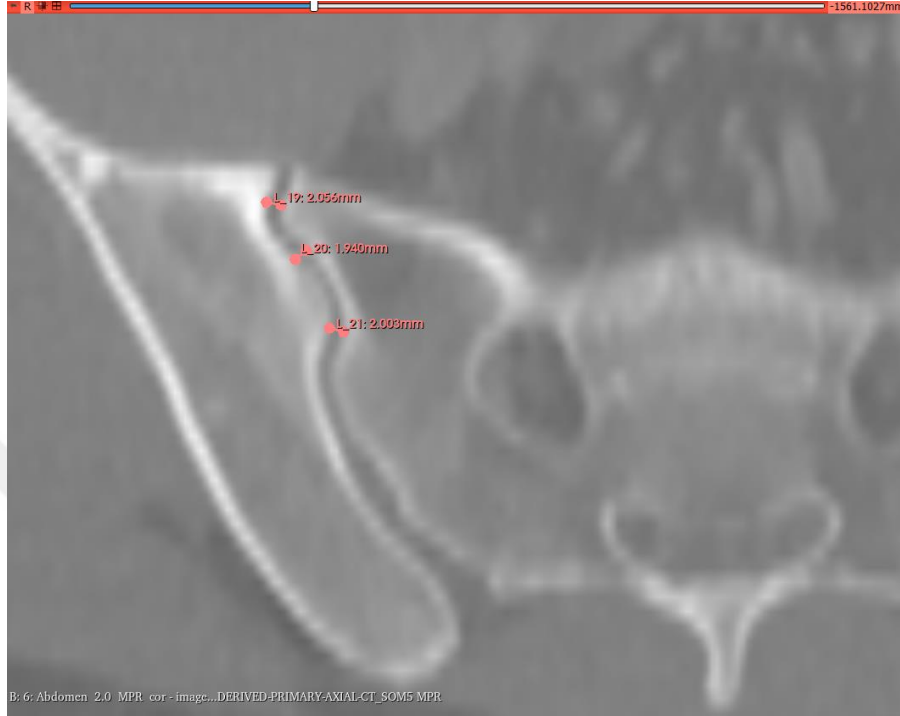
3.3.3. Horizontal düzlemde yapılan ölçümler

Referans nokta belirlenmesi yukarıda belirtilen ilk iki yöntemle aynıdır. Art. sacroiliaca'ya ait varyasyonlar (ASIAV) buradaki görüntüye bakılarak yapıldı.



Şekil 3. 5. Art. sacroiliaca varyasyonlarının tespit edilmesi (ASIAV).

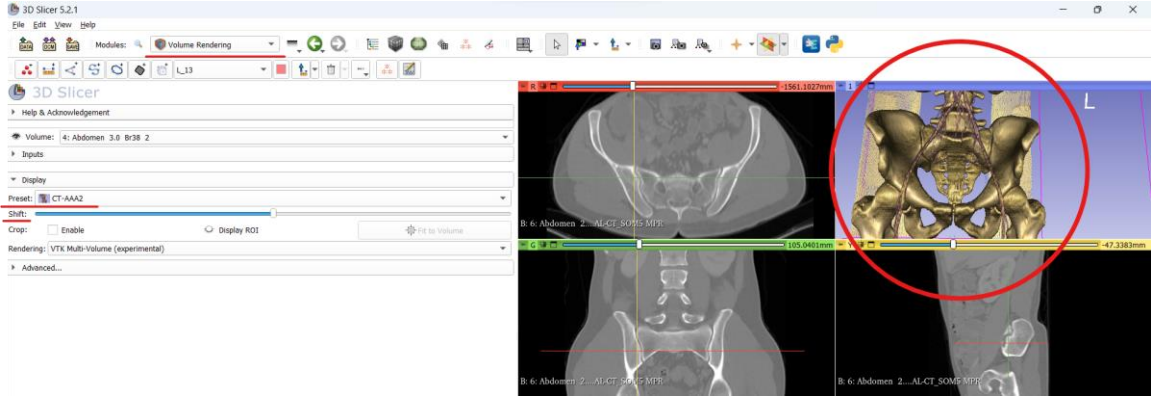
Yine bu düzlemde anatomik varyasyonlar tespit edildikten sonra gerekli düzeyde yakınlaştırmalar yapılarak 3 farklı yerden eklem boşluğu ölçümü (ASIJS) yapıp ortalaması alındı.



Şekil 3. 6. Eklem boşluğu ölçümü (ASIJS).

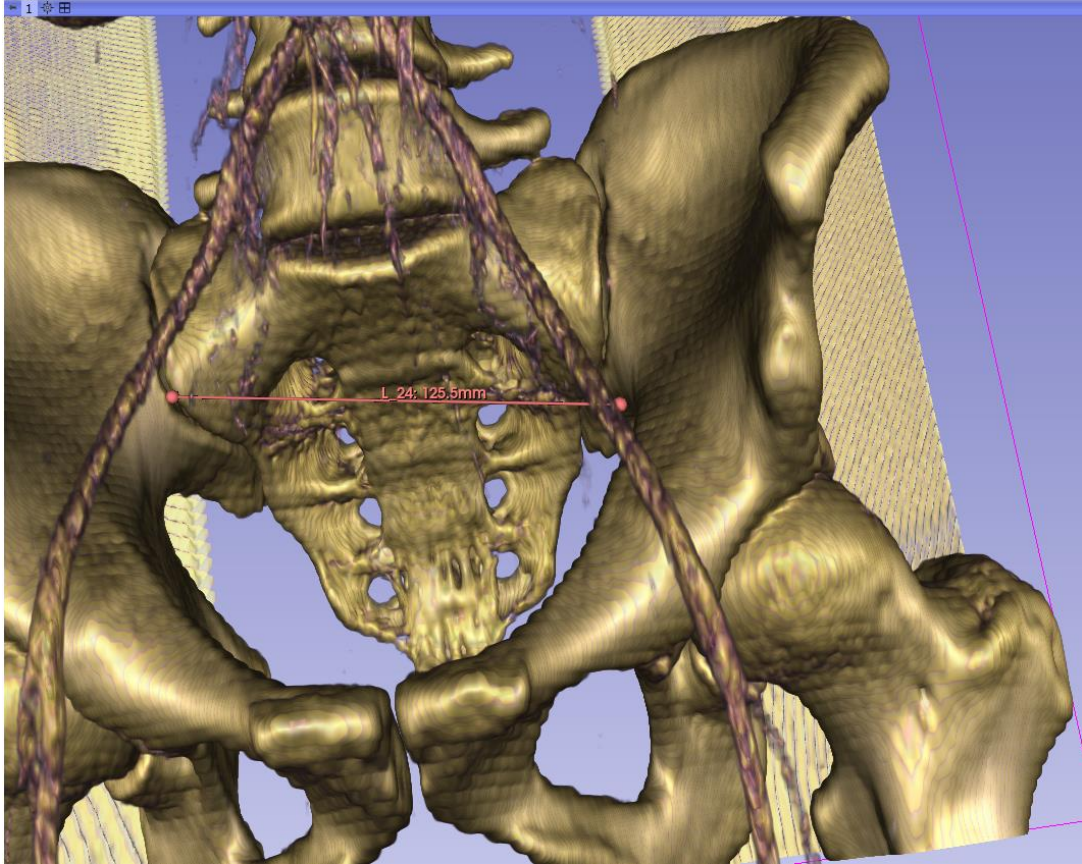
3.3.4. 3D görüntüleme ile yapılan ölçümler

Dosyalar 3D Slicer programına uygun formatta yüklendikten sonra programın modüller (modules) sekmesini tıklandıktan sonra açılan menüden “hacim oluşturma (volume rendering)” modülü seçildi. Bu seçim ekranda görünür hale getirildikten sonra üç boyutlu görüntünün daha net görünmesi için daha önceden ayarlanmış CT-AAA2 seçildi. Gerekli netleştirmeler de “shift” bölümünden yapılarak ölçümün yapılacağı üç boyutlu görüntü elde edildi.

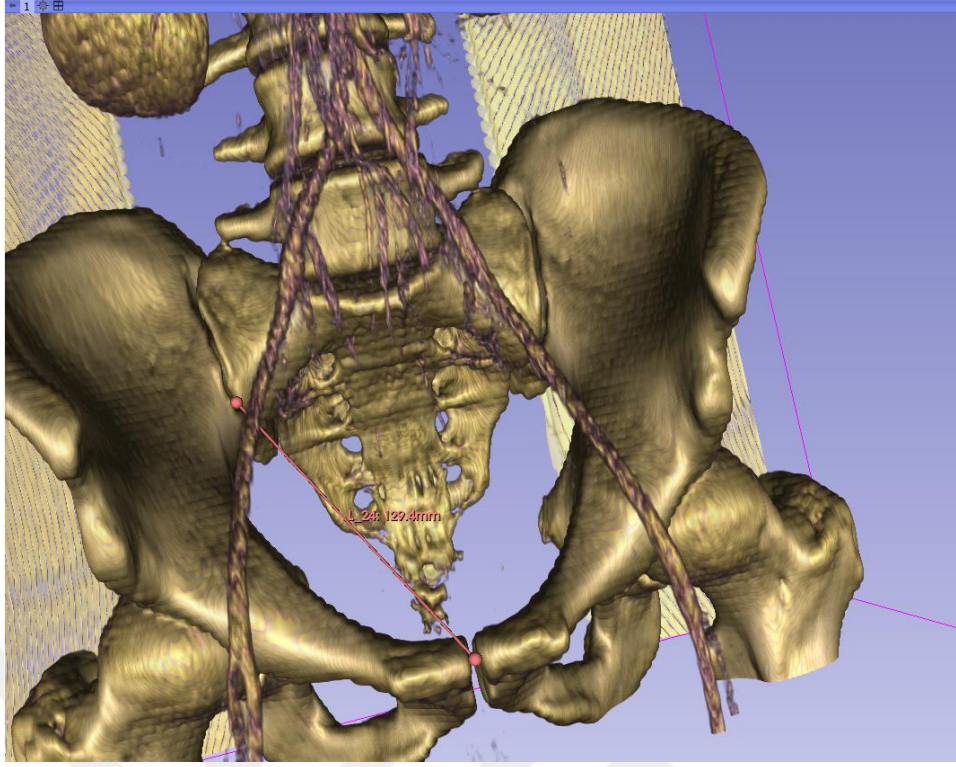


Şekil 3. 7. 3 boyutlu görüntünün elde edildiği kısım.

