



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Anatomi Anabilim Dalı
Anatomi

[Doktora Tezi]

**TÜRK POPÜLASYONUNDA MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI
KULLANILARAK MDBT GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE SCAPULA'NIN
ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ İLE CİNSİYET TAHMİNİ**

Halide TEMELCİ
ORCID: 0000-0002-1314-6485

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

İkinci Danışman
Doç. Dr. Zülal ÖNER
ORCID: 0000-0003-0459-1015

Konya – 2024



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca tecrübelerini aktaran, desteğini her zaman hissettiğim, hoşgörüsünü, sıcak kanlılığını, iletişimini, güler yüzünü, “Ben size hem Anatomi dersini hem de Anatomiye sevmeyi öğreteceğim” sözü ile öğrencilere yaklaşan ve benim de öğrenilen bilgileri en güzel şekilde nasıl aktaracağımı öğreten, kendisiyle çalışmaktan ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI’na,

Çalışkanlığı, üretkenliği, azmi, akademide sürekli yeni deneyimler kazandırması, bana her zaman yol gösteren, hem bilimsel olarak hem de tüm akademik faaliyetler adına kendisinden çok şey öğrendiğim ve öğreneceğim, kendisiyle tanışmış olmaktan ve çalışmaktan onur duyduğum kıymetli eş danışmanım Doç. Dr. Zülal ÖNER’e,

Omuz bölgesi radyolojik görüntülerinin elde edilmesinde, bilgi ve tecrübelerini paylaşan Doç. Dr. Serkan ÖNER’e,

Doktora eğitimim süresince akademik hayatıma bilgi ve tecrübeleri ile katkıları olan Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı’ndaki ve İzmir Bakırçay Üniversitesi Tıp Fakültesi’ndeki kıymetli hocalarıma,

Neşesi ile bana hep destek olan, akademik hayatını her zaman örnek aldığım ve alacağım canım hocam Prof. Dr. Ceylan AYADA’ya ve Doç. Dr. Gülay AÇAR’a, çalışmamın verilerinin analiz edilmesinde ve her aşamasında bana yardımcı olan Arş. Gör. Yusuf SEÇGİN’e ve Arş. Gör. Burak KESKİN’e, akademik hayatımda desteklerini hep hissettiğim, birlikte çalışma fırsatı yakaladığım sevgili asistan arkadaşlarıma, kıymetli personellerimize ve sekreterlerimize,

Mesleğimi ve anatomiye daha da çok sevmeme sebep olan, anlamlı kılan, geleceğe dair her geçen gün umutla yaklaşmamı sağlayan tüm öğrencilerimize çok teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında duaları ile yanımda olan canım babaanneme ve canım anneanneme çok teşekkür ediyorum. Doktora eğitim dönemimde kaybettiğim canım dedem Ali İŞCAN’ı özlemle anıyorum. En büyük teşekkürü ise akademik hayatım boyunca eğitimimin her aşamasında maddi ve manevi her konuda bana destek olan canım babam Ünal TEMELCİ ve canım annem Hatice TEMELCİ’ye, sevgili ablam Hadiye TEMELCİ ve biricik kız kardeşim Hilal TEMELCİ’ye teşekkür ediyorum.

Haziran, 2024

Halide TEMELCİ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TEZ ONAY SAYFASI.....	vi
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU	vii
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Antropoloji	3
2.2 Kimlik Tespiti veya Kimliklendirme	3
2.3 Kimlik Tespitinde Cinsiyet Tayininin Önemi	3
2.4 Cinsiyet Tespitinde Scapula'nın Önemi.....	4
2.5 Scapula'nın Embriyolojik Gelişimi.....	4
2.6 Scapula'nın Ossifikasyon Merkezleri	5
2.7 Scapula'nın Anatomisi	6
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	13
3.1. Çalışma Grubu ve Demografik Veriler	13
3.2. Görüntülerin Alınması ve İncelenmesi	13
3.3. Görüntü Analiz Yöntemleri.....	13
3.4. Ölçüm Parametreleri	14
3.5. Makine Öğrenmesi Algoritmaları	18
3.5.1. Karar Ağacı (Decision Tree, KA)	19
3.5.2. Lojistik Regresyon (Logistic Regresyon, LR)	20
3.5.3. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classification, GNB) .	20
3.5.4. Rastgele Orman (Random Forest, RO)	20
3.5.5. K- En Yakın Komşular Algoritması (k-Nearest Neighbors Algorithm, k-EYKA).....	20
3.5.6. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Tree Classifier, EAS).....	21
3.5.7. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis, DDA).....	21
3.5.8. Kuadratik Diskriminant Analizi (Quadratic Discriminant Analysis, KDA)	21

3.5.9. Performans ölçütleri	21
3.6. İstatiksel Analiz.....	22
4. BULGULAR	23
5. TARTIŞMA	33
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
6.1. Sonuç.....	39
6.2. Öneriler.....	39
7. KAYNAKLAR.....	41
8. EKLER.....	45
8.1. Etik Kurul Onayı	45



TEZ ONAY SAYFASI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi **Halide TEMELCİ**'nin “**Türk Popülasyonunda Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak MDBT Görüntüleri Üzerinde Scapula'nın Antropometrik Ölçümleri ile Cinsiyet Tahmini**” başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Konya / 27/06/2024

Tez Danışmanı	Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Gülay AÇAR Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Demet AYDOĞDU Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Dahili Tıp Bilimleri Bölümü Radyoloji Anabilim Dalı
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Taner ZİYYAN KTO Karatay Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Şerife ALPA KTO Karatay Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı

Yukarıdaki tez, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 10/07/2024 tarih ve 14/12 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasibe VURAL

Enstitü Müdürü

TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

“Türk Popülasyonunda Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak MDBT Görüntüleri Üzerinde Scapula'nın Antropometrik Ölçümleri ile Cinsiyet Tahmini” başlıklı tez çalışmamın toplam **36** sayfalık kısmına ilişkin 15.05.2024 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%1** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez kabul sayfası hariç
2. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
3. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
4. Önsöz hariç
5. İçindekiler hariç
6. Simgeler ve kısaltmalar hariç
7. Materyal ve metot hariç
8. Kaynaklar hariç
9. Alıntılar dahil
10. 7 kelimedenden 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 (%20) 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.

15/05/2024

Halide TEMELCİ

Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI

BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

27/06/2024

Halide TEMELCİ

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAIM	: Acromion—angulus inferior arası mesafe
Acc	: Accuracy (Doğruluk)
Art.	: Articulatio
AG	: Acromion maksimum genişliği
AU	: Acromion maksimum uzunluğu
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CGAIM	: Cavitas glenoidalis—angulus inferior arası mesafe
CGG	: Cavitas glenoidalis genişliği
CGU	: Cavitas glenoidalis uzunluğu
DDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
DICOM	: Digital Imaging and Communications in Medicine
EAS	: Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması
F1	: F1 skoru
FIY	: Fossa infraspinata'nın yüksekliği
FN	: False Negative (Yanlış negatif)
FP	: False Positive (Yanlış pozitif)
FSY	: Fossa supraspinata'nın yüksekliği
GNB	: Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması
Inc.	: Incisura
KA	: Karar Ağacı
KDA	: Kuadratik Diskriminant Analizi
K-EYKA	: K-En Yakın Komşular Algoritması
Lig.	: Ligamentum
LR	: Lojistik Regresyon
M.	: Musculus
MLK	: Margo lateralis kalınlığı

MDBT	: Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi
ML	: Machine Learning (Makine Öğrenmesi)
N.	: Nervus
PACS	: Picture Archiving Communication Systems
PCAIM	: Processus corocoideus—angulus inferior arası mesafe
Proc.	: Processus
RO	: Rastgele Orman
Sen	: Sensitivity (Duyarlılık)
SMG	: Scapula'nın maksimum genişliği
SMU	: Scapula'nın maksimum uzunluğu
Spe	: Specificity (Özgüllük)
SSU	: Spina scapulae uzunluğu
TN	: True Negative (Gerçek negatif)
TP	: True Positive (Gerçek pozitif)

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri ve cinsiyet açısından karşılaştırmaları	23
Tablo 4.2. Cinsiyet açısından parametreler arası ilişki.....	24
Tablo 4.3. Makine öğrenme algoritmaları kullanılarak elde edilen cinsiyet tahmini performans ölçütleri.....	26
Tablo 4.4. EAS, GNB, KA ve k-EYKA ML algoritmalarına ait ROC eğrileri	27
Tablo 4.5. DDA, LR, KDA ve RO ML algoritmalarına ait ROC eğrileri	28
Tablo 4.6. Makine öğrenme algoritmaları sonucunda EAS, DDA, KA ve RO modellerine ait elde edilen confusion matrix tablosu (*A: EAS, B: DDA, C: KA, D: RO)	29
Tablo 4.7. Makine öğrenme algoritmaları sonucunda LR, KDA, k-EYKA ve GNB modellerine ait elde edilen confusion matrix tablosu (*A: LR, B: KDA, C: k-EYKA, D: GNB).....	30



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. 4-8. Haftalarda üst ekstremitte kemiklerinin yapılarının gelişimi; şematik uzunlamasına kesitler (Paulsen ve Waschke, 2011).....	5
Şekil 2.2. Scapula'nın ossifikasyon merkezleri (Schünke ve ark., 2009).....	6
Şekil 2.3. Scapula'nın costa'lar üzerindeki konumu (https://www.anatomystandard.com/).....	6
Şekil 2.4. Scapula'nın sağ dış yandan görünümü (https://www.anatomystandard.com/).	7
Şekil 2.5. Scapula'nın facies posterior'dan görünümü (Gilroy ve MacPherson, 2021).	8
Şekil 2.6. Scapula'nın facies anterior'dan görünümü ve yapıları (Gilroy ve MacPherson, 2021).	9
Şekil 2.7. Scapula'nın facies posterior'da bulunan yapıları (Paulsen ve Waschke, 2011).....	10
Şekil 2.8. Scapula'nın facies posterior'dan bakıldığında kenarları (https://www.anatomystandard.com/).....	11
Şekil 3.1. 3D Volume Rendering demonstrasyonu	14
Şekil 3.2. Scapula'nın maksimum uzunluk (SMU) ve genişlik (SMG) ölçüm parametreleri	14
Şekil 3.3. Spina scapulae uzunluk (SSU) ölçüm parametresi.....	15
Şekil 3.4. Cavitas glenoidalis ile angulus inferior arası mesafe (CGAIM) ölçüm parametresi.....	15
Şekil 3.5. Cavitas glenoidalis uzunluk (CGU) ve genişlik (CGG) ölçüm parametreleri.....	16
Şekil 3.6. Scapula'nın margo lateralis kalınlığı (MLK) ve acromion maksimum uzunluk (AU) ölçüm parametreleri	16
Şekil 3.7. Acromion maksimum genişlik (AG) ölçüm parametresi	17
Şekil 3.8. Proc. coracoideus—angulus inferior arası mesafe (PCAIM) ve acromion—angulus inferior arası mesafe (AAIM) ölçüm parametreleri	17
Şekil 3.9. Fossa supraspinata yükseklik (FSY) ve fossa infraspinata yükseklik (FIY) ölçüm parametreleri	18
Şekil 4.1. RO algoritmasının SHAP çözümleyicisi model çıktısı üzerindeki etkisi (*Feature 0: yaş, 1: SMU, 2: SMG, 3: SSU, 4: CGAIM, 5: FSY, 6: FIY, 7: AG, 8:AU, 9: CGU, 10: CGG, 11: MLK, 12: PCAIM, 13: AAIM)	31

ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Anatomi Anabilim Dalı
Anatomi
[Doktora Tezi]

TÜRK POPÜLASYONUNDA MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK MDBT GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE SCAPULA'NIN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ İLE CİNSİYET TAHMİNİ

Halide TEMELCİ

Konya-2024

Amaç: Adli Tıp ve Adli Antropoloji Anabilim Dalı'nda cinsiyetin tespit edilmesi için yapılan çalışmalar çok önemlidir. Scapula yaşam boyunca çok az değişiklik gösterir ve tamamen kaslarla çevrili olmasından dolayı ölüm sonrasında aşındırıcı değişikliklere karşı dirençli bir kemiktir. Çalışmamızda Türk popülasyonuna ait Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT) görüntülerinden alınan parametrelerle makine öğrenmesi (Machine Learning, ML) algoritmaları kullanılarak scapula'dan cinsiyet tahmininin gerçekleştirilmesi amaçlandı.

Yöntem: İzmir Bakırçay Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı arşivinde bulunan 2018-2022 yılları arasında MDBT çekilmiş, yaşları 20 ile 60 arasında 300 (150 kadın-150 erkek) hastanın görüntüleri retrospektif olarak taranarak değerlendirildi. 20 yaş altı ve 60 yaş üstü, bu bölgede daha önce travma geçiren, kemik ve eklem hastalıkları olan, omuz ve scapula çevresi cerrahi işlem geçiren hastalar çalışma dışı tutuldu. Scapula'ya ait MDBT görüntüleri üzerinden koronal ve sagittal düzlemlerde 13 parametrenin (scapula'nın maksimum uzunluğu, scapula'nın maksimum genişliği, spina scapulae uzunluğu, cavitas glenoidalis uzunluğu, cavitas glenoidalis genişliği, processus coracoideus - angulus inferior arası mesafe, acromion-angulus inferior arası mesafe, cavitas glenoidalis - angulus inferior arası mesafe, margo lateralis kalınlığı, fossa supraspinata'nın yüksekliği, fossa infraspinata'nın yüksekliği, acromion maksimum uzunluğu, acromion maksimum genişliği) ölçümü yapıldı. Ölçümler sonucu elde edilen veriler ML ile analiz edildi.

Bulgular: Tüm parametrelerin medyan değerinin erkeklerde fazla olduğu tespit edildi. Verilerin cinsiyet açısından karşılaştırılmasında scapula üzerinde ölçülen tüm parametrelerin anlamlı bir farka sahip olduğu bulundu ($p<0,05$). ML modelleri kullanılarak cinsiyet açısından en yüksek doğruluk oranının Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması ile %100 olduğunu; Karar Ağacı, Lojistik Regresyon, Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması, Rastgele Orman, K- En Yakın Komşular Algoritması, Doğrusal Diskriminant Analiz ve Kuadratik Diskriminant Analiz ile %97 doğruluk oranı olduğu tespit edildi. Rastgele Orman algoritmasının SHAP çözümleyicisi kullanılarak her bir parametrenin genel sonuca etkisi değerlendirildi ve fossa supraspinata'nın yükseklik parametresinin doğruluğa en büyük katkısı olduğu tespit edildi.

Sonuç: Çalışma sonucu olarak; scapula morfometrisinin ML analizleri ile cinsiyet tayini gerçekleştirildiğinde, literatürde en güvenilir kemik olarak görülen pelvis morfometrisinden daha güvenilir ve daha doğru sonuçlar elde edilebileceği kanaatindeyiz. Çalışmamızın adli bilimlere ve literatüre büyük katkı sunacağını düşünüyoruz.

Anahtar kelimeler: Bilgisayarlı tomografi, Cinsiyet tayini, Makine öğrenme algoritmaları, Scapula.

ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Health Sciences
Department of Anatomy
Anatomy
[Doctoral Thesis]

GENDER PREDICTION IN TURKISH POPULATION WITH ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS OF SCAPULA ON MDCT IMAGES USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Halide TEMELCİ

Konya-2024

Objective: Studies conducted in the Department of Forensic Medicine and Forensic Anthropology to determine gender are very important. The scapula changes little during life and is a bone that is resistant to erosive changes after death, as it is completely surrounded by muscles. In our study, we aimed to predict gender from the scapula using machine learning (ML) algorithms with parameters taken from Multidetector Computed Tomography (MDCT) images of the Turkish population.

Methods: The study was evaluated retrospectively by scanning the images of 300 (150 female-150 male) patients between the ages of 20 and 60 who underwent MDCT between 2018 and 2022 in the archives of the Department of Radiology, Faculty of Medicine, İzmir Bakırçay University. Patients under the age of 20 and above the age of 60, who had previous trauma in this region, who had bone and joint diseases, and who had undergone surgical procedures around the shoulder and scapula were excluded from the study. On CT images of the scapula, 13 parameters (maximum length of scapula, maximum width of scapula, spina scapulae length, cavitas glenoidalis length, cavitas glenoidalis width, distance between processus coracoideus - angulus inferior, distance between acromion - angulus inferior, distance between cavitas glenoidalis - angulus inferior, margin lateralis thickness, height of fossa supraspinata, height of fossa infraspinata, maximum length of acromion, maximum width of acromion) were measured in coronal and sagittal planes. The data obtained as a result of the measurements were analyzed with ML.

Results: The median value of all parameters was found to be higher in males. When the data were compared in terms of gender, all parameters measured on the scapula were found to have a significant difference ($p < 0,05$). Using the ML models, the highest accuracy for sex was 100% with the Extra Trees Classification; an accuracy rate of 97% was determined by Decision Tree, Logistic Regression, Gaussian Naive Bayes Classification, Random Forest, K-Nearest Neighbors Algorithm, Linear Discriminant Analysis and Quadratic Discriminant Analysis. The effect of each parameter on the overall result was evaluated using the SHAP analyzer of the Random Forest algorithm and it was determined that the height parameter of fossa supraspinata had the greatest contribution to the accuracy.

Conclusion: As a result of the study; we believe that more reliable and more accurate results can be obtained from pelvis morphometry, which is seen as the most reliable bone in the literature, when sex determination is performed with ML analyzes of the scapula morphometry. We think that our study will make a great contribution to forensic sciences and literature.

Keywords: Computed tomography, Machine learning algorithms, Scapula, Sex determinatio

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bireyin diğer bireylerden ayırt edilmesini sağlayan özelliklerin (cinsiyet, yaş, boy uzunluğu, kilo, ırk, vücut tipi vs.) tamamına kimlik adı verilmektedir (Eşiyok ve ark., 2005). Bu özelliklerin değerlendirilerek canlı veya cansız bireylerin kişisel özelliklerinin analiz edilmesine kimliklendirme veya kimlik tespiti denilmektedir (Koç ve Can, 2011).

Cinsiyet tahmini kimlik tespiti çalışmalarının en temel aşamalarındandır. Çünkü boy, kilo, yaş, ölüm yaşı ve soy tahmini çoğunlukla cinsiyete özgü veriler kullanılarak yapılmaktadır (Paulis ve Abu Samra, 2015; Zhang ve ark., 2016). Toplu ölümlerin bir arada olduğu doğal afetler, uçak kazaları ve savaşlar gibi birçok insanın aynı anda vefat ettiği olgularda kimlik tespiti hem büyük önem arz etmekte hem de bu işlem ciddi dikkat ve uzmanlık gerektirmektedir. Çok sayıda insana ait fragmantasyona uğramış kemiklerin bir arada bulunduğu bu vakalarda bütün kemikler boyutlarına, görünüşlerine, artikülasyon özelliklerine ve patolojik durumlarına göre tespit edilerek elimine edilmeli ve eşleştirilmelidir. Daha sonrasında kişiye ait morfolojik yapılara göre bir araya getirilen insan iskeletinden DNA analizleri ve ML algoritmaları kullanılarak bireylerin kimlik tespiti yapılır (Çeker, 2017; Yerli ve ark., 2021).

Günümüz teknolojisinde DNA analizi en güvenilir yöntem olarak görülse de pahalı, zaman alan ve uzmanlık gerektiren yöntemdir. Bundan dolayı güvenilirliği olan, uzmanlık ihtiyacı duyulmayan, etkili, maliyeti düşük, erişilebilirlik açısından kolay olan ve hızlı karar alınması gereken vakalarda osteometrik yöntemler tercih edilmelidir (Giurazza ve ark., 2013; Oner ve ark., 2019).

Bireylerde cinsiyet tayin etmek ve en güvenilir yapıyı bulmak için neredeyse iskelet morfolojisinin tüm yapıları kullanılmıştır (Oner ve ark., 2019). Bugüne kadar gerçekleştirilen cinsiyet tespiti çalışmalarında en yüksek doğruluk oranını pelvis ve kafatası iskeletinin verdiği belirtilmiştir. Pelvis morfolojisi çok kırılabilir bir yapıya sahiptir, kafatası kemikleri ise pelvis iskeletinden daha az doğruluk oranına sahiptir (Torimitsu ve ark., 2015). Giurazza ve ark. (2013) yaptıkları cinsiyet tayini çalışmasında scapula morfolojisini travmalara karşı dayanıklı olması ve gelişim tamamlandıktan sonra dahi değişime uğramaması nedeni ile tercih etmişlerdir.