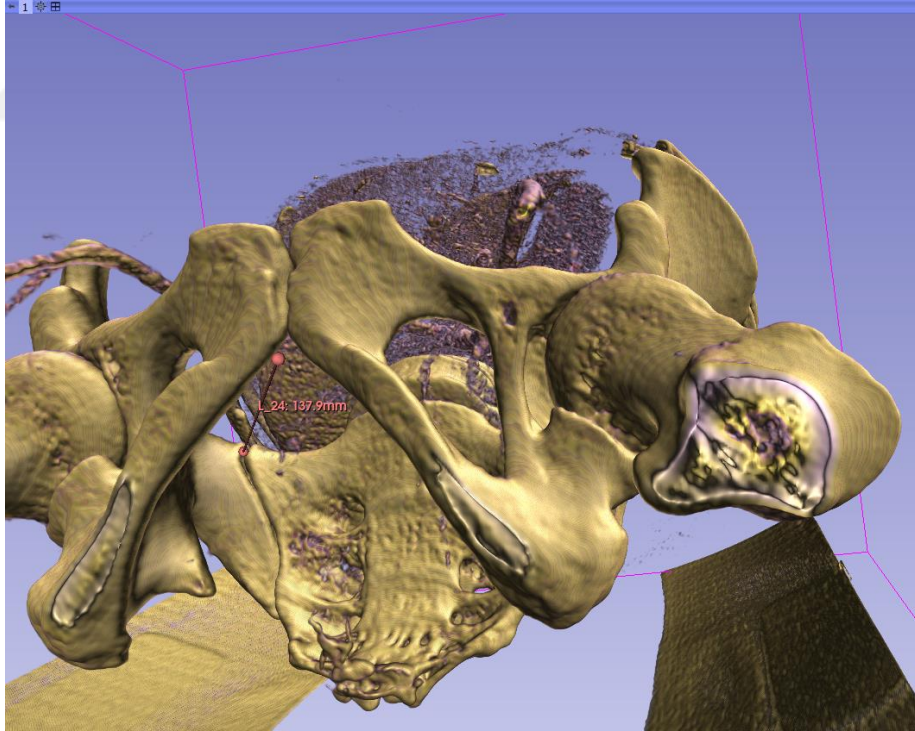
Elde edilen üç boyutlu görsel büyük pencerede açılarak eklem en şişkin yerinden linea terminalis'in apex'ine, symphysis pubis'in superior ve inferior'una uzunluk ölçümleri (LSIAD, LSISPS, LSISPI) yapıldı.



Şekil 3. 8. Art. Sacroiliaca ile linea terminalis apex'i arasındaki mesafenin ölçümü (LSIAD).



Şekil 3. 9. Art. Sacroiliaca ile symphysis pubis superioru arasındaki mesafe ölçümü (LSISPS).



Şekil 3. 10. Art. Sacroiliaca ile symphysis pubis inferioru arasındaki mesafe ölçümü (LSISPI).

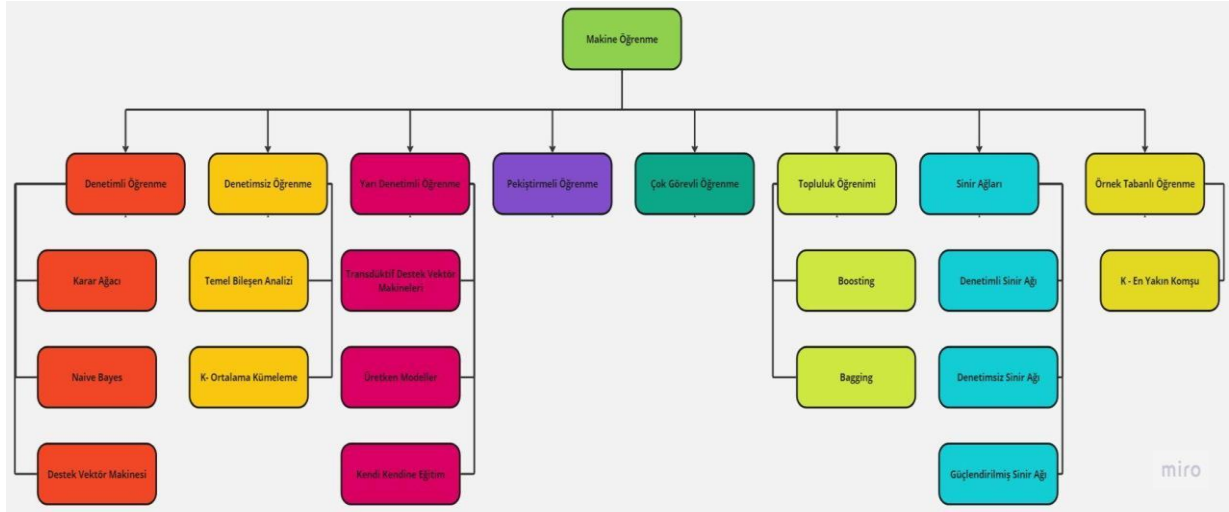
3.4. İstatistiki Analiz

Çalışmamız kapsamında elde edilen veriler, analiz sürecinde SPSS 22.0 programı kullanılarak değerlendirildi. Tüm ölçümlerin ve varyasyonların tanımlayıcı istatistik analizi gerçekleştirildi. Tanımlayıcı istatistikler için sayı, yüzde, ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak sayısal değişkenlerin özellikleri incelendi. Elde edilen istatistiksel sonuçlar üzerinde yürütülen değerlendirmelerde, istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak belirlendi. Verilerimizin çarpıklık basıklık değeri incelendi ve verilerin normal dağıldığı görüldü ($p > 0.05$). Parametrik testlerden Independent Sample T Test gruptaki katılımcı sayısının otuzdan fazla olması da dikkate alınarak uygulandı. Bütün morfometrik parametrelerin açıklayıcı analizinde, tablolarda minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri sunulmuş ve bu bulgular arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla Pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

3.5. Makine Öğrenimi ve Algoritmaları

Makine öğrenimi, veri odaklı bir model türüdür ve girdi-çıkı verileri arasında bir ilişki kurmak için yapay zekâ tekniklerini kullanır. Makine öğrenimi, düzenlilikler ve örüntüler oluşturarak uygulamayı basitleştirmeyi, düşük hesaplama maliyetleri ile hızlı eğitim, doğrulama, test etme ve değerlendirme yapmayı hedefler. Ayrıca yapay zekâ sürecinin bir parçasıdır ve fiziksel modellere kıyasla yüksek performans sağlar. Ancak makine öğrenimi algoritmalarının dikkate alınması gereken bir özelliği, geçmiş verilere dayalı olarak öğrenmelerinin sınırlı olması durumunda iyi bir performans göstermeyebilir olmasıdır. Yani, veriler seyrek veya çeşitli görevleri kapsamıyorsa, bu modellerin işlerini iyi yapamayabilecekleri belirtilmektedir (Mosavi ve ark., 2018).

Makine öğreniminin sağlık hizmetlerindeki başlıca uygulamaları arasında tıbbi teşhis ön plana çıkmaktadır. Tıbbi muayeneler, gelişen tıbbi teknolojiler sayesinde daha fazla veri sunmaktadır. Özellikle derin öğrenme, tıbbi görüntüleri analiz edip yorumlayabilir. Yapılan araştırmalar, makine öğrenimini kullanan programların radyolojik taramaları radyologlarla karşılaştırılabilir şekilde yorumlayabildiğini göstermiştir. İnsan-makine işbirliğiyle yapılan teşhis teknikleri ile hem insanların hem de makinelerin avantajlarından yararlanarak daha doğru teşhisler yapılmasına olanak sağlar (Liu ve ark., 2019).



Şekil 3. 11. Makine öğrenme modelleri ve algoritmaları özet görseli (Mahesh, 2020).

3.5.1. Denetimli öğrenme (Supervised learning)

Denetimli öğrenme, bilgisayarın bizim oluşturduğumuz sınıflandırma sistemini öğrenmesini sağlamak için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Özellikle rakam tanıma gibi sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılır. Sınıflandırma öğrenimi genel olarak, sınıflandırmanın yararlı olduğu ve belirlenmesinin kolay olduğu herhangi bir problem için uygundur. Bazı durumlarda ajan, sınıflandırmaları kendi başına çözebiliyorsa, önceden belirlenmiş sınıflandırmalar vermek bile gerekli olmayabilir. Bu gibi durumlarda, denetimli öğrenme yerine denetimsiz öğrenme kullanılabilir. Denetimli öğrenmede, eksik girdi değerleri çıkarım yapmayı zorlaştırırken, denetimsiz öğrenmede tüm gözlemler gizli değişkenlerden kaynaklandığı varsayılır. Bu nedenle, denetimsiz öğrenme genellikle eksik verilerle çalışmak için daha uygundur (Ayodele, 2010).

Karar ağacı (Decision tree)

Karar ağacı, yapısal bir süreci temsil eden ve veri ön işleme gerektirmeyen kullanımıyla popülerdir. Diğer yöntemlerin aksine, karar ağaçları ölçekleme gerektirmez, sürekli ve kategorik özellikleri aynı anda kullanabilir. Karar ağaçları, kategorik özellikleri hesaba katarak ayırma yapmayı kolaylaştırır, bu yüzden tek vuruşlu kodlama gibi ön işleme tekniklerine gerek duyulmaz. Ancak, karar ağaçlarıyla elde edilen ayırma yüzeyi genellikle diğer algoritmalarından daha karmaşıktır ve bu da daha yüksek bir varyansa ve genelleme yeteneğinin kaybına neden olabilir. Maksimum derinlik, karar ağaçlarındaki önemli bir faktördür. Maksimum derinlik ayarlanarak, özellikler arasındaki etkileşim seviyesi kontrol edilebilir ve ağaçların aşırı uyum riski azaltılabilir. En iyi maksimum derinlik değerini

belirlemek için çapraz doğrulama gibi yöntemler kullanılabilir. Kısaca, karar ağaçları güçlü bir sınıflandırma algoritmasıdır, ancak ayarlamalar ve uygun veri ön işleme yöntemleri dikkate alınmalıdır (Bonaccorso, 2017).

Naive bayes

Naive Bayes en popüler veri madenciliği algoritmalarından biridir ve verimliliği, öznitelikler arasındaki bağımsızlık varsayımından kaynaklanır. Ancak, bu varsayım birçok gerçek dünya veri setinde geçerli olmayabilir. Bu nedenle, öznitelik seçimi gibi yaklaşımlarla bu varsayım hafifletilmeye çalışılmıştır. Naive Bayes, hem üstün sınıflandırma doğruluğu sergileyen hem de basitlik ve verimlilik özelliklerini koruyan bir algoritma olarak ortaya çıkmaktadır. Ampirik sonuçlar bu durumu desteklemektedir (Chen ve ark., 2020).

Destek vektör makinesi (Support vector machine)

Çok yaygın kullanılan güncel makine öğrenme tekniklerinden biridir. Farklı senaryolara uyum sağlamak için yüksek esneklik sunan çok güçlü bir yaklaşımdır. Özellikle etiketsiz numunenin yapısı kısmen, hatta bazı durumlarda tamamen bilinmediğinde ve etiketleme için ana sorumluluğun etiketli numunelere verilmesi gerektiğinde uygundur. Destek Vektör Makinesi (DVM) doğrusal sınıflandırma yapmanın yanı sıra, çekirdek hilesi olarak adlandırılan ve girdilerini dolaylı olarak yüksek boyutlu özellik uzaylarına eşleyen bir yöntem kullanarak doğrusal olmayan bir sınıflandırmayı da verimli bir şekilde gerçekleştirebilir (Bonaccorso, 2017).

3.5.2. Denetimsiz öğrenme (Unsupervised learning)

Denetimsiz öğrenmeye iki yaklaşım vardır. İlk yaklaşım, aracıya açık kategorizasyonlar vererek değil, başarıyı belirtmek için bir tür ödül sistemi kullanarak öğretmektir. Bu yaklaşım, karar problemi çerçevesine uyacağı için ödülleri en üst düzeye çıkaran kararlar almaktır. Diğer bir yaklaşım ise ajanın eylemlerini önceki ödül ve cezalara dayandırarak dünyayı etkileme yolları hakkında bilgi edinmesini gerektirmeksizin eylemlerini gerçekleştirmesidir. Bu yaklaşımda ajan, yapabileceği her eylem için beklediği kesin ödüle dayanarak ne yapacağını bilir. Bu özellikle her olasılığı hesaplamanın zor olduğu durumlarda faydalıdır. Denetimsiz öğrenme esasen deneme yanılma yoluyla öğrenmeyi içermektedir ve önceden keşfedilmiş bir sınıflandırmanın olmadığı durumlar için uygundur (Mahesh, 2020).

Temel bileşen analizi (Principal component analysis)

Yüksek boyutlu bir veri kümesinin boyutlarını azaltma amaçlı, verinin toplam varyansını eşit olarak açıklamadığı varsayımına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde, verinin kovaryans matrisi kullanılarak entropi hesaplanır. Entropi, dağılımın içerdiği bilginin bir ölçüsüdür. Düşük varyansa sahip bileşenlerin entropiye çok az katkısı olduğu için bu bileşenler çıkarılabilir. Bu doğrultuda, bir veri kümesi alındığında hedef, bir doğrusal dönüşüm tanımlamaktır. Bu dönüşüm matrisi, verinin kovaryans matrisinin özdeğerlerini ve özvektörlerini kullanarak elde edilebilir. Bu sayede hesaplamaları daha hızlı ve kolay hale getirmek için verilerin boyutu azaltılmış olur (Bonaccorso, 2017).

K- ortalama kümeleme (K- means clustering)

Her bir kümenin ortalama, varyans ve ağırlık ile temsil edildiği bir yaklaşımdır. Kümeleri sınıflandırmak için kolay bir yol izlenir. Bu algoritmada temel amaç bir kümeye bir tane “K” merkez tanımlamaktır. Bu merkezler iyi düşünülerek yerleştirilmelidir çünkü isabetsiz bir konum farklı sonuçlara sebebiyet verebilir (Bonaccorso, 2017).

3.5.3. Yarı denetimli öğrenme (Semi-supervised learning)

Yarı denetimli makine öğrenme, hem kümeleme hem de sınıflandırma yöntemlerinin özelliklerini içeren kavramları kullanarak hem etiketli hem de etiketsiz verileri içeren problemleri çözmeye çalışan bir makine öğrenimi dalıdır (Bonaccorso, 2017).

Transdüktif destek vektör makineleri (Transductive support vector machines)

Transdüktif destek vektör makineleri (TSVM), yarı denetimli öğrenmede kısmi etiketli verileri işlemenin bir yolu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Genelleştirmedeki temelinin anlaşılmaması nedeniyle etrafında bir gizem oluşmuştur. Etiketli ve etiketsiz veriler arasındaki marjın maksimum olacağı şekilde etiketsiz verileri belirlemek için kullanılır. TSVM'nin yaygın bir uygulaması, aynı veri üretme sürecinden alınan (örneğin, aynı araç kullanılarak toplanan tıbbi fotoğraflar, ekonomik nedenlerden dolayı) yalnızca kısmen etiketlenmiş veri noktalarını içeren bir veri kümesi üzerinde sınıflandırmadır. Burada tüm görüntülere güvenilebildiğinden, TSVM veri kümesinin yapısından yararlanarak denetimli bir sınıflandırıcının ulaşabileceğinden daha yüksek bir doğruluk elde edebilir (Bonaccorso, 2017).

Üretken modeller (Generative models)

Üretken modeller, veri üretebilen bir modeldir. Hem özellikleri hem de sınıfları modellerler. Veri noktaları oluşturmak için olasılık dağılımını kullanır ve dolayısıyla modelleyen tüm algoritmalar üretkendir. Karışım dağılımını doğrulamak için bileşen başına bir etiketli örnek yeterlidir (Mahesh, 2020).

Kendi kendine eğitim (Self-training)

Kendi kendine eğitimde sınıflandırıcı, etiketli verilerin bir kısmı ile eğitilir. Sınıflandırıcı daha sonra etiketsiz verilerle beslenir. Etiketsiz noktalar ve tahmin edilen etiketler eğitim setinde bir araya getirilir. Bu prosedür daha sonra tekrarlanır. Sınıflandırıcı kendi kendine öğrendiğinden, kendi kendine eğitim adı verilir (Bonaccorso, 2017).

3.5.4. Pekiştirmeli öğrenme (Reinforcement learning)

Her olası eylemden sonra sağlanan ödüller sayesinde bir ajanın bilinmeyen bir ortamda nasıl davranacağını öğrenmesine olanak tanıyan bir dizi yaklaşımdan meydana gelmiş bir algoritmadır. Pekiştirmeli öğrenme, denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenmenin yanı sıra üç temel makine öğrenimi paradigmasından biridir (Bonaccorso, 2017).

3.5.5. Çok görevli öğrenme (Multitask learning)

Çok Görevli öğrenme, birden fazla farklı görevin aynı anda başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine odaklanır. Bunu yaparken görevlerin birbirine benzeyen kısımlarından yararlanır. Bu, öğrenme verimliliğini artırabilir ve aynı zamanda bir düzenleyici görevi görebilir. Resmi olarak, n görev varsa (geleneksel derin öğrenme yaklaşımları 1 özel model kullanarak sadece 1 görevi çözmeyi amaçlar), bu n görev ya da bunların bir alt kümesi birbiriyle ilişkiliyse ancak tam olarak aynı değilse, Çok Görevli Öğrenme; tüm n görevde bulunan bilgileri kullanarak belirli bir modelin öğrenmesini geliştirmeye yardımcı olacaktır (Mahesh, 2020).

3.5.6. Topluluk öğrenimi (Ensemble learning)

Topluluk öğrenmesinin temelindeki ana kavram, güçlü ve zayıf öğrenciler arasındaki ayrımı içerir. Özellikle, güçlü bir öğrenci, hem önyargıyı hem de varyansı en aza indirerek ve bu sayede tatmin edici bir genelleme seviyesine ulaşarak, en yüksek potansiyel doğruluğa ulaşmak için yeterli kapasiteye sahip bir sınıflandırıcıdır. Diğer taraftan, zayıf bir öğrenci, genellikle rastgele bir tahminden biraz daha yüksek bir doğruluk elde edebilen, ancak

karmaşıklığı çok düşük olan bir modeldir. Bu modeller hızlı bir şekilde eğitilebilirler, ancak karmaşık problemleri tek başlarına çözmek için yetersizdirler (Bonaccorso, 2017).

Boosting

'Boosting' terimi, zayıf öğrencileri güçlü öğrencilere dönüştüren bir algoritma ailesini ifade eder. Boosting, önyargı ve varyansı azaltmak için kullanılan bir topluluk öğrenme tekniğidir. Zayıf bir öğrenci bir sınıflandırıcı olarak tanımlanır ve güçlü bir öğrenci, gerçek sınıflandırma ile keyfi olarak iyi korelasyon gösteren bir sınıflandırıcıdır (Mahesh, 2020).