Farklı toplumlardaki insan gruplarının; iskelet yapısı ve cinsiyet tespit çalışmalarındaki doğruluk oranları popülasyona özgü standartlardır (Ali ve ark., 2018). Bundan dolayı cinsiyet

tespit çalışmaları farklı popülasyonlar arasında değerlendirilemez (Spradley ve ark., 2008). Bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri kullanarak yapılan kimliklendirme çalışmaları geleneksel çalışmalara göre daha güvenilir ve tekrarlanabilir çalışmalardır. Toplu ölümlerin meydana geldiği vakalarda yumuşak doku kayıpları veya deformateleri meydana gelir. BT kullanılırsa anatomik noktalar daha kolay tespit edilir, daha hızlı uygulanır, daha doğru sonuçlar elde edilir ve talep edildiği zaman verilere kolaylıkla ulaşım sağlanır (Ali ve ark., 2018; Badr El Dine ve Hassan, 2016).

Çalışmamızda dimorfik olduğu bilinen scapula iskeletinin BT görüntülerinden alınan parametrelerle ölümlerinin yapılması daha sonrasında scapula morfometrisini kullanarak cinsiyetler arasında fark olup olmadığı, ML algoritmaları ile yüksek güvenilirlikte ve doğrulukta tahminin gerçekleştirilip gerçekleştirilmeyeceği hipotezlerimizin araştırılması amaçlandı. Aynı zamanda bu çalışma ile Türk popülasyonunda scapula morfometrisinin 3D BT görüntülerinden elde edilen verileri ile ML algoritması üzerinden metrik standartlarının oluşturulması hedeflendi. Scapula'nın morfometrisini geniş bir yelpazede inceleyerek herhangi bir cerrahi işlem durumunda ve gelişebilecek komplikasyonların azaltılmasında scapula ölümlerinin referans veri seti olarak kullanılabileceğini umuyoruz.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Antropoloji

Latince olarak insan bilimi anlamına karşılık gelen antropoloji, anthropos (insan) ve logos (bilim) terimlerinin bir araya gelmesinden oluşur. Amacı ise bireylerin ve toplumların birbirleriyle benzer yönlerinin olup olmadıklarına, niçin ve nasıl değişime uğradıklarına mantıklı, doğru ve herkesçe kabul edilen yanıtlar bulmaktır. Antropoloji birçok alt bilim dalına sahiptir (Bostan, 2016). Bunlar; Fiziksel-Biyolojik Antropoloji, Sosyal-Kültürel Antropoloji, Linguistik Antropoloji ve Paleoantropoloji'dir. Adli Antropoloji ise Fiziksel-Biyolojik Antropoloji'nin alt bilim dalıdır (Çeker, 2017).

Adli Antropoloji, Fiziksel-Biyolojik Antropoloji'nin tekniklerinden yararlanarak insan iskelet morfolojisinden biyolojik profili şekillendiren bilim dalıdır. Bireylerin iskelet yapısından cinsiyet, boy, kilo, ırk ve kişiye ait patolojik durumu tespit edilebilir. Ayrıca antemortem, perimortem ve postmortem travmaları tayin ederek, kişinin tahmini ölüm nedenini tıbbi ve hukuki sorumlu kişilere bildirir (Çeker, 2017).

2.2 Kimlik Tespiti veya Kimliklendirme

Canlı veya cansız bireylerin tanımlanması, diğer bireylerden farkının tespit edilmesi için kişisel özelliklerinin ortaya çıkarılmasına kimliklendirme veya kimlik tespiti adı verilmektedir (Koç ve Can, 2011). Hukuk ve adli tıp çalışmalarında kimlik tespiti ikiye ayrılmaktadır. Kişinin cinsiyeti, anne-baba adı, doğum yılı, doğumunun gerçekleştiği yer, ikametgâh adresi adli kimlik olarak nitelendirilirken; bireye ait cinsiyet, boy, kilo, ten rengi, eksik veya fazla dişler, deri üzerindeki izler, saç rengi, göz rengi, yüz morfolojisi, posttravmatik izler, deri üzerine işlenen figürler (dövme), sünnetli olup olmadığı, doğuştan var olan vücut lekeleri gibi fiziki özellikler tıbbi kimlik olarak belirtilir. Kimliği belirsiz cansız bireylerde veya koma, amnezi, akıl hastası, demans gibi kendisini ifade edemeyen bireylerde bu iki kimliklendirme tipinden yararlanılmaktadır (Eşiyok ve ark., 2005).

2.3 Kimlik Tespitinde Cinsiyet Tayininin Önemi

Cinsiyet, farklı kemik morfolojisinin belirgin dimorfizminden dolayı iskelet yapısında tıbbi kimliğin belirlenmesinde temel faktörlerdendir (Giurazza ve ark., 2013). Boy, kilo, ırk, yaş ve ölüm yaşı gibi fiziksel faktörlerin tespit edilmesi cinsiyete ait sayısal veriler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Paulis ve Abu Samra, 2015; Zhang ve ark., 2016).

Tespit edilemeyecek durumdaki iskelet yapısının cinsiyet tayininin yapılmış olması potansiyel kimlik verilerini yaklaşık %50 oranında azaltır (Decker ve ark., 2019).

Kimliklendirme çalışmalarında adli kimlik bilgilerinin ve tıbbi kimlik bilgilerinin tespit edilebilmesi için temel biyolojik özellik cinsiyet tayininin gerçekleştirilmesine dayanır. Cinsiyet tespit edildikten sonra daha doğru, kolay ve pratik kararlar alınmaktadır (Oner ve ark., 2019).

2.4 Cinsiyet Tespitinde Scapula'nın Önemi

İnsan iskelet yapısının neredeyse tamamı cinsiyet tahmini yapabilmek için kullanılmıştır ve yüksek doğruluk oranına sahip bölüm tespit edilmek istenilmiştir (Oner ve ark., 2019).

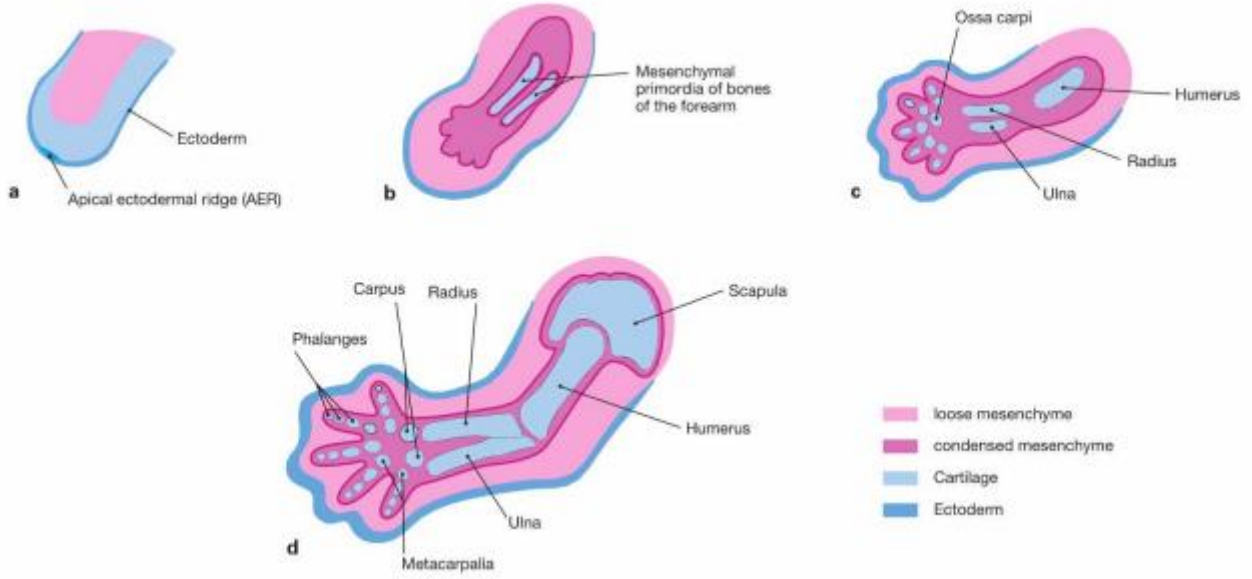
Cinsiyetin tahmin edildiği çalışmalarda kafatası kemiklerinden %90, pelvis kemiklerinden %95, pelvis kemikleri+kafatası kemiklerinden %98, pelvis+uzun kemiklerden %95, uzun kemikler+kafatası kemiklerinden %90-95, sadece uzun kemiklerden %80-90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Yerli ve ark., 2021).

Scapula morfolojik olarak kısa ve yassı kemikler içerisinde yer aldığı için uzun kemik yapısına göre darbelere karşı daha dayanıklıdır ve daha az kırılır. Scapula'dan cinsiyet tespitinin diğer önemli avantajı ise gelişim aşamalarını tamamladıktan sonra yapısal olarak tekrar değişimlere maruz kalmaz, yetişkinlik ve sonraki evrelerinde morfolojisini korur (Giurazza ve ark., 2013).

2.5 Scapula'nın Embriyolojik Gelişimi

Embriyolojik gelişim aşamasında vücudun tüm yapıları üç tane germ tabakasından gelişmektedir. Tüm doku ve organlar bu üç germ tabakasından köken alarak farklılaşmakta ve oluşmaktadır.

Merkezi sinir sistemi, periferik sinir sistemi, meme bezleri ektoderm katmanından; kemik yapısı, kıkırdak, konnektif doku, düz kaslar ve çizgili kaslar mezoderm katmanından; dalak, böbrek, endotel, kan hücreleri, sindirim sistemi epitelleri, solunum sistemi epitelleri ve üriner sistemin epitelleri endoderm katmanından şekillenmektedir (Allahverdi, 2007) (Şekil 2.1).



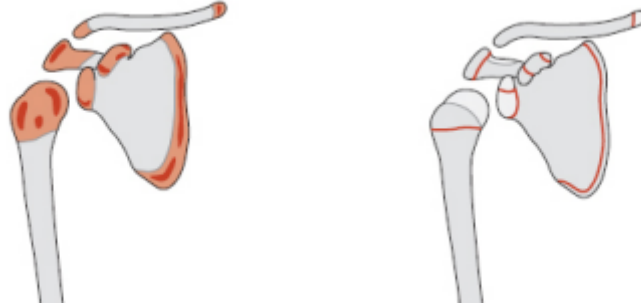
Şekil 2.1. 4-8. haftalarda üst ekstremite kemiklerinin yapılarının gelişimi; şematik uzunlamasına kesitler (Paulsen ve Waschke, 2011).

Scapula'nın embriyolojik gelişimi ise ekstremite kemiklerinin gelişimi dışında birçok farklı doku plaklarının progenitor hücre gruplarından meydana gelmektedir. Scapula'nın gelişimi somitlerin dorsolateralinden oluşan dermomyotom tabakasından, mezoderm'in lateral tabakasındaki somatopleura kısmından ve tubus neuralis'den ayrılan migratuar hücrelerin meydana getirdiği crista neuralis'den meydana gelmektedir. Somatopleura'dan scapula'nın processus (proc.) coracoideus'u, acromion, fossa glenoidalis, spina scapulae, caput ve collum scapulae meydana gelirken; dermomyotom kısmından corpus scapulae ile spina scapulae'nin uç kısımları şekillenir (Durland ve ark., 2008; Eshehalt ve ark., 2004).

2.6 Scapula'nın Ossifikasyon Merkezleri

Scapula'nın kemikleşme merkezleri 7 adet veya daha fazla sayıda gerçekleşmektedir. Bunlardan 1 tanesi corpus scapulae'den, 2 tanesi proc. coracoideus'undan, 2 tanesi acromion'dan, 1 tanesi scapula'nın margo medialis'inden, 1 tanesi de scapula'nın angulus inferior'undan ossifikasyonlaşır. Fötal hayatın 2. ayında corpus scapulae'nin ossifikasyonu başlar. Gelişimin 3. ayında scapula'nın facies dorsalis'inden spina scapulae gelişmeye başlar. Yeni doğanlarda scapula'nın margo medialis'i ve angulus inferior'u, acromion'u, cavitas glenoidalis'i ve proc. coracoideus'u hariç diğer bölümler ossifikasyonunu tamamlamış olur. Postnatal 15 ile 18. haftalarında proc. coracoideus'un orta kısmından ossifikasyon başlar ve 18 yaşında corpus scapulae ile birleşir. Birey 14-20 yaşlarına geldiğinde scapula'nın diğer bölümlerinden önce proc. coracoideus'da, sonra acromion'da daha sonra da scapula'nın angulus inferior'u ve margo medialis'inde ossifikasyonu başlar ve hızlı bir şekilde tamamlanır.

Proc. coracoideus'un en uç kısmı ayrı ossifikasyon noktasına sahiptir ve 25 yaşında ossifikasyon sonlanır (Arıncı ve Elhan, 2020) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Scapula'nın ossifikasyon merkezleri (Schünke ve ark., 2009).

2.7 Scapula'nın Anatomisi

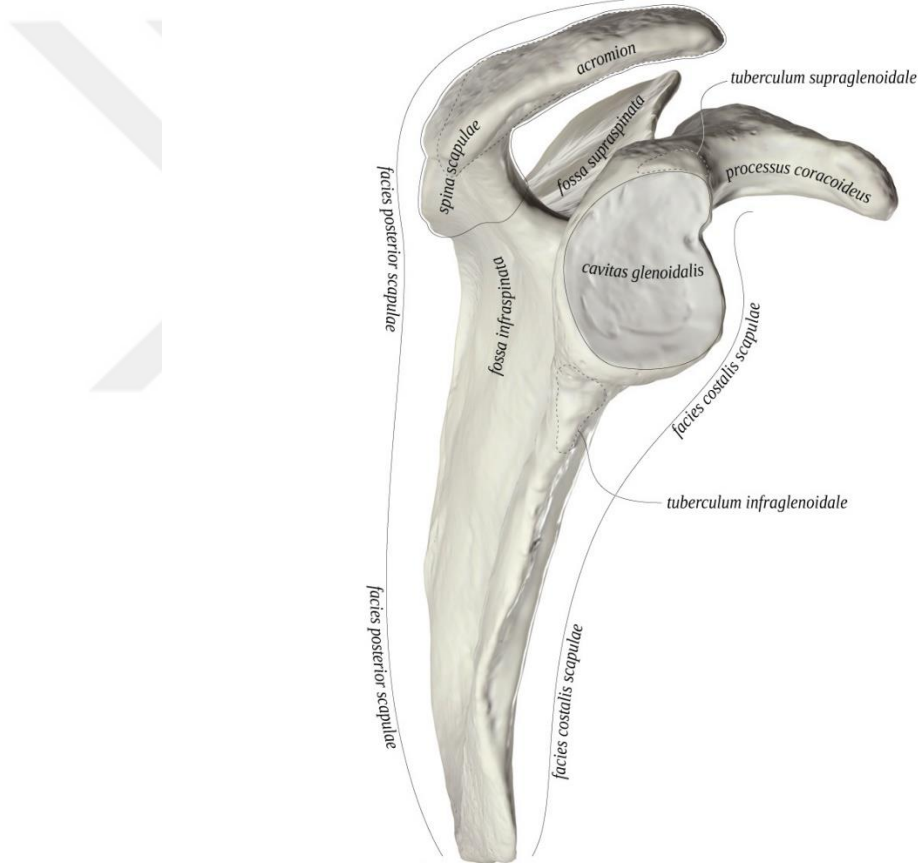
Scapula cingulum membri superioris'in dorsal tarafında, 2.-7. kosta'ların hizasında yer alan yassı, üçgen şekilli bir kemiktir. Üç köşesi, üç kenarı ve iki tane de yüzü bulunmaktadır. Kosta'lara bakan ön yüzüne facies anterior veya facies costalis, arka yüzüne ise facies posterior veya facies dorsalis adı verilmektedir (Arıncı ve Elhan, 2020; Arifoğlu, 2021) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Scapula'nın kosta'lar üzerindeki konumu (<https://www.anatomystandard.com/>).

Üst köşe kısmında torakal 2. vertebranın proc. spinosus'unun seviyesinde angulus superior, alt köşe kısmında torakal 7. vertebranın seviyesinde angulus inferior ve dış köşede en kalın kenarında ise angulus lateralis yer almaktadır (Arıncı ve Elhan, 2020; Arifoğlu, 2021).

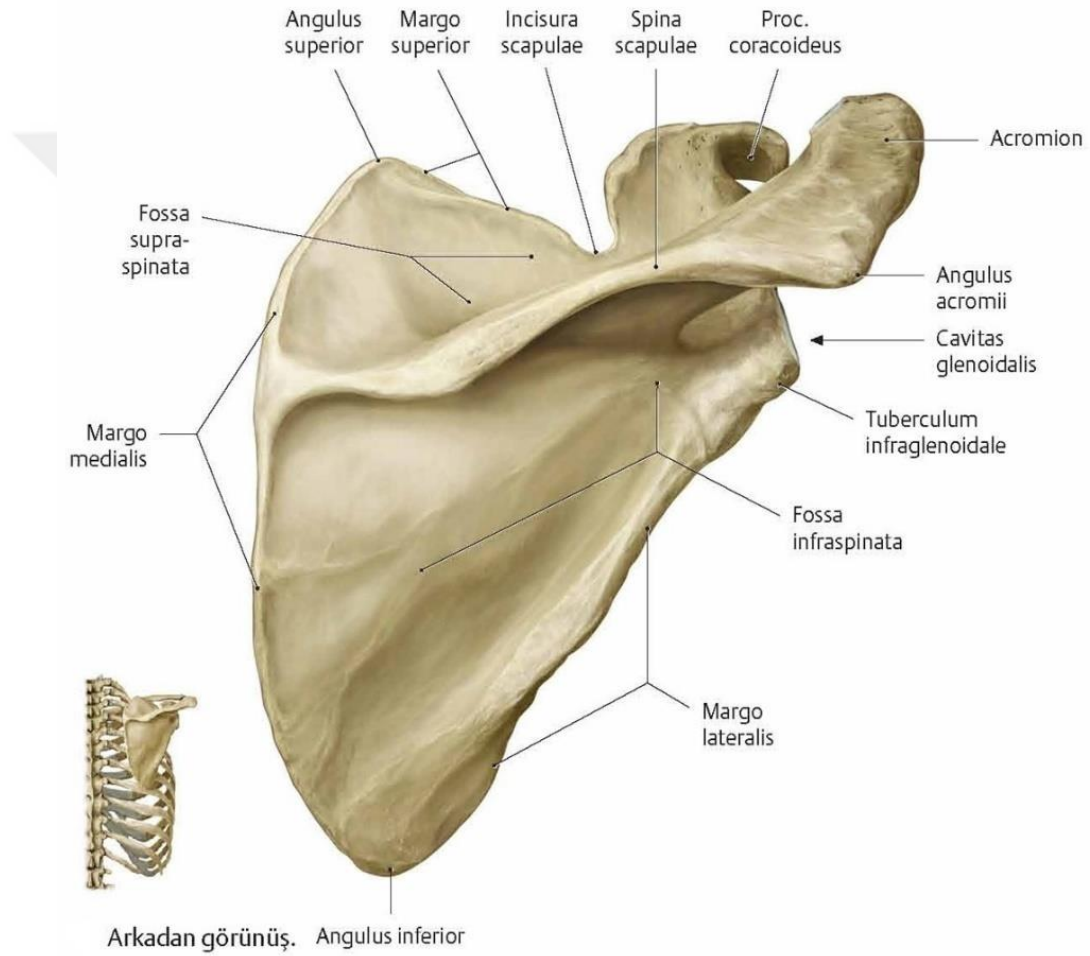
Angulus lateralis'in en dar boyun bölgesine collum scapulae adı verilmektedir. Bu köşe kısmında articulatio (art.) humeri'nin konkav şeklindeki eklem yüzünü meydana getiren, enine olarak büyük olan kısmı aşağıda olan ve uzunlamasına bir şekilde kesilmiş yumurtaya benzetilen cavitas glenoidalis yer almaktadır. Dış-ön tarafa bakan bu eklem yüzünün üst kısmında tuberculum supraglenoidale, alt kısmında ise tuberculum infraglenoidale yer almaktadır (Arıncı ve Elhan, 2020) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Scapula'nın sağ dış yandan görünümü (<https://www.anatomystandard.com/>).