Torbalama (Bagging)

Torbalama veya bootstrap toplama, bir makine öğrenimi algoritmasının doğruluğunun ve kararlılığının artırılması gereken durumlarda uygulanır. Sınıflandırma ve regresyonda uygulanabilir. Torbalama ayrıca varyansı azaltır ve aşırı uyumun üstesinden gelmeye yardımcı olur (Mahesh, 2020).

3.5.7. Sinir ağları (Neural networks)

Sinir ağları, bir dizi algoritma aracılığıyla insan beyninin çalışma şeklini taklit etmeye çalışan ve bir dizi verinin altında yatan ilişkileri keşfetmeye yönelik bir süreçtir. Bu bağlamda sinir ağları, yapay nöron sistemlerini temsil eder. Sinir ağları, çeşitli girdilere uyum sağlayabilir. Bu sayede ağ, çıktı ölçütlerini değiştirmeye gerek kalmadan en iyi sonuçları üretebilir. Yapay zekâ temelli sinir ağları kavramı, özellikle ticaretle ilgili organizasyonların geliştirilmesinde yaygınlık kazanmaktadır. Yapay sinir ağı, üç katman üzerinden işlev gösterir. İlk katman olan giriş katmanı girdiyi alır, gizli katman girdiyi işler ve çıktı katmanı hesaplanan çıktıyı iletir (Mahesh, 2020).

Denetimli sinir ağı (Supervised neural network)

Denetimli sinir ağı, girdinin çıktısı zaten önceden bilinmektedir. Sinir ağının öngörülen çıktısı, asıl çıktıyla kıyaslanır. Ortaya çıkan hataya bağlı, nicelikler değiştirilir ve ardından sinir ağı tekrar beslenir. İleri beslemeli sinir ağı, denetimli bir sinir ağı kullanılmaktadır (Mahesh, 2020).

Denetimsiz sinir ağı (Unsupervised neural network)

Sinir ağının girdinin çıktısı hakkında önceden hiçbir bilgisi yoktur. Ağın ana görevi, verileri bazı benzerliklere göre kategorize etmektir. Sinir ağı çeşitli girdiler arasındaki korelasyonu kontrol eder ve bunları gruplandırır (Mahesh, 2020).

Güçlendirilmiş sinir ağı (Reinforced neural network)

Takviyeli öğrenme, karmaşık bir amacı gerçekleştirmeyi veya birçok adımda belirli bir boyutu en üst düzeye çıkarmayı öğrenen hedef odaklı algoritmaları ifade eder. Mesela, bir oyunda bir dizi hamlede elde edilen puanları en üst düzeye çıkarmak. Boş bir sayfadan başlanabilir ve doğru koşullar altında olağanüstü performans elde edebilir. Ceza alarak ve ödül alarak öğrenen bu algoritmalar, yanlış kararlar verdiklerinde cezalandırılır ve doğru kararlar verdiklerinde ödüllendirilirler. Bu süreç, pekiştirme (Mahesh, 2020).

3.5.8. Örnek tabanlı öğrenme (Instance-based learning)

Diğer yöntemlerle (karar ağaçları ya da sinir ağları gibi) karşılaştırıldığında, örnek tabanlı öğrenme algoritmaları benzerlik gösteren verilerden soyutlama yapmaz. Aksine, sadece tüm veri setini saklarlar ve sorgulandığında en yakın komşuların incelenmesiyle bir cevap üretirler (Mahesh, 2020).

K-en yakın komşu (K-nearest neighbor)

Bu algoritma, hem kategorizasyon hem de regresyonla ilgili sorunlara çözüm üretmek için kullanılabilen basit bir algoritmadır. Uygulanması ve anlaşılması kolaydır, ancak kullanılan verilerin boyutu büyüdükçe önemli ölçüde yavaşlama gibi büyük bir dezavantajı vardır (Mahesh, 2020).



4. BULGULAR

Çalışmamızda Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Hastanesi'ne başvuran, herhangi bir pelvis patolojisi olmayan 18-85 yaş aralığındaki 77 kadın ve 75 erkeğe ait toplam 152 bireyin, pelvis dahil abdomeni kapsayan bilgisayarlı tomografi görüntüleri retrospektif olarak incelendi. Elde edilen görüntüler üzerinden literatürde kabul görmüş varyasyon tiplerinin belirlenmesi işlemi ve morfometrik ölçümler, yaş ve cinsiyet gruplarına uygulandı ve analiz edildi. Gerçekleştirilen ölçümlerin ve varyasyonların cinsiyet ve yaşla olan korelasyon ilişkileri belirlendi.

Erkeklerde yapılan morfometrik ölçümlere ilişkin veriler tablo 4.1'de özetlendi. Yaşları 18 ile 83 arasında değişen 75 kişinin ölçümlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri standart sapmaları ile birlikte verildi.

Tablo 4. 1.Erkeklerde yapılan morfometrik ölçümlerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri.

	n	Min.	Max.	Ort $\pm$ SS
Yaş	75	18	83	49,6 $\pm$ 22
ASID	75	85	135,2	113,7 $\pm$ 9,5
ASIJS	75	1,3	2,99	1,9 $\pm$ 0,3
LFASA	75	1672	6421	4284,2 $\pm$ 1161,1
LSIAD	75	90,86	138,1	119,5 $\pm$ 7,4
LSISPS	75	102,4	151,3	121,4 $\pm$ 10,6
LSISPI	75	109,2	158,8	131,8 $\pm$ 10,2
LFAA	75	100,3	173,7	148,1 $\pm$ 18,4

(n: Birey sayısı, Min.: Minimum, Max.: Maksimum, Ort $\pm$ SS: Ortalama $\pm$ Standart Sapma, ASID: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe, ASIJS: Art. sacroiliaca eklem boşluğu, LFASA: Sol facies articularis'in yüzey alanı, LSIAD: Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık, LSISPS: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık, LSISPI: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık, LFAA: Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı)

Kadınlarda yapılan morfometrik ölçümlere ilişkin veriler tablo 4.2'de özetlendi. Yaşları 18 ile 81 arasında değişen 77 kişinin ölçümlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri standart sapmaları ile birlikte verildi.

Tablo 4. 2.Kadınlarda yapılan morfometrik ölçümlerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri.

	n	Min.	Max.	Ort.	± SS
Yaş	77	18,0	81	45,1	19,0
ASID	77	95,4	136,4	112,8	8,2
ASIJS	77	1,4	2,5	1,8	0,3
LFASA	77	1266,0	5785	3412,3	916,6
LSIAD	77	94,1	137,3	117,1	8,5
LSISPS	77	107,1	146,1	121,4	8,0
LSISPI	77	110,8	155,7	128,4	8,4
LFAA	77	105,9	173,7	147,4	17,0

(n: Birey sayısı, Min.: Minimum, Max.: Maksimum, Ort±SS: Ortalama ± Standart Sapma, ASID: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe, ASIJS: Art. sacroiliaca eklem boşluğu, LFASA: Sol facies articularis'in yüzey alanı, LSIAD: Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık, LSISPS: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık, LSISPI: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık, LFAA: Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı)

Çalışmaya dâhil edilen tüm katılımcılarda yapılan morfometrik ölçümlere ilişkin veriler tablo 4.3'te özetlendi. Yaşları 18 ile 83 arasında değişen 152 kişinin ölçümlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri standart sapmaları ile birlikte verildi.

Tablo 4. 3. Çalışmaya katılan tüm bireylerde yapılan morfometrik ölçümlerin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri.

	n	Min.	Max.	Ort.	± SS
Yaş	152	18,0	83	47,3	20,6
ASID	152	85,0	136,4	113,3	8,8
ASIJS	152	1,3	2,99	1,9	0,3
LFASA	152	1266,0	6421	3842,5	1129,1
LSIAD	152	90,9	138,1	118,3	8,0
LSISPS	152	102,4	151,3	121,4	9,4
LSISPI	152	109,2	158,8	130,1	9,5
LFAA	152	100,3	173,3	147,7	18,3

(n: Birey sayısı, Min.: Minimum, Max.: Maksimum, Ort±SS: Ortalama ± Standart Sapma, ASID: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe, ASIJS: Art. sacroiliaca eklem boşluğu, LFASA: Sol facies articularis'in yüzey alanı, LSIAD: Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık, LSISPS: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık, LSISPI: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık, LFAA: Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı)

Yapılan morfometrik ölçümlerin cinsiyete göre dağılımı minimum, maksimum ve ortalama değerleri standart sapmaları ile tüm bunlara ait anlamlı bulunan p değerleri tablo 4.4'te verildi. Bu verilere göre sakroiliak eklem boşluğu ölçümü erkeklerde kadınlara anlamlı

derecede yüksek bulundu. Diğer verilerde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmadı.

Tablo 4. 4. Morfometrik ölçümlerin cinsiyete göre dağılımı ve anlamlı bulunan p değeri.

	Cinsiyet	n	Ort.	± SS	p değeri
ASID	E	75	113,7	9,5	0,515
	K	77	112,8	8,2	
ASIJS	E	75	1,9	0,3	0,001*
	K	77	1,8	0,3	
LFASA	E	75	4284,2	1161,1	0,071
	K	77	3412,3	916,6	
LSIAD	E	75	119,5	7,4	0,064
	K	77	117,1	8,5	
LSISPS	E	75	121,4	10,6	0,999
	K	77	121,4	8,0	
LSISPI	E	75	131,8	10,2	0,065
	K	77	128,4	8,4	
LFAA	E	75	148,1	18,4	0,291
	K	77	147,4	17,0	

(n: Birey sayısı, E: Erkek, K: Kadın, Ort±SS: Ortalama ± Standart Sapma, ASID: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe, ASIJS: Art. sacroiliaca eklem boşluğu, LFASA: Sol facies articularis'in yüzey alanı, LSIAD: Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık, LSISPS: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık, LSISPI: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık, LFAA: Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı)

Sakroiliak eklem varyasyonlarının çalışmada yer alan toplam kişi sayısındaki yeri ve genel toplama oranları tablo 4.5'te verildi. Verilere göre en çok görülen varyasyonlar %36,8 ile standart kabul edilen eklem şekli iken ikinci sırada %15,2 ile 5. varyasyon çeşididir. En az görülen ise % 6,6 ile 3. varyasyondur.