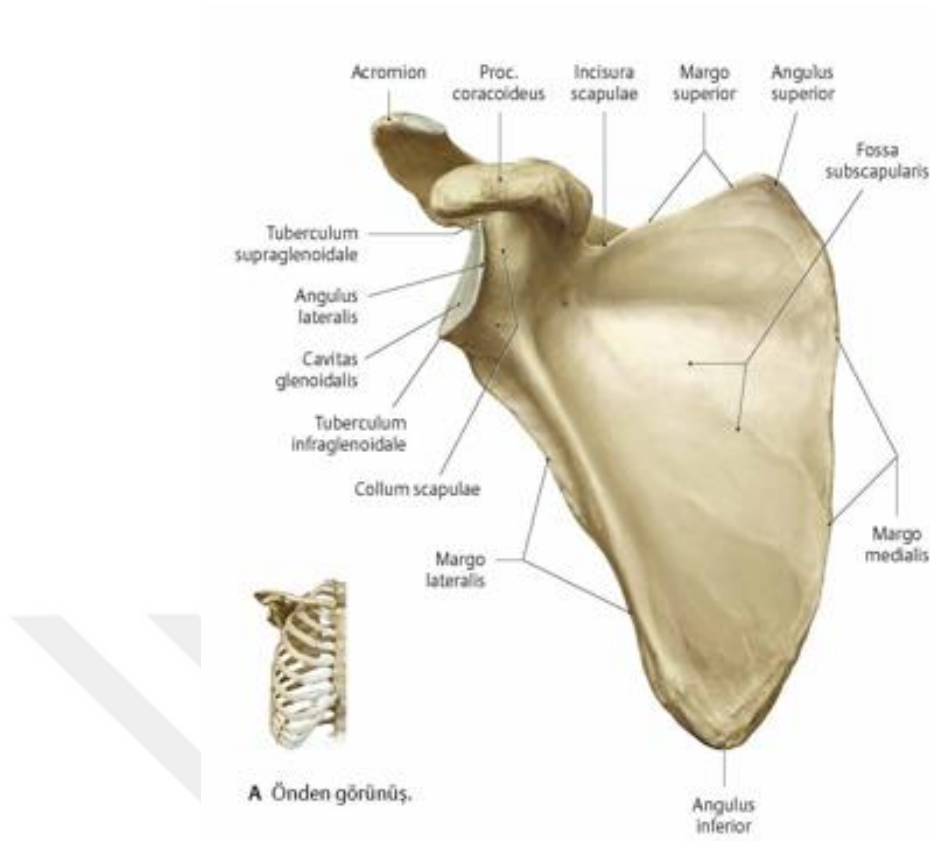
Cavitas glenoidalis'in alt kısmından başlayıp alt-iç kısma doğru devam ederek angulus inferior'da sonlanan, en kalın ve en dışta olan kenar margo lateralis; trigonum spinae'nin üst ve alt kısmında bulunan, en uzun, ince ve iç tarafta olan kenar margo medialis; en kısa, en ince ve bir miktar da konkav olan üst kenar ise margo superior olarak isimlendirilir (Arıncı ve Elhan, 2020; Arifoğlu, 2021).

Margo superior dış tarafta collum scapulae'nin üst tarafında bulunan ve kuş gagasına benzetilen proc. coracoideus'un en son kısmına kadar devam eder (Arıncı ve Elhan, 2020; Arifoğlu, 2021). Proc. coracoideus'un medial kısmı ile margo superior arasında incisura (inc.) scapulae olarak adlandırılan bir çentik bulunur. Inc. scapulae'nin üst kısmında ligamentum (lig.) transversum scapulae superius isimli bağ geçerek çentik yapısını delik formuna dönüştürür. Bu delikten de nervus (n.) suprascapularis geçiş yapmaktadır (Arıncı ve Elhan, 2020; Waschke ve ark., 2016) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Scapula'nın facies posterior'dan görünümü ve oluşumlar (Gilroy ve MacPherson, 2021).

Facies anterior'da fossa subscapularis olarak isimlendirilen, musculus (m.) subscapularis'in yerleştiği yayvan bir çukur mevcuttur. M. subscapularis'in tutunmuş olduğu çizgisel yapılara ise linea muscularis adı verilmektedir (Arıncı ve Elhan, 2020; Arifoğlu, 2021) (Şekil 2.6).

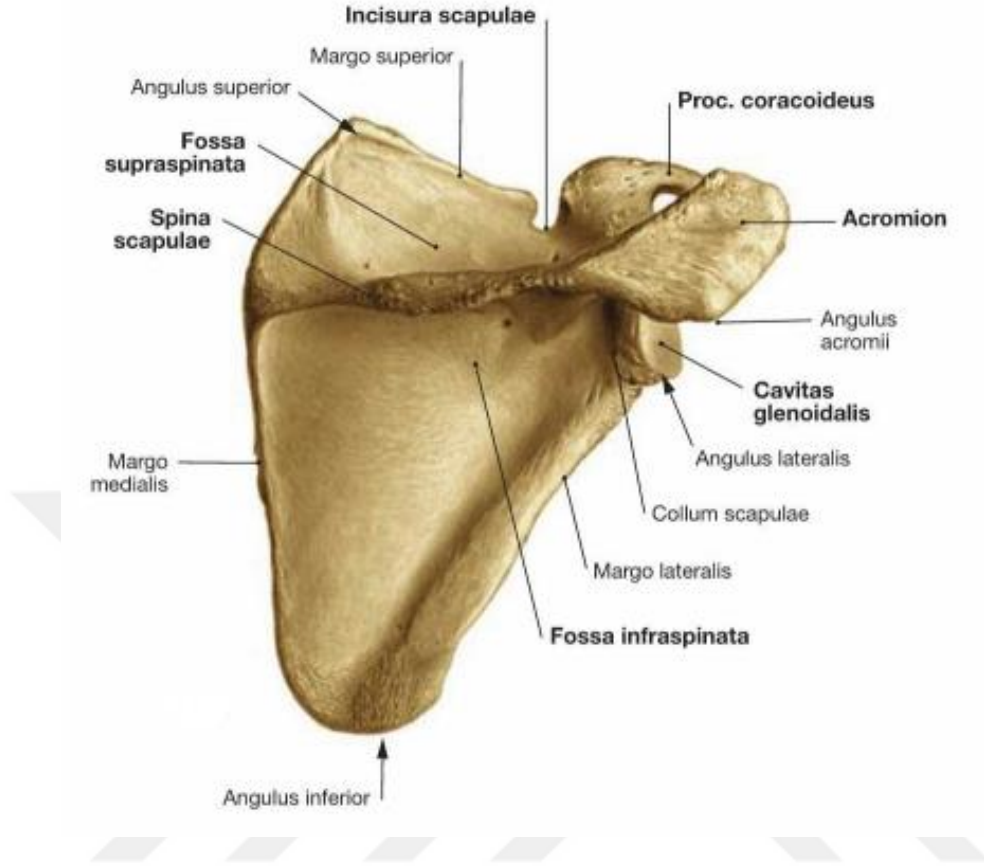


Şekil 2.6. Scapula'nın facies anterior'dan görünümü ve yapıları (Gilroy ve MacPherson, 2021).

Biraz konveks bir yapıya sahip olan facies posterior, spina scapulae adı verilen uzun ve kalın bir çıkıntı ile iki kısma ayrılmaktadır. Üst kısımda bulunan ve daha küçük yapıda olan çukurluğa fossa supraspinata denilmektedir ve buradan m. supraspinatus orijin almaktadır. Daha büyük yapıda olan ve alt kısımda yer alan çukurluğa ise fossa infraspinata adı verilmektedir, buradan da m. infraspinatus orijin almaktadır (Arıncı ve Elhan, 2020; Arifoğlu, 2021).

Fossa supraspinata medial kısımdan lateral kısma doğru daralan birazcık konkav bir yapıya sahiptir. Fossa infraspinata'nın ise merkezi kısmı konveks yapıya sahiptir ve iç kısmının spina scapulae'ye komşu yeri konkav bir yapı sergilemektedir (Arıncı ve Elhan, 2020).

Fossa infraspinata'nın lateral kenarında scapula'nın margo lateralis'ine paralel olarak seyreden bir oluk bulunmaktadır. Bu oluğun medial 2/3'lük kısmından m. infraspinatus orijin alır. Lateral kenarda bu oluğa paralel bir kabartı mevcuttur ve buradan da m. infraspinatus, m. teres major ve m. teres minor'un birbirinden ayrılmasını sağlayan aponevrotik doku tutunmaktadır (Arıncı ve Elhan, 2020) (Şekil 2.7).

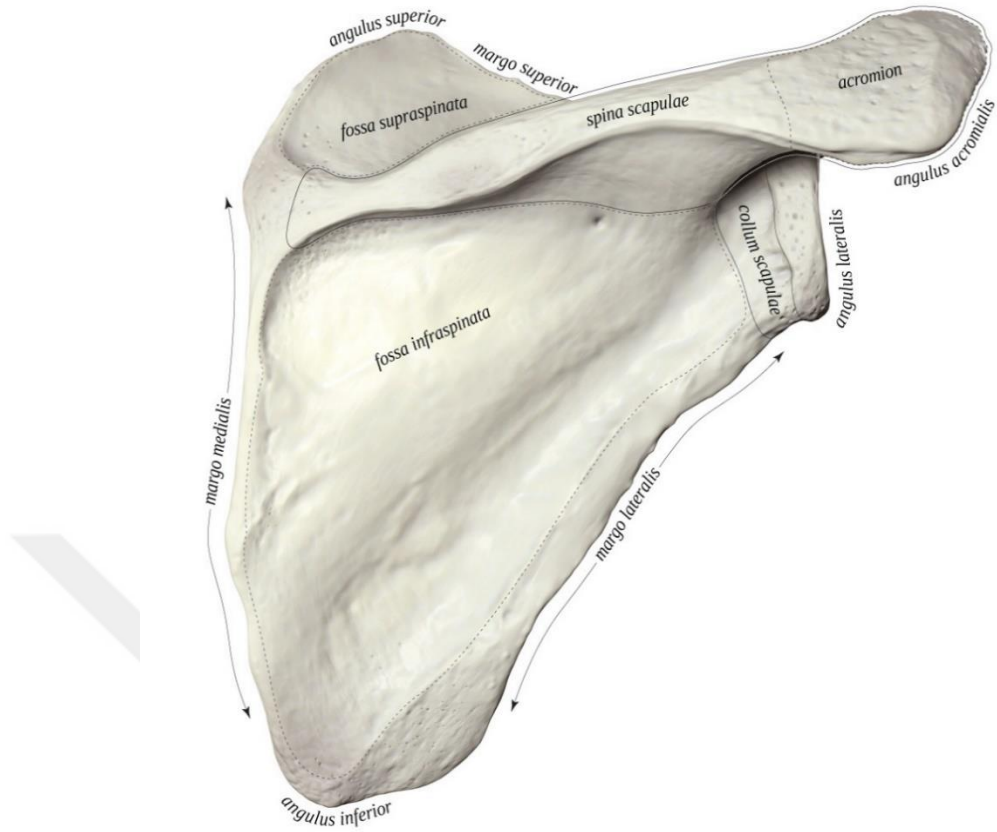


Şekil 2.7. Scapula'nın facies posterior'da bulunan yapıları (Paulsen ve Waschke, 2011).

Scapula'nın margo medialis'inin dış kısma doğru yükselerek devam eden çıkıntısına spina scapulae adı verilmektedir. Spina scapulae ile margo medialis arasında kalan üçgen alana trigonum spinae adı verilmektedir.

Thoracal 4. vertebranın seviyesinde, sağ ve sol bölgenin spina scapulae'sını bir araya getiren hayali çizgiye linea interspinalis adı verilmektedir. Spina scapulae'nın üst kısmı ve alt kısmı konkav bir yapıya sahip olup, fossa infraspinata ve fossa supraspinata'nın tamamlanmasını sağlar.

Spina scapulae lateral kısma doğru gittikçe genişleme yaparak, ön taraftan arka tarafa doğru basık, geniş bir çıkıntı olan acromion ile sonlanır. Acromion ile proc. coracoideus arasında lig. coracoacromiale adı verilen bağ ile art. humeri'nin üst taraftan desteklenmesi sağlanır. Acromion'un alt-dış köşesinin oluşturduğu açığa angulus acromialis adı verilmektedir (Arıncı ve Elhan, 2020) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Scapula'nın facies posterior'dan bakıldığında kenarları (<https://www.anatomystandard.com/>).

Scapula'nın çıkıntı yapan ve kalın yapıda olan bölgeleri spongioz dokuya sahiptir. Geriye kalan ince kısımlar ise kompakt kemik niteliğindedir. Fossa supraspinata ve fossa infraspinata kemik yapı ışığı geçirecek kadar incedir, yer yer deliklere rastlanır (Arıncı ve Elhan, 2020).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurulu'nun 21.09.2022 tarihli toplantısında incelendi ve 20/26 sayılı kararı ile onaylandı.

3.1. Çalışma Grubu ve Demografik Veriler

Çalışmada, İzmir Bakırçay Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı arşivinde bulunan 2018-2022 yılları arasında scapula'nın Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT) değerlendirmesi yapıldı, yaşları 20 ile 60 arasında 300 (150 kadın-150 erkek) hastanın görüntüleri retrospektif olarak incelendi. 20 yaş altı 60 yaş üstü, bu bölgede daha önce travma geçiren, kemik ve eklem hastalıkları olan, omuz ve scapula çevresi cerrahi işlem geçiren hastalar çalışma dışı tutuldu.

3.2. Görüntülerin Alınması ve İncelenmesi

Görüntüler İzmir Bakırçay Üniversitesi Çiğli Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde bulunan, 16 sıralı bir MDBT tarayıcı (Aquilion 16; Toshiba Medical Systems, Otawara, Japonya) kullanılarak, kesit kalınlığı 5 mm olacak şekilde supin pozisyonda çekilen BT görüntüleri üzerinden elde edildi. Tube voltage: 120 kV, gantry rotation: 0,75 s ve pitch: 1,0 mm olarak belirlendi.

3.3. Görüntü Analiz Yöntemleri

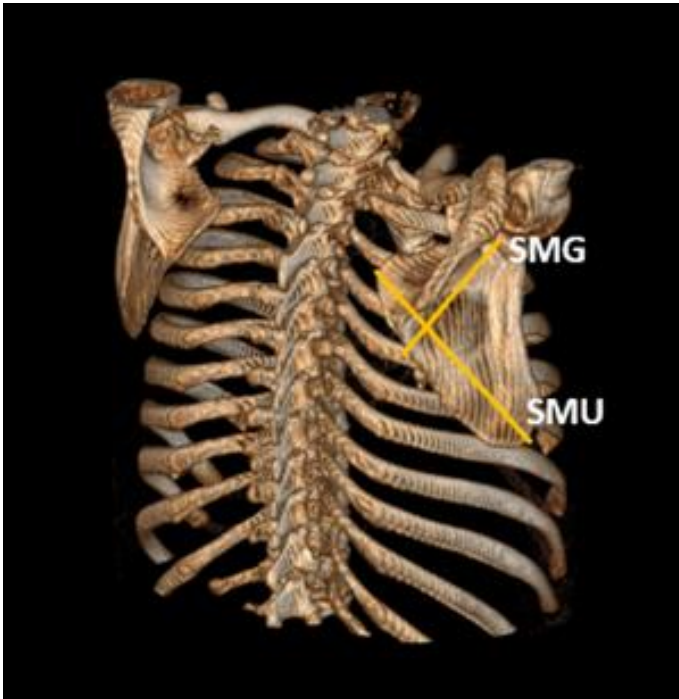
2018-2022 yılları arasında dahil edilme kriterlerine uygun olan görüntüler hastane Picture Archiving Communication Systems (PACS) arşiv sisteminden retrospektif olarak tarandı. Taranan görüntüler Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kişisel iş istasyonu olan Radiant DICOM Viewer (64-bit Version) programına aktarıldı. 3D aktarılan görüntüler programın 3D Volume Rendering konsolu kullanılarak sagittal, transversal ve koronal düzlem olmak üzere üç boyutlu hale getirildi (Şekil 3.1). Üç boyutlu hale gelen görüntü üst üste çakıştırılarak tek bir görüntü elde edildi. Aktarılan görüntüler üzerinden 13 parametrenin ölçümü gerçekleştirildi.



Şekil 3.1. 3D Volume Rendering demonstrasyonu.

3.4. Ölçüm Parametreleri

- **Scapula'nın maksimum uzunluğu (SMU):** Angulus superior'un en yüksek noktası ile angulus inferior'un en alt noktası arasındaki maksimum mesafe (Ghasemi ve ark., 2020) (Şekil 3.2).
- **Scapula'nın maksimum genişliği (SMG):** Margo medialis'den cavitas glenoidalis'in dorsal sınırının orta noktasına kadar olan mesafe (Ghasemi ve ark., 2020) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Scapula'nın maksimum uzunluk (SMU) ve genişliği (SMG)

- **Spina scapulae uzunluğu (SSU):** Spina scapulae'nin en uzak medial mesafesinden en uzak lateral mesafesine kadar olan uzaklık (Ghasemi ve ark., 2020) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Spina scapulae uzunluğu (SSU)

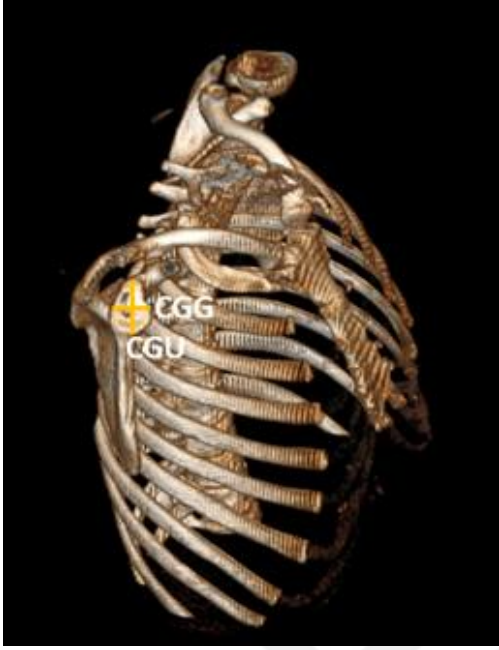
- **Cavitas glenoidalis—angulus inferior arası mesafe (CGAIM):** Cavitas glenoidalis'in alt kenarından angulus inferior'un en alt noktasına kadar olan mesafe (Ghasemi ve ark., 2020) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Cavitas glenoidalis ile angulus inferior arası mesafe (CGAIM)

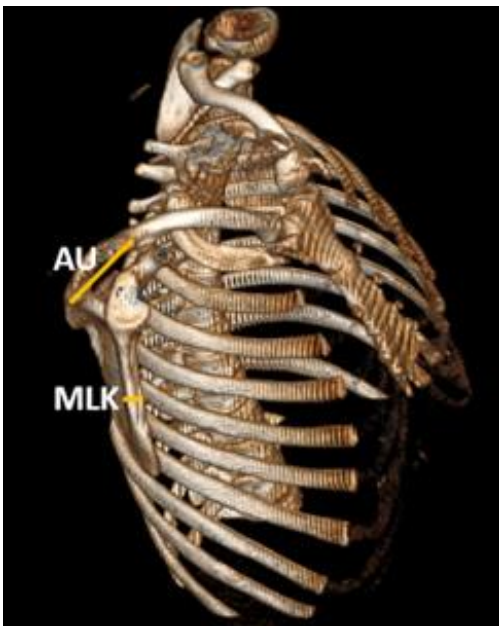
- **Cavitas glenoidalis uzunluğu (CGU):** Cavitas glenoidalis'in üst kenarından cavitas glenoidalis'in alt kenarına kadar olan maksimum mesafe (Torimitsu ve ark., 2016) (Şekil 3.5).

- **Cavitas glenoidalis genişliği (CGG):** Cavitas glenoidalis'in uzun eksenine dik olarak ölçülen cavitas glenoidalis'in enine maksimum mesafe (Torimitsu ve ark., 2016) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Cavitas glenoidalis uzunluk (CGU) ve genişliği (CGG)

- **Margo lateralis kalınlığı (MLK):** Margo lateralis'in (cavitas glenoidalis'in en alt noktasından angulus inferior'un en uç noktası arasındaki hat) orta noktasındaki sınırın kalınlığı (Er ve ark., 2020) (Şekil 3.6).
- **Acromion maksimum uzunluğu (AU):** Acromion'un en üst ve en alt noktası arasındaki mesafe (Er ve ark., 2020) (Şekil 3.6).



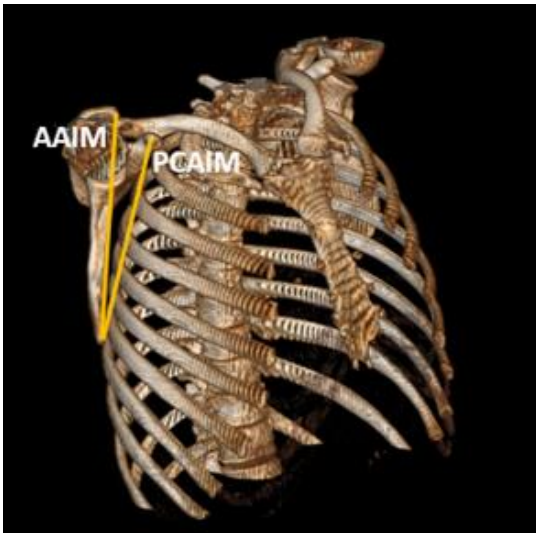
Şekil 3.6. Scapula'nın margo lateralis kalınlığı (MLK) ve acromion maksimum uzunluğu (AU)

- **Acromion maksimum genişliği (AG):** Lig. acromioclaviculare'nin tutunduğu noktadan lateral mediale enine mesafe (Ghasemi ve ark., 2020) (Şekil 3.7).