Tablo 4. 5. Art. Sacroiliaca varyasyonlarının toplam kişi sayısına oranı ve sayısı

Varyasyon	Sayı	Oran %
0	56	36,8
1	12	7,9
2	22	14,5
3	10	6,6
4	17	11,2
5	23	15,2
6	12	7,9
Toplam	152	100

(0: Standart eklem varyasyonu, 1: Aksesuar Sakroiliak Eklem, 2: İliosacral Kompleks, 3: İki Parçalı İliak Kemik, 4: Yarımay Şekli İliak Kemik, 5: Semisirküler Defekt, 6: Sacral Kanatlarda Ossifikasyon Merkezleri, Sayı: Varyasyonun bulunduğu kişi sayısı, Oran %: Varyasyonlu eklem sayısının toplam katılımcıya oranı)

Erkeklerdeki sakroiliak eklem varyasyonlarının toplam sayı içerisindeki dağılımı ve oranları tablo 4.6’da verildi. Standart eklem %45,3 iken ikinci sırada %13,3 ile 2. varyasyon en çok görülen varyasyonlardır. 3 numaralı varyasyon ise çalışmamıza dâhil edilen erkeklerde hiç görülmedi.

Tablo 4. 6. Erkeklerde görülen art. sacroiliaca varyasyonlarının sayısı ve oranı.

Varyasyon	Sayı	Oran %
0	34	45,3
1	6	8
2	10	13,3
3	0	0
4	9	12
5	7	9,3
6	9	12
Toplam	75	100

(0: Standart eklem varyasyonu, 1: Aksesuar Sakroiliak Eklem, 2: İliosacral Kompleks, 3: İki Parçalı İliak Kemik, 4: Yarımay Şekilli İliak Kemik, 5: Semisirküler Defekt, 6: Sacral Kanatlarda Ossifikasyon Merkezleri, Sayı: Varyasyonun bulunduğu kişi sayısı, Oran %: Varyasyonlu eklem sayısının toplam katılımcıya oranı)

Kadınlardaki sakroiliak eklem varyasyonlarının toplam sayı içerisindeki dağılımı ve oranları tablo 4.7’de verildi. Standart eklem %28,6 ile ilk sırada iken ikinci sırada en çok görülen varyasyon %20,8 ile 5. varyasyon oldu. En az görülen ise %3,9 ile 6. tip varyasyon oldu.

Tablo 4. 7. Kadınlarda görülen art. sacroiliaca varyasyonlarının sayısı ve oranı.

Varyasyon	Sayı	Oran %
0	22	28,6
1	6	7,8
2	12	15,6
3	10	13
4	8	10,4
5	16	20,8
6	3	3,9
Toplam	77	100

(0: Standart eklem varyasyonu, 1: Aksesuar Sakroiliak Eklem, 2: İliosacral Kompleks, 3: İki Parçalı İliak Kemik, 4: Yarımay Şekilli İliak Kemik, 5: Semisirküler Defekt, 6: Sacral Kanatlarda Ossifikasyon Merkezleri, Sayı: Varyasyonun bulunduğu kişi sayısı, Oran %: Varyasyonlu eklem sayısının toplam katılımcıya oranı)

Ölçülen parametrelerin birbiriyle olan ilişkilerini değerlendirmek için Pearson korelasyon analizi kullanılarak sakroiliak ekleme ait morfometrik ölçümlerine ait veriler tablo 4.8’de gösterildi.

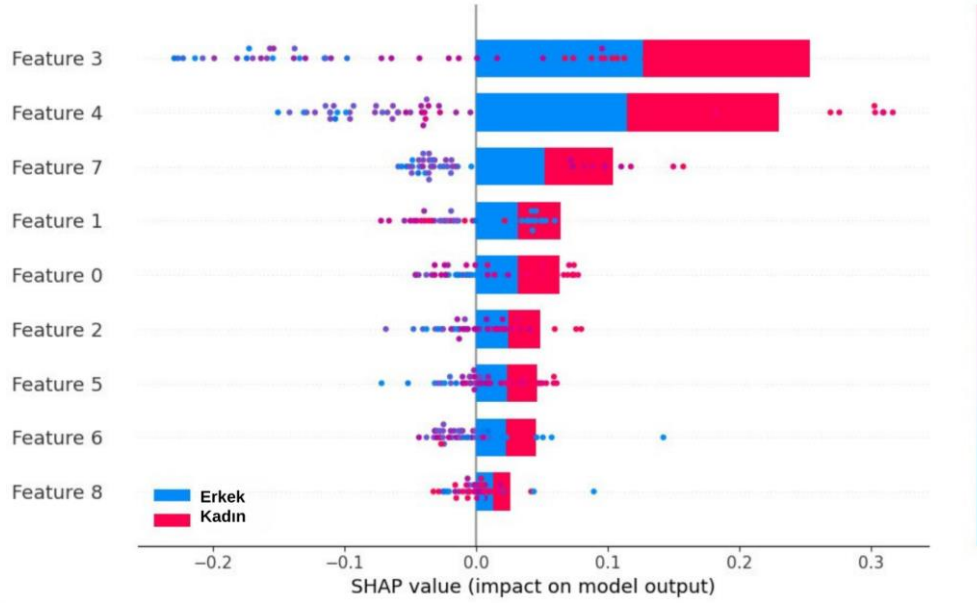
Sakroiliak eklemler arası mesafesi ile sakroiliak eklem merkezinin linea terminalis üzerindeki apex’e olan uzaklığı, symphysis pubis’in üst ve alt ucuna olan uzaklığı ile kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği tespit edildi. Bu parametreler dışındaki morfometrik ölçümlerin eklemler arası mesafe ile anlamlı korelasyon ilişkisinin olmadığı tespit edildi. Sakroiliak eklem boşluğunun hiçbir morfometrik veri ile anlamlı bir korelasyon ilişkisi içerisinde olmadığı saptandı. Sağ sakroiliak eklem yüzeyi alanının sağ sakroiliak eklem ile symphysis pubis alt ve üst ucuna olan uzaklıkları arasında kuvvetli pozitif korelasyon olduğu tespit edildi. Sol linea terminalis’in apex’i ile symphysis pubis alt ve üst ucuna olan uzaklıkları arasında kuvvetli pozitif korelasyon olduğu tespit edildi. Symphysis pubis’in üst ucu ile symphysis pubis’in alt ucu ve sağ sakroiliak eklemi oluşturan kolların arasındaki açı arasında kuvvetli pozitif korelasyon olduğu tespit edildi. Symphysis pubis’in alt ucu ile sağ sakroiliak eklemi oluşturan kolların arasındaki açı arasında kuvvetli pozitif korelasyon olduğu saptandı. Yukarıda da belirtildiği gibi tüm bu veriler tablo 4. 8’de gösterildi.

Tablo 4. 8. Ölçülen Pelvis morfometrik verilerinin birbiriyle olan ilişkisi.

	ASID	ASIJS	LFASA	LSIAD	LSISPS	LSISPI	LFAA
ASID	1						
ASIJS	0,06	1					
LFASA	0,05	-0,03	1				
LSIAD	,517**	-0,01	0,13	1			
LSISPS	,213**	-0,05	,325**	,417**	1		
LSISPI	,281**	-0,04	,375**	,420**	,900**	1	
LFAA	0,04	-0,02	0,06	0,15	,209**	,193*	1

(ASID: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe, ASIJS: Art. sacroiliaca eklem boşluğu, LFASA: Sol facies articularis’in yüzey alanı, LSIAD: Sol art. sacroiliaca’dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık, LSISPS: Sol art. sacroiliaca’dan symphysis pubis’in superioruna olan uzaklık, LSISPI: Sol art. sacroiliaca’dan symphysis pubis’in inferioruna olan uzaklık, LFAA: Sol facies articularis’in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı, **p <0,01 düzeyinde anlamlıdır; * p < 0,05 düzeyinde anlamlıdır)

Çalışmamızda Makine Öğrenme modellerinden DVM algoritmasıyla kadın ve erkek ayrımı en fazla doğrulukla tespit edilmiştir. Bu algoritmanın doğruluk skoru (accuracy score) 0,87 yani %87’dir. Bu oran çalışmamızda yapay zekâ algoritmalarında ulaşılan en başarılı skor olarak bulunmuştur. Aşağıdaki tabloda doğruluk oranını etkileyen veriler sırasıyla verilmiştir.



Şekil 4. 1. Rastgele Orman (RO) algoritmasının SHAP çözümleyicisi model çıktısı üzerindeki etkisi (Feature 0: Yaş, Feature 1: Eklem varyasyonları, Feature 2: İki art. sacroiliaca arasındaki mesafe (ASID), Feature 3: Art. sacroiliaca eklem boşluğu (ASIJS), Feature 4: Sol facies articularis'in eklem yüzey alanı (LFASA), Feature 5: Sol art. sacroiliaca'dan pelvis karşı taraf linea terminalis apeksine olan uzaklık (LSIAD), Feature 6: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in superioruna olan uzaklık (LSISPS), Feature 7: Sol art. sacroiliaca'dan symphysis pubis'in inferioruna olan uzaklık (LSISPI), Feature 8: Sol facies articularis'in yüzeylerinin orta noktalarından geçen çizgiler arasında kalan açı (LFAA.))

Karar Ağacı modeli algoritması ile veriler tekrar analiz edildiğinde doğruluk oranı %75'e düşmüştür. Random Forest Classifier algoritmasında erkek ve kadın sınıflandırması iki farklı şekilde analiz edilmiştir. Verilerimizde erkeklerin cinsiyetini tahmin etme doğruluğu %77 iken kadınların cinsiyetini tahmin etme doğruluk oranı %79 olarak hesaplanmıştır. Bu algoritmanın ortalama doğruluk oranı ise %78 olarak bulunmuştur.

```
<IPython.core.display.HTML object>
```

	precision	recall	f1-score	support
E	0.71	0.85	0.77	20
K	0.86	0.73	0.79	26
accuracy			0.78	46
macro avg	0.79	0.79	0.78	46
weighted avg	0.80	0.78	0.78	46

A column-vector y was passed when a 1d array was expected. Please change the shape of y to (n_samples,) for example using ravel().