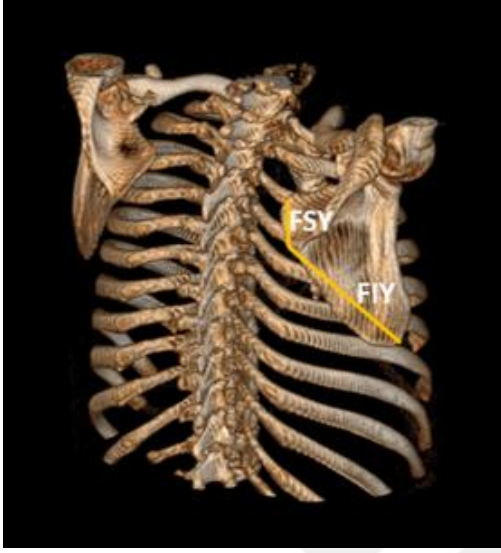
Şekil 3.7. Acromion maksimum genişliği (AG)

- **Proc. corocoideus—angulus inferior arası mesafe (PCAIM):** Proc. corocoideus'un uç noktasından angulus inferior'un en alt noktasına kadar olan mesafe (Ghasemi ve ark., 2020) (Şekil 3.8).
- **Acromion—angulus inferior arası mesafe (AAIM):** Acromion'un en uç noktasından angulus inferior'un en alt noktasına kadar olan mesafe (Badr El Dine ve Hassan, 2016) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Proc. corocoideus—angulus inferior arası mesafe (PCAIM) ve acromion—angulus inferior arası mesafe (AAIM)

- **Fossa supraspinata yüksekliği (FSY):** Spina scapulae'nin medial sınırı ile angulus superior'un kesiştiği nokta arasındaki mesafe (Badr El Dine ve Hassan, 2016) (şekil 3.9).
- **Fossa infraspinata yüksekliği (FIY):** Spina scapulae'nin medial sınırı ile angulus inferior'un kesiştiği nokta arasındaki mesafe (Badr El Dine ve Hassan, 2016) (şekil 3.9).



şekil 3.9. Fossa supraspinata yükseklik (FSY) ve fossa infraspinata yüksekliği (FIY)

3.5. Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Yapay zekâ; bilgisayar bilimlerinin alt bilim dallarından ve bilgisayarların zekâ mekanizması üzerine hareket etmesini sağlayarak bilim camiasında ve sanayide yer edinmiş bir disiplin alanıdır. ML veya yapay zekâ birbiriyle çok karıştırlan çalışmalardır. Yapay zekâ, programların bireyler gibi algılayabilmesi ve hareket edebilmesi iken, makine öğrenmesi ise bu amaç doğrultusunda yazılan algoritmalar sistemidir (Nilsson, 2014).

ML çalışmaları genellikle mühendislik çalışmalarında tercih edilen modern bir gruplandırma aracı iken günümüzde ileri sağlık sektöründe kullanılmaktadır. ML çalışmaları yapabilmek için ilk olarak çalışma verileri toplanır, nitelikleri belirlenir ve hazırlanacak olan çalışmaya en uygun ML algoritması tercih edilir. ML algoritması seçildikten sonra eğitim seti ismi verilen veri alt kümesi ile eğitime başlanır. Gruplandırma veya tahmine dayalı performans tercih edilebilir ise bu çalışma tipinin bağımsız bir test setinde daha doğrulanması gerçekleştirilir. Tekrarlayan biçimde gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde sonuca varılır (Lewis, 2017).

ML algoritmaları üç grupta ele alınır. Bunlardan 1. girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi eşleştiren denetimli ML algoritmalarıdır 2. hakkında bilgi bulunmayan verilerin özelliklerine uyan denetimsiz ML algoritmalarıdır 3. girdi verilerini istenen özelliklerle eşleştiren güçlendirilmiş ML algoritmaları (Krems, 2019).

ML modellemesinde Python (Version 3.9) programlama dili ve scikit-learn (Version 1.1.1) çerçevesi tercih edildi. Modellemeler Monster Abra A7 V12.5 model, i5 işletim sistemi ve 8 Gb Ram'e sahip kişisel bilgisayar kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin %20'si test, %80'i eğitim verisi olarak kullanıldı. ML modellerinden Karar Ağacı, Lojistik Regresyon, Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması, Rastgele Orman, K- En Yakın Komşular Algoritması, Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması, Doğrusal Diskriminant Analiz ve Kuadratik Diskriminant Analiz algoritmaları tercih edildi. ML modellerinin gerçekçi olması için ham veride herhangi bir çıkartma veya temizleme işlemi uygulanmadı. Ölçümler sonucu elde edilen 13 parametre ve demografik yaş verileri ML modelinin girişini belirledi.

3.5.1. Karar Ağacı (Decision Tree, KA)

Karar Ağacı (KA) çalışmaları pratikte kolay uygulanabilir, eksik veriler olsa bile çalışmanın gerçekleştirilebildiği, kararsızlığının olmadığı, yorumlanmasının pratik olduğu bir algoritma olması nedeni ile sağlık sektöründe gruplandırma çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Song ve Lu, 2015; Özlüer Başer ve ark., 2021).

Denetimli öğrenme tipinde tercih edilen bağımsız bir öğrenme yapısıdır. Gruplama, nitelik ve hedefe göre yaprak düğümlerinden ve karar düğümlerinden meydana gelen ağaca benzer bir yapıda sınıflandırma tekniğidir. KA tıpkı bir ağaç gibi kök, dal ve yaprak kısmından meydana gelmektedir. Yapısal olarak yaprak bölümünde elde edilen değer, çıktı olarak isimlendirilmektedir. Ele alınan konu gruplandırma üzerine ise grup barkodu; regresyon konusu ise sayısal bir değer kazanmaktadır. KA algoritması tercih edilen verinin niteliğine göre değişebilmekte, öyle ki veri sınıfı çözülemeyecek bir yapıda ise ağaç dallanıp büyüme göstermektedir. Bu tür durumlarda algoritmanın KA yapısındaki döngüden kurtulabilmesi için yer aldığı düğümdeki tüm verilerin aynı gruba geçmiş olması gerekir. Çıktıların yer alacağı yaprak kısmında tüm veriler aynı grupta bulunacağından ve gruplandırmanın gerçekleştirilebileceği eleman bulunmayacağından, KA döngüsü ilerleyemez ve KA modeli gerçekleşmiş olur. Yani birbirine benzeyen değerlerin gruplandırılması gerçekleştirilmiş olur (Özlüer Başer ve ark., 2021).

3.5.2. Lojistik Regresyon (Logistic Regresyon, LR)

Gruplandırma çalışmalarında bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin bir doğru üzerinden anlatıldığı algoritma türüdür. Bağımsız değişkeni ikili verilerle tespit ederken, bağımlı değişkeni kategorideki verilerle tespit edilir. Sonuç olarak ölçüm bittiğinde gerçekleşebilecek iki ihtimal ortaya çıkar (Cihan ve Coskun, 2021).

Bağımlı değişkenin ikili veya ikiden çok sayıda olduğunda bağımsız değişkenlerle arasındaki sebep-sonuç bağlantısını kuran algoritmadır (Özlüer Başer ve ark., 2021). Sağlık sektöründe yapılan çalışmalarda birbirinden bağımsız olan değişken gruplarının arasındaki en güçlü değişken sınıfını tespit etmek, analiz sonucuna dair tahminler yürütmek, değişkenlerin her birinin analiz sonucu üzerindeki etkisini tespit etmek için kullanılmaktadır (Stoltzfus, 2011).

3.5.3. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classification, GNB)

Gaussian Naive Bayes (GNB), diğer algoritmalarından farklı olarak eğitim verisinin farklı kombinasyonlarının çoğunluğunu analiz ederek gruplandırma yapan, tahmini olarak en yakın sınıfta olma olasılığını tespit eden algoritmadır. Çalışma prensibi Bayes teorimi üzerine kuruludur. Sınıfların kendi içlerinde birbirlerinden bağımsız olduğu düşünülerek sonsal olabilirliklerini tespit etmektedir. Çoğunlukla doğru sonuçlar elde edilmesi ve pratik uygulanması olumlu yönleri iken, grup ve özellik bakımından bağımsızlık olasılıkları ihtiyacı algoritmanın negatif yönleridir (Özlüer Başer ve ark., 2021).

3.5.4. Rastgele Orman (Random Forest, RO)

Rastgele Orman (RO) birbirinden bağımsız çok fazla sayıdaki sınıflandırma ağacının, doğru bir şekilde gruplandırılma olasılığının yüksek olduğu algoritmadır. Sınıflandırmadaki ağaç miktarı çoğaldıkça, algoritma içerisinde bulunan ağaçların niteliği ve birbirleri arasındaki korelasyon sınıra yaklaşır ve bu da hata payını oluşturur (Breiman, 2001).

3.5.5. K- En Yakın Komşular Algoritması (k-Nearest Neighbors Algorithm, k-EYKA)

K- En Yakın Komşular Algoritması (k-EYKA) elde etmiş olduğumuz verileri eğitim kümesi ve test kümesi olmak üzere iki gruba ayıran algoritmadır. Bu algoritmada test grubunda gözlem sonucunda sınıflandırmanın nitelik uzayında değerlendirilen her bir verinin, eğitim verileri ile her bir gözlem arasındaki k tanesine olan uzaklığının saptanmasıdır (Özlüer Başer ve ark., 2021).

3.5.6. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Tree Classifier, EAS)

Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (EAS) algoritmaları, RO gruplandırmalarına ne kadar benzese de daha yüksek güven aralığına sahip olduğu için daha çok tercih edilmektedir. Tek bir veri değil de tüm eğitim setlerini değerlendirerek çalışması ve modüllerin rastgele bir şekilde dağılması yönüyle RO algoritmasından çalışma farklılığı gösterir (Desir ve ark., 2012; Mishra ve ark., 2017).