Şekil 4. 2. Random Forest Classifier algoritması veri sonuçları.

Bu üç algoritma, verilerimize en uygun ve en yüksek doğruluk oranını vermiştir. Makine öğrenme modelini oluşturan diğer tüm algoritmalar da verilerimiz üzerinde denenmiştir fakat doğruluk oranları ve tahmin yüzdeleri düşük kalmıştır. Dolayısıyla diğer algoritmaların veri kümemize uymadığı görülmüştür.

5. TARTIŞMA

Toplumları etkileyen doğal afetler, savaşlar, terör olayları ve kazalar gibi durumlarda, kimlik tespiti hayati bir öneme sahiptir. Bu tür olaylarda, kişilerin cinsiyetinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenmesi, kimliklerini saptamak için ilk adımdır. Cinsiyet tahmini, biyolojik özelliklerin kombinasyon olasılıklarını önemli ölçüde azaltarak kimlik tespit sürecini kolaylaştırır. Adli antropologlar için, cinsiyetin yanı sıra diğer biyolojik özellikler de büyük önem taşımaktadır (Scheuer, 2002).

Modern adli antropoloji alanında kullanılan çeşitli teknikler arasında, DNA teknolojisinin güvenilirliği öne çıkmaktadır. Ancak, bu teknolojinin pahalı olması, gelişmiş laboratuvar altyapısı ve deneyimli personel gerektirmesi, her biyolojik örneğin uygun olmaması ve sonuçların hızlı elde edilememesi gibi zorlukları bulunmaktadır. Buna karşın antropometri, cinsiyet tahmini için bir dizi avantaj sunmaktadır. Ucuz, kolay uygulanabilir, yüksek doğruluk ve geçerlilik sağlar. Ayrıca, gelişmiş laboratuvarlar gerektirmez, bu da hızlı sonuç alınabilmesine olanak tanır (Kahana & Hiss, 1997).

Cinsiyet tespiti çalışmalarında pelvis, kranyum, sternum, mandibula, metatarsal kemikler gibi birçok kemik kullanılmaktadır. Biyomekanik farklılık ve cinsiyet hormonlarının etkisi ile pelvis ve kranyum morfometrisi genellikle en dimorfik bölgeler olarak bilinir. Pelvis iskeleti, cinsiyet tahmininde en belirgin farklılıkları gösteren bölge olarak kabul edilmekte ve adli antropologlar tarafından tercih edilmektedir. Bu dimorfizmin temel nedeni, pelvis iskeletinin doğum morfolojisinden kaynaklanmaktadır. Östrojenler ve androjenler gibi cinsiyet hormonları, bireyin yaşam sürecinde çeşitli düzeylerde bulunur ve iskelet sistemi gelişimi üzerinde etkili olabilir. Kadınlarda, pelvis iskeletinin doğumu destekleyebilecek biyomekanik şartları sağlaması önemlidir. Zira doğum sürecinde bu yapı kritik bir rol oynar. Erkeklerde ise pelvis iskeleti, genel vücut büyüklüğünü taşıyabilmesi için gerekli biyomekanik özelliklere sahip olmalıdır. Bu biyomekanik farklılık ve hormonların etkisi, pelvis iskeletini cinsiyet tahmininde en belirgin dimorfik bölge yapan önemli faktörler arasında yer almaktadır (Correia ve ark., 2005).

Gonzalez ve ark. yetişkin iskelet kalıntılarının cinsiyet tahmini için geometrik morfometri ve çok değişkenli istatistik kullanmıştır. Geometrik morfometri ve çok değişkenli istatistik kullanımının cinsiyet tahmininde güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Rastgele seçilen 121 yetişkin sol kalça kemiği kullanılarak morfometrik analiz yapılmıştır. Sol kalça kemiği fotoğrafları kullanılarak büyük siyatik çentiğin ve iskiopubik bölgenin 2

boyutlu fotoğrafları çekilerek fotoğrafların üzerine yerleştirilen işaret ile sayısallaştırılmıştır. Incisura ischiadica major ve iskiopubik kompleks morfolojisi incelenerek yapılan ölçümlerin farklılıklarına dayalı analizlerin sırasıyla %90,9 ve %93,4 doğruluk ile cinsiyet tahmini sağladığı rapor edilmiştir. (Gonzalez ve ark., 2009).

Franklin ve ark. Batı Avustralyalı bireylerde iskelet pelvik dimorfizmini incelemek için pelvik ölçümlerinin cinsiyet tahminindeki doğruluğunu değerlendirmiştir. 200 erkek ve 200 kadından alınan pelvik tomografi taramalarından elde edilen veriler kullanılarak analiz yapılmıştır. Sonuçlar subpubik açının cinsiyet ayrımında en etkili veri olduğunu göstermiştir. Bu yöntemler kullanıldığında, cinsiyeti belirlemek için yüksek doğrulukla sınıflandırılabilir olarak tekrar nitelenmiştir (Franklin ve ark., 2014).

Jesse ve ark. yaptıkları retrospektif vaka-kontrol çalışması, sakroiliak eklem ağrısı olan ve olmayanları içermektedir. Çalışma bir hastanede gerçekleştirilmiştir ve tıbbi kayıtlar kullanılarak 370 hastanın verileri toplanmıştır. Kontrol grubu, acil serviste karın ağrısı nedeniyle BT taraması yapılan hastalardan rastgele seçilen 300 hastadan oluşmaktadır. Sakroiliak eklem ağrısı grubu ise, sakroiliak eklem anestezisi ve steroid enjeksiyonu uygulanmış olan 70 hastadan oluşmaktadır. Ağrı grubuna dahil edilecek hastalar, enjeksiyon sonrası ağrı rahatlaması yaşayan ve vizüel analog ağrı skoruna göre iyileşmesi olanlar arasından seçilmiştir. Kontrol grubundaki hastalar, bel veya kalça ağrısı belirtmişlerse çalışmaya dâhil edilmemişlerdir. Her hastanın sakroiliak eklemleri, AquariusNET yazılımı kullanılarak 3D formatında yeniden yapılandırılmıştır. Bu yapının alanları, radyologlar tarafından ölçülmüştür. Eklem şekli ve yüzey alanının, sakroiliak eklem ağrısıyla ilişkili olabileceği görülmüştür. Ancak bu ilişki cinsiyete bağlı olarak değişebildiği bulunmuştur (Jesse ve ark., 2017).

Valojerdy ve ark. yaptıkları çalışmada, 108 erkek ve 45 kadın kadavranın kemik örnekleri inceleyerek cinsiyet farklılıklarını tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmada, sakrumun genişlik özellikleri incelenmiştir. Aynı şekilde, asetabulumun boyutu, symphysis pubisten uzaklık gibi parametreler değerlendirilmiştir. Ayrıca, sakrum ve iliumun auriküler yüzeylerinin diğer özellikleri için de ölçümler yapılmış ve cinsiyetler arasındaki farklar istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, osteolojik özelliklerin cinsiyet belirleme için kullanılabileceğini ve bu özellikleri incelemek için birçok farklı ölçüm parametresinin kullanılabileceğini göstermektedir. Sakral auriküler yüzeyin hem alanı hem de uzunluğu erkeklerde daha büyük olduğu anlamlı bir fark gösterdiği bulunmuştur. İliak auriküler yüzeyin

alanı, çevresi ve uzunluğu erkeklerde yüksek oranda anlamlı ancak genişlik farkları anlamlı bulunmamıştır (Valojerdy & Hogg, 1989).

Gulhan ve ark. İstanbul'da bir hastaneden temin edilen, yaşları 20-80 arasında değişen 100 erkek ve 100 kadının femuruna ait bilgisayarlı tomografi görüntülerini almışlardır. 3 boyutlu görüntülerin de kullanıldığı tomografi görüntülerinde 13 ayrı parametrenin ölçümü yapılmıştır. Sonuçlar, erkek ve kadınlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, cinsiyet ile en güçlü korelasyona sahip ölçümler epikondiler genişlik, femur dikey boyun çapı ve dikey baş çapı olarak tespit edilmiştir. Bu üç değişkenin birlikte kullanılmasıyla, analizin orijinal veriler için %91 ve çapraz doğrulamalı veriler için %90,5 doğruluk elde ettiği görülmüştür (Gulhan ve ark., 2015).

Clavero ve ark. bilgisayarlı tomografi görüntülerine dayalı bir cinsiyet tahmin modeli elde etmek için proksimal femur epifizleri ve os coxae ölçümlerini kullanılmıştır. 114 İspanyol (58 kadın ve 56 erkek) üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen tahmin denklemi, bu bireylerin %99,1'ini doğru bir şekilde sınıflandırmıştır. En açıklayıcı üç değişkene indirgenen denklem, %98,3 oranında doğru sınıflandırma sağlamıştır. Değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu gözlemlenmiş, femur ve pelvis tarafından sağlanan bilgilerin cinsiyet tahmininin kesinliği açısından birlikte kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır (Clavero ve ark., 2015).

Patil ve ark. yaşları 18 ile 70 arasında değişen 509 kişinin çene radyografisini çeşitli morfometrik parametrelerle değerlendirmiştir. Erkekler ve kadınlar arasında yapılan ölçüm parametreleri değerlendirilerek cinsiyet tahmini yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışma, diskriminant analizi ve lojistik regresyon yöntemlerinin yanı sıra yapay sinir ağlarının iki standart cinsiyet belirleme yöntemiyle analiz edildiğini göstermektedir. Diskriminant analizi, özellikle cinsiyet ayrımı için iyi sonuçlar veren ve daha önce de uygulanmış bir yöntemdir. Lojistik regresyon ise %69,9'luk bir doğruluk oranı sağlamaktadır. Ancak yapılan analizler sonucunda, yapay sinir ağı yöntemi en iyi sonucu vererek %75'lik bir doğruluğa ulaşmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, yapay sinir ağları kullanarak cinsiyet tahmininin diğer yöntemlere göre daha iyi olduğunu göstermektedir (Patil ve ark., 2020).

Senol ve ark. yaşları 27 ila 60 yaş aralığındaki toplam 263 bireyin (135 kadın ve 128 erkek) birinci ve beşinci metatarsal ve falanks kemiklerinin radyolojik görüntüleri üzerinde yapılan morfometrik ölçümleri kullanarak cinsiyet tahmini için makine öğrenmesi algoritmalarını kullanmıştır. 2021 yılında hastaneye başvuran bireylerden metatarsal

kemiklerde patoloji, kırık, tümör veya dejenerasyon olan bireyler dışlanarak rastgele seçim yapılmıştır. Pelvis ve kafatasının bulunmadığı durumlarda yapılan diğer çalışmalarla kıyaslayarak cinsiyet tahmininin %85'in üstünde doğru olduğunu, metatarsal kemiklerin patellaya kıyasla cinsiyet tahmini için daha güvenilir ve geçerli olduğunu tespit ettiğini belirtmiştir (Senol ve ark., 2023).

Öner ve ark. 2015 ve 2019 yılları arasında çeşitli klinik endikasyonlarla hastaneye başvuranların alt ekstremitte bilgisayarlı tomografi görüntülerini incelemiştir. 219 erkek ve 131 kadın çalışmaya dâhil edilmiştir. Kemik deformiteleri olan ve ameliyat geçmişi olanlar çalışmaya dâhil edilmemiştir. Patellaya odaklanan görüntüler, farklı düzlemlerde incelenmiş ve patellanın uzunluğu ölçülmüştür. Patellar hacim hesaplanmış ve ölçümler üç kopya halinde yapılarak doğruluk ve tutarlılık sağlanmıştır. Erkeklerin ve kadınların ölçümleri arasındaki farkı belirlemek için temel istatistiksel analizler kullanılmıştır. Mann-Whitney U testi sonucunda, erkeklerin yaşları ve yapılan bazı ölçüm değerleri kadınlardan daha yüksek olduğu ve cinsiyete bağlı anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Patella ölçümlerine dayalı cinsiyet tahmininde, patellanın uygun bir kemik olduğunu belirlemişlerdir (Öner ve ark., 2021).

Secgin ve ark. yaşları 25 ile 50 arasında değişen 150 kadın ve 150 erkeğin bilgisayarlı tomografi görüntülerini almışlardır. Pelvise ait tomografi görüntülerinde pelvik iskelet patolojisi olanları çalışmaya dahil etmemişlerdir. 35 farklı parametrenin değerlendirildiği çalışmada, Karar Ağacı algoritması kullanılarak yapılan analizde, modelin %93 doğruluk, %95 duyarlılık, %90 özgüllük ve %86 Matthews Korelasyon Katsayısı (Mcc) elde ettiği belirlenmiştir. Bu çalışma, pelvik iskelet parametrelerinin BT görüntülerinden ölçülmesiyle cinsiyet tahmininde Karar Ağacı algoritmasının kullanılabileceğini göstermektedir. Daha önceki çalışmalarda, sadece Doğruluk (Acc) kullanılıyordu ancak bu tek başına yeterli bir performans ölçütü değildir. Bu nedenle bu çalışmada Matthews Korelasyon Katsayısı (Mcc) kullanılmıştır çünkü Acc, Özgüllük (Spe) ve Duyarlılık (Sen) değerlerini aynı anda yansıtır. Sonuçlar, Karar Ağacı algoritmasının %91-93 doğrulukla cinsiyet tahmini için kullanılabileceğini göstermiştir (Secgin ve ark., 2021).

Literatürde pelvis iskeleti morfometrik ölçümleri 2 boyutlu olarak yapılarak %98'e varan doğruluk ile tespit edilebilmiştir. Biz de çalışmamızda 2 boyutlu görüntünün yanı sıra 3 boyutlu görüntüden elde edilen veriler üzerinde yapılan morfometrik ölçümlerle makine öğrenme algoritmalarının kullanılarak çok daha yüksek oranda doğru tahminde

bulunulabileceği varsayımı ile kullanarak ölçümler yaptık. Bulduğumuz sonuçlarda 3 boyutlu verilerin makine öğrenmesindeki tahminin doğruluğunu arttırmadığı gösterilmiştir.





6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada LFASA, LFAA, ASID, ASIAV, ASIJS, LSIAD, LSISPS, LSISPI gibi morfometrik ölçümlerin yaş ve cinsiyet tayini açısından değerlendirmek hedeflenmiştir. Bilgisayarlı tomografi üzerinden elde edilen 2 ve 3 boyutlu görüntülerin kullanıldığı çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir:

Sakroiliak eklem boşluğu erkeklerde kadınlara oranla anlamlı derecede yüksek çıktı. Bu sonuç literatür ile aynı doğrultudadır. Diğer ölçümlerde cinsiyetler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunamamıştır.

Her iki cinsiyette de en çok görülen sakroiliak eklem tipi standart tip eklemdir. Erkeklerde ikinci sırada en çok görülen eklem tipi iliosakral kompleks olurken iki parçalı iliak kemik varyasyonuna hiç rastlanmamıştır. Kadınlarda ikinci sırada en çok görülen eklem tipi ise semisirküler defektir.

ASID'ın LSIAD, LSISPS, LSISPI ile LFASA'nın LSISPS ve LSISPI ile LSIAD'ın LSISPS ve LSISPI ile LSISPS'nin ise LSISPI ve LFAA ile kuvvetli pozitif korele olduğu istatistik analiz ile tespit edilmiştir.

Makine öğrenme algoritmalarından DVM algoritması ile sakroiliak eklem boşluğu ölçümü ile %87 oranında doğru cinsiyet tahmini elde edilmiştir. İkinci sırada ise yine aynı algoritma ile sakrumdaki eklem yüzey alanının ölçümü vardır. Literatürde 3 boyutlu görüntüler üzerinden yapılan morfometrik ölçümlerin yer aldığı çalışmaların çok sınırlı olması sebebiyle çalışmamızın bu alana ilgiyi arttırabileceği kanaatindeyiz. Makine öğrenimi her ne kadar cinsiyet belirlemede daha yüksek oranda doğruluk veriyor olsa da, yeterli sayıda bilgi girişi ile makine öğrenme eğitiminin yapıldığı takdirde yaş tayini konusunda değerli tahminler yapacağı ve mevcut cinsiyet tahmini doğruluk oranlarının artacağı kanaatindeyiz.



7. KAYNAKLAR

- Albee, F. H. (1909). A study of the anatomy and the clinical importance of the sacroiliac joint. *Journal of the American Medical Association*, 53(16), 1273-1276.
- Arıncı, K., & Elhan, A. (2014). *Anatomi: kemikler, eklemler, kaslar, iç organlar*. Güneş Tıp Kitabevleri.
- Ashton-Miller, J. A., & DeLancey, J. O. (2007). Functional anatomy of the female pelvic floor. *Annals of the new york academy of sciences*, 1101(1), 266-296.
- Atılğan, M., & Akkoyun, M. (2017). Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalından Yaş Tayini İstenen Olguların Değerlendirilmesi. *Adli Tıp Bülteni*, 22(1), 34-39.
- Ayodele, T. O. (2010). Types of machine learning algorithms. *New advances in machine learning*, 3, 19-48.
- Best, K. C., Garvin, H. M., & Cabo, L. L. (2018). An investigation into the relationship between human cranial and pelvic sexual dimorphism. *Journal of forensic sciences*, 63(4), 990-1000.
- Bonaccorso, G. (2017). *Machine learning algorithms*. Packt Publishing Ltd.
- Bradley, K. C. (1974). The anatomy of backache. *Australian and New Zealand Journal of Surgery*, 44(3), 227-232.
- Brooke, R. (1924). The sacro-iliac joint. *Journal of anatomy*, 58(Pt 4), 299.
- Carlson, B. M. (2018). *Human embryology and developmental biology*. Elsevier Health Sciences.
- Chen, S., Webb, G. I., Liu, L., & Ma, X. (2020). A novel selective naïve Bayes algorithm. *Knowledge-Based Systems*, 192, 105361.
- Clavero, A., Salicrú, M., & Turbón, D. (2015). Sex prediction from the femur and hip bone using a sample of CT images from a Spanish population. *International Journal of Legal Medicine*, 129, 373-383.
- Cole, J. D., Blum, D. A., & Ansel, L. J. (1996). Outcome after fixation of unstable posterior pelvic ring injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 329, 160-179.
- Correia, H., Balseiro, S., & De Areia, M. (2005). Sexual dimorphism in the human pelvis: testing a new hypothesis. *Homo*, 56(2), 153-160.
- Dar, G., & HersHKovitz, I. (2006). Sacroiliac joint bridging: simple and reliable criteria for sexing the skeleton. *Journal of forensic sciences*, 51(3), 480-483.
- Diemerbroeck, I. D. (1689). *The anatomy of human bodies*. London: William Salmon.
- Decker, S. J., Foley, R., Hazelton, J. M., & Ford, J. M. (2019). 3D analysis of computed tomography (CT)–derived lumbar spine models for the estimation of sex. *International journal of legal medicine*, 133, 1497-1506.
- Ebraheim, N. A., & Biyani, A. (2003). Percutaneous computed tomographic stabilization of the pathologic sacroiliac joint. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007), 408, 252-255.
- Fortin, J. D., Kissling, R. O., O'Connor, B. L., & Vilensky, J. A. (1999). Sacroiliac joint innervation and pain. *American Journal Of Orthopaedics-Belle Mead-*, 28(12), 687-690.
- Franklin, D., Cardini, A., Flavel, A., & Marks, M. K. (2014). Morphometric analysis of pelvic sexual dimorphism in a contemporary Western Australian population. *International journal of legal medicine*, 128, 861-872.
- Gonzalez, P. N., Bernal, V., & Perez, S. I. (2009). Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic science international*, 189(1-3), 68-74.
- Gray, H. (1938). Sacroiliac joint pain: finer anatomy, mobility and axes of rotation. Etiology, diagnosis and treatment by manipulation. *Int Clin*, 2, 54-96.

- Grob, K. R., Neuhuber, W. L., & Kissling, R. O. (1995). Innervation of the sacroiliac joint of the human. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 54(2), 117-122.
- Gulhan, O., Harrison, K., & Kiris, A. (2015). A new computer-tomography-based method of sex estimation: Development of Turkish population-specific standards. *Forensic science international*, 255, 2-8.
- Hanson, P., & Sonesson, B. (1994). The anatomy of the iliolumbar ligament. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 75(11), 1245-1246.
- Jesse, M. K., Kleck, C., Williams, A., Petersen, B., Glueck, D., et al. (2017). 3D morphometric analysis of normal sacroiliac joints: a new classification of surface shape variation and the potential implications in pain syndromes. *Pain Physician*, 20(5), E701.
- Kahana, T., & Hiss, J. (1997). Identification of human remains: forensic radiology. *Journal of clinical forensic medicine*, 4(1), 7-15.
- Rauber, A. (1930). *Rauber-Kopsch Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen* (Vol. 1). G. Thieme.
- Liu, X., Faes, L., Kale, A. U., Wagner, S. K., Fu, D. J., et al. (2019). A comparison of deep learning performance against health-care professionals in detecting diseases from medical imaging: a systematic review and meta-analysis. *The lancet digital health*, 1(6), e271-e297.
- Lynch, F. (1919). The pelvic articulations during pregnancy, labor, and the puerperium: an X-ray study. *Transactions of the American Gynecological Society*. Philadelphia: American Gynecological Society, 136.
- Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms-a review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(1), 381-386.
- McGrath, M. C., & Zhang, M. (2005). Lateral branches of dorsal sacral nerve plexus and the long posterior sacroiliac ligament. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 27, 327-330.
- Meyer, G. H. (1878). Der Mechanismus der Symphysis sacro-iliaca. *Arch Anat U Physiol*, 1, 1-19.
- Moffett, B. C. (1957). The prenatal development of the human temporomandibular joint. *Carnegie Contrib Embryol*, 36, 19-28.
- Moore, A. E., Jeffery, R., Gray, A., & Stringer, M. D. (2010). An anatomical ultrasound study of the long posterior sacro-iliac ligament. *Clinical Anatomy*, 23(8), 971-977.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. (2013). *Clinically oriented anatomy*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Mosavi, A., Ozturk, P., & Chau, K. W. (2018). Flood prediction using machine learning models: Literature review. *Water*, 10(11), 1536.
- Muche, B., Bollow, M., Francois, R. J., Sieper, J., Hamm, B., et al. (2003). Anatomic structures involved in early-and late-stage sacroiliitis in spondylarthritis: a detailed analysis by contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Arthritis & Rheumatism*, 48(5), 1374-1384.
- Öner, S., Turan, M., Öner, Z. (2021). Estimation of gender by using decision tree, a machine learning algorithm, with patellar measurements obtained from MDCT images. *Medical Records*, 3(1), 1-9.
- Patel, N., Gross, A., Brown, L., & Gekht, G. (2012). A randomized, placebo-controlled study to assess the efficacy of lateral branch neurotomy for chronic sacroiliac joint pain. *Pain Medicine*, 13(3), 383-398.
- Patil, V., Vineetha, R., Vatsa, S., Shetty, D. K., Raju, A., et al. (2020). Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: A comparative retrospective study. *Cogent Engineering*, 7(1), 1723783.
- Pisor, A. C., & Surbeck, M. (2019). The evolution of intergroup tolerance in nonhuman primates and humans. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 28(4), 210-223.
- Prassopoulos, P. K., Fafila, C. P., Voloudaki, A. E., & Gourtsoyiannis, N. C. (1999). Sacroiliac joints: anatomical variants on CT. *Journal of computer assisted tomography*, 23(2), 323-327.
- Pool-Goudzwaard, A., van Dijke, G. H., Mulder, P., Spoor, C., Snijders, C., et al. (2003). The iliolumbar ligament: its influence on stability of the sacroiliac joint. *Clinical Biomechanics*, 18(2), 99-105.

- Sashin, D. (1930). A critical analysis of the anatomy and the pathologic changes of the sacro-iliac joints. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 12(4), 891-910.
- Saukko, P., Knight, B. (2015). *Knight's forensic pathology*. CRC press.
- Scheuer, L. (2002). Application of osteology to forensic medicine. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 15(4), 297-312.
- Schunke, G. B. (1938). The anatomy and development of the sacro-iliac joint in man. *The Anatomical Record*, 72(3), 313-331.
- Schunke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2016). *Prometheus Atlas Anatomi Manusia Organ Dalam*. EGC.
- Secgin, Y., Oner, Z., Turan, M. K., & Oner, S. (2021). Gender prediction with parameters obtained from pelvis computed tomography images and decision tree algorithm. *Medicine Science International Medical Journal*, 10(2), 356-361.
- Senol, D., Bodur, F., Secgin, Y., Bakıcı, R. S., Sahin, N. E., et al. (2023). Sex prediction with morphometric measurements of first and fifth metatarsal and phalanx obtained from X-ray images by using machine learning algorithms. *Folia Morphologica*, 82(3), 704-711.
- Solonen, K. A. (1957). The sacroiliac joint in the light of anatomical, roentgenological and clinical studies. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 28(sup27), 3-127.
- Standring, S., Ellis, H., Healy, J., Johnson, D., Williams, A., et al. (2005). *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice*. *American journal of neuroradiology*, 26(10), 2703.
- Steinke, H., Hammer, N., Slowik, V., Stadler, J., Josten, C., et al. (2010). Novel insights into the sacroiliac joint ligaments. *Spine*, 35(3), 257-263.
- Stewart, T. D. (1984). Pathologic Changes in Aging Sacroiliac Joints: A Study of Dissecting-room Skeletons. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 183, 188-196.
- Şahiner, Y. (2007). Erkek ve bayanlarda kafatası kemiğinden geometrik morfometri metoduyla cinsiyet tayini (Publication No. 195162) [Master's thesis, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü].
- Teran-Garza, R., Verdines-Perez, A. M., Tamez-Garza, C., Pinales-Razo, R., Vilchez-Cavazos, J. F., et al. (2021). Anatomical variations of the sacro-iliac joint: a computed tomography study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 43, 819-825.
- Töndury, G. (1970). *Angewandte und topographische Anatomie*. 4. Aufl., Stuttgart: G.
- Üstündağ, H., & Yazıcıoğlu, G. B. (2014). The history of physical anthropology in Turkey. *Archaeological Human Remains: Global Perspectives*, 199-211.
- Valojerdy, M. R., & Hogg, D. A. (1989). Sex differences in the morphology of the auricular surfaces of the human sacroiliac joint. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 2(2), 63-67.
- Vleeming, A., Schuenke, M. D., Masi, A. T., Carreiro, J. E., Danneels, L., et al. (2012). The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *Journal of anatomy*, 221(6), 537-567.
- Vora, A. J., Doerr, K. D., & Wolfer, L. R. (2010). Functional anatomy and pathophysiology of axial low back pain: disc, posterior elements, sacroiliac joint, and associated pain generators. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 21(4), 679-709.
- Waschke, J., Böckers, T. M., & Paulsen, F. (Eds.). (2019). *Sobotta Lehrbuch Anatomie*. Elsevier Health Sciences.
- Weisl, H. (1955). The movements of the sacro-iliac joint. *Cells Tissues Organs*, 23(1), 80-91.
- Willard, F. (1998). The long posterior interosseous ligament and the sacrococcygeal plexus. In *Third Interdisciplinary World Congress on Low Back and Pelvic Pain*; 1998.
- Yamamoto, I., Panjabi, M. M., Oxland, T. R., & Crisco, J. J. (1990). The role of the iliolumbar ligament in the lumbosacral junction. *Spine*, 15(11), 1138-1141.

Zeyfeoglu, Y., & Hancı, İ. H. (2001). İnsanlarda kimlik tespiti. Türk Tabipleri Birlięi Sürekli Tıp Eęitimi Dergisi, 375.



8. EKLER

8.1. Etik Kurul Kararı

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Sayısı: 170

Toplantı Tarihi: 17 Şubat 2023

Karar Sayısı:2023/4206:(13077) N.E.Ü. Meram Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKCİBAŞI'nın "Sakroiliak Eklem Morfometrisi ve Varyasyon Tipleri ile Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Cinsiyet ve Yaş Tayini (Using Machine Learning Techniques With Sacroiliac Joint Morphometry and Variation Types to Determine Age And Gender)" başlıklı yüksek lisans tez çalışması ile ilgili 14.02.2023 tarihli dilekçesi ve ekleri görüşüldü, Fzt. Orhan Gazi KOCAMIŞ'ın retrospektif uzmanlık tez çalışmasının) N.E.Ü. Meram Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKCİBAŞI'nın sorumluluğunda yürütülmesinin uygun olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

Not: Çalışma ile ilgili gerekli izinlerin alınması ve yasal sorumluluk araştırmacılara aittir.

Sorumlu Araştırmacı: Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKCİBAŞI

Yardımcı Araştırmacılar: Fzt. Orhan Gazi KOCAMIŞ, Doç. Gülay AÇAR, Uzm. Dr. Betül DİĞİLLİ AYAŞ, Prof. Dr. Demet AYDOĞDU

ASLI GİBİDİR
17.02.2023

Prof. Dr. Saim AÇIKGÖZOĞLU
İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurul Başkanı