3.5.7. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis, DDA)

Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA) algoritması farklı büyük gruplarda bulunan özellik vektörlerini daha küçük boyuttaki sınıflara ayırarak, birbirleri arasındaki farklılıkları tespit eden daha sonrasında yeni gruplandırmalar yapan algoritmadır (Sharma ve Paliwal, 2015). DDA ile sınıflandırma tekniği çok sık kullanılan bir yöntemdir. Ancak DDA ile yapılan cinsiyet dimorfizm çalışmalarında erkek veya kadın mı diye tahmin ederken iki sınıf arasındaki ilişkinin doğrusal seyrettiği tespit edilmiştir (Santos ve ark., 2014).

3.5.8. Kuadratik Diskriminant Analizi (Quadratic Discriminant Analysis, KDA)

Diskriminant analizi farklı grupların ortalama ve kovaryans matrislerini tespit ederek, en yüksek ihtimale sahip gruplara verileri yerleştirir. DDA'da birbirinden farklı gruplar yerleştirilirken benzer kovaryans ve farklı araçlar kullanılırken; Kuadratik Diskriminant Analizi (KDA)'nde sınıflandırma yapılırken farklı gruplar, farklı kovaryans ve farklı grup model araçları ile yapılır (Ehrampoosh ve ark., 2016).

3.5.9. Performans ölçütleri

Modellemelerde Doğruluk (Accuracy, Acc), Özgüllük (Specificity, Spe), Duyarlılık (Sensitivity, Sen), F1 skoru (F1) değerleri performans ölçütü olarak belirlendi.

$$\text{Acc} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{FN} + \text{FP} + \text{TN})$$

$$\text{Sen} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$$

$$\text{Spe} = \text{TN} / (\text{TN} + \text{FP})$$

$$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$$

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$$

$$\text{F1} = 2 (\text{Precision} \times \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall})$$

(TP; True Positive (Gerçek Pozitif), FN; False Negative (Yanlış Negatif), FP; False Positive (Yanlış Pozitif), TN; True Negative, (Gerçek Negatif).

3.6. İstatiksel Analiz

Verilerin normal dağılıma uygunluğu Normality test olan Anderson Darling testi ile test edildi. Tanımlayıcı istatistiklerde medyan, minimum ve maksimum değerlerine yer verildi. İki grup arasında karşılaştırma için Mann Whitney U testi kullanıldı. İki grup arasındaki ilişki ve ilişki derecesi Spearman rho korelasyon testi ile ortaya konuldu. İstatistiksel analizlerde Minitab 17 paket programı kullanıldı. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



4. BULGULAR

20-60 yaş aralığındaki 300 bireye ait scapula parametreleri üzerine yapılan çalışmada parametrelerin tamamının normal dağılım göstermediği bulundu. Tüm parametrelerin medyan değeri erkeklerde fazla idi. Parametrelerin cinsiyet açısından karşılaştırılmasında yaş parametresi hariç tüm parametrelerin erkeklerde anlamlı bir şekilde daha büyük olduğu bulundu (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri ve cinsiyet açısından karşılaştırması.

Parametre	Cinsiyet	Minimum	Medyan	Maksimum	p
Yaş	Erkek	20,00	43,50	60,00	0,91
	Kadın	20,00	42,00	60,00	
SMU	Erkek	12,84	15,69	18,44	0,00
	Kadın	11,22	13,70	15,32	
SMG	Erkek	8,93	11,13	12,40	0,00
	Kadın	7,08	9,43	10,99	
SSU	Erkek	9,60	13,93	16,65	0,00
	Kadın	9,79	12,38	14,35	
CGAIM	Erkek	9,19	13,51	16,53	0,00
	Kadın	8,51	11,21	13,53	
FSY	Erkek	4,14	5,46	6,98	0,00
	Kadın	2,71	4,26	5,58	
FIY	Erkek	9,37	11,28	13,89	0,00
	Kadın	7,84	9,64	11,47	
AG	Erkek	1,47	3,18	4,55	0,00
	Kadın	1,61	2,51	3,46	
AU	Erkek	2,46	4,75	6,26	0,00
	Kadın	2,81	3,84	5,18	
CGU	Erkek	3,09	4,21	5,48	0,00
	Kadın	2,60	3,30	4,23	
CGG	Erkek	1,86	3,20	3,98	0,00
	Kadın	1,60	2,53	3,23	
MLK	Erkek	1,00	1,63	2,16	0,00
	Kadın	0,49	1,02	2,20	

Tablo 4.1. Parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri ve cinsiyet açısından karşılaştırması (Devamı).

Parametre	Cinsiyet	Minimum	Medyan	Maksimum	p
PCAIM	Erkek	13,94	15,81	19,17	0,00
	Kadın	8,20	13,93	16,29	
AAIM	Erkek	13,40	17,66	19,94	0,00
	Kadın	9,12	15,64	18,00	

(SMU: Scapula'nın maksimum uzunluğu, SMG: Scapula'nın maksimum genişliği, SSU: Spina scapulae uzunluğu, CGAIM: Cavitas glenoidalis—angulus inferior arası mesafe, FSY: Fossa supraspinata'nın yüksekliği, FIY: Fossa infraspinata'nın yüksekliği, AG: Acromion maksimum genişliği, AU: Acromion maksimum uzunluğu, CGU: Cavitas glenoidalis uzunluğu, CGG: Cavitas glenoidalis genişliği, MLK: Margo lateralis kalınlığı, PCAIM: Proc. corocoideus—angulus inferior arası mesafe, AAIM: Acromion—angulus inferior arası mesafe)

Cinsiyetler açısından parametreler arası ilişki Spearman rho korelasyon testi ile incelendi ve totalde 16 parametre arasında ilişki bulundu (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Parametreler arası ilişkiler.

Parametre	SMU	SMG	SSU	CGAIM	FSY	FIY	AG	AU	CGU	CGG	MLK	PCAIM	AAIM
SMU*	0,105	0,012	-0,165 ^e	-0,101	-0,065	0,027	-0,122	-0,094	-0,176 ^e	-0,097	0,026	-0,056	-0,057
	0,200	0,884	0,044	0,220	0,427	0,746	0,137	0,250	0,031	0,239	0,749	0,498	0,489
SMG*	0,123	0,165 ^e	-0,050	0,099	-0,060	0,188 ^e	-0,076	-0,001	-0,099	-0,029	0,060	0,019	0,071
	0,135	0,044	0,539	0,228	0,469	0,021	0,357	0,988	0,226	0,727	0,468	0,818	0,390
SSU*	0,207 ^e	0,146	0,044	0,121	0,023	0,170 ^e	-0,167 ^e	-0,057	-0,068	-0,037	0,064	0,053	0,102
	0,011	0,075	0,589	0,140	0,783	0,037	0,041	0,486	0,406	0,649	0,434	0,521	0,214
CGAIM*	0,060	0,061	-0,061	-0,059	0,014	0,109	-0,159	-0,011	-0,156	-0,116	0,010	0,038	0,087
	0,462	0,461	0,458	0,471	0,864	0,186	0,052	0,895	0,056	0,156	0,905	0,645	0,291
FSY*	0,002	-0,021	-0,127	-0,044	-0,053	-0,019	-0,109	-0,073	0,016	-0,119	0,011	0,014	-0,012
	0,983	0,799	0,123	0,596	0,521	0,816	0,185	0,378	0,849	0,147	0,889	0,868	0,888

Tablo 4.2. Parametreler arası ilişkiler (Devamı).

Parametre	SMU	SMG	SSU	CGAIM	FSY	FIY	AG	AU	CGU	CGG	MLK	PCAIM	AAIM
FIY*	0,125	-0,009	-0,138	-0,107	-0,020	0,037	-0,118	0,034	-0,150	-0,046	0,059	-0,018	-0,030
	0,126	0,908	0,093	0,193	0,805	0,657	0,152	0,681	0,067	0,572	0,474	0,829	0,719
AG*	0,051	-0,009	-0,166 ^e	-0,151	0,049	-0,018	-0,010	0,001	-0,033	-0,023	0,020	-0,190 ^e	-0,108
	0,539	0,915	0,043	0,065	0,554	0,825	0,904	0,987	0,687	0,784	0,808	0,020	0,186
AU*	0,276 ^d	0,173 ^e	0,041	0,085	0,172	0,250 ^d	-0,089	-0,036	0,077	-0,006	0,040	0,033	0,087
	0,001	0,034	0,622	0,300	0,036	0,002	0,280	0,662	0,351	0,937	0,629	0,689	0,288
CGU*	0,011	0,045	0,008	0,035	-0,072	-0,030	-0,062	-0,060	-0,078	-0,035	0,013	0,059	0,043
	0,895	0,583	0,925	0,674	0,382	0,715	0,453	0,468	0,343	0,668	0,870	0,472	0,598
CGG*	0,223 ^e	0,210 ^e	0,107	0,089	0,010	0,176 ^e	0,062	0,096	0,129	0,063	-0,074	-0,068	0,068
	0,006	0,010	0,193	0,277	0,904	0,031	0,452	0,245	0,115	0,447	0,370	0,406	0,405
MLK*	-0,062	0,028	-0,058	-0,094	-0,000	-0,144	0,050	-0,059	-0,017	-0,038	0,016	0,116	0,023
	0,449	0,731	0,481	0,252	0,995	0,078	0,546	0,471	0,835	0,643	0,844	0,157	0,777
PCAIM*	0,115	0,129	0,034	0,020	-0,001	0,147	-0,139	-0,010	-0,031	0,027	0,026	-0,006	0,143
	0,162	0,116	0,675	0,805	0,992	0,073	0,090	0,905	0,707	0,741	0,756	0,942	0,080
AAIM*	0,196 ^e	0,146	0,002	0,035	0,008	0,157	-0,016	-0,031	-0,039	-0,002	0,047	0,036	0,038
	0,016	0,075	0,980	0,671	0,925	0,055	0,849	0,702	0,636	0,979	0,564	0,663	0,647

(SMU: Scapula'nın maksimum uzunluğu, SMG: Scapula'nın maksimum genişliği, SSU: Spina scapulae uzunluğu, CGAIM: Cavitas glenoidalis—angulus inferior arası mesafe, FSY: Fossa supraspinata'nın yüksekliği, FIY: Fossa infraspinata'nın yüksekliği, AG: Acromion maksimum genişliği, AU: Acromion maksimum uzunluğu, CGU: Cavitas glenoidalis uzunluğu, CGG: Cavitas glenoidalis genişliği, MLK: Margo lateralis kalınlığı, PCAIM: Proc. corocoideus—angulus inferior arası mesafe, AAIM: Acromion—angulus inferior arası mesafe)

ML modelleri kullanılarak cinsiyet açısından en yüksek Acc oranı EAS algoritması ile 1,00 olarak bulundu (Tablo 4.3).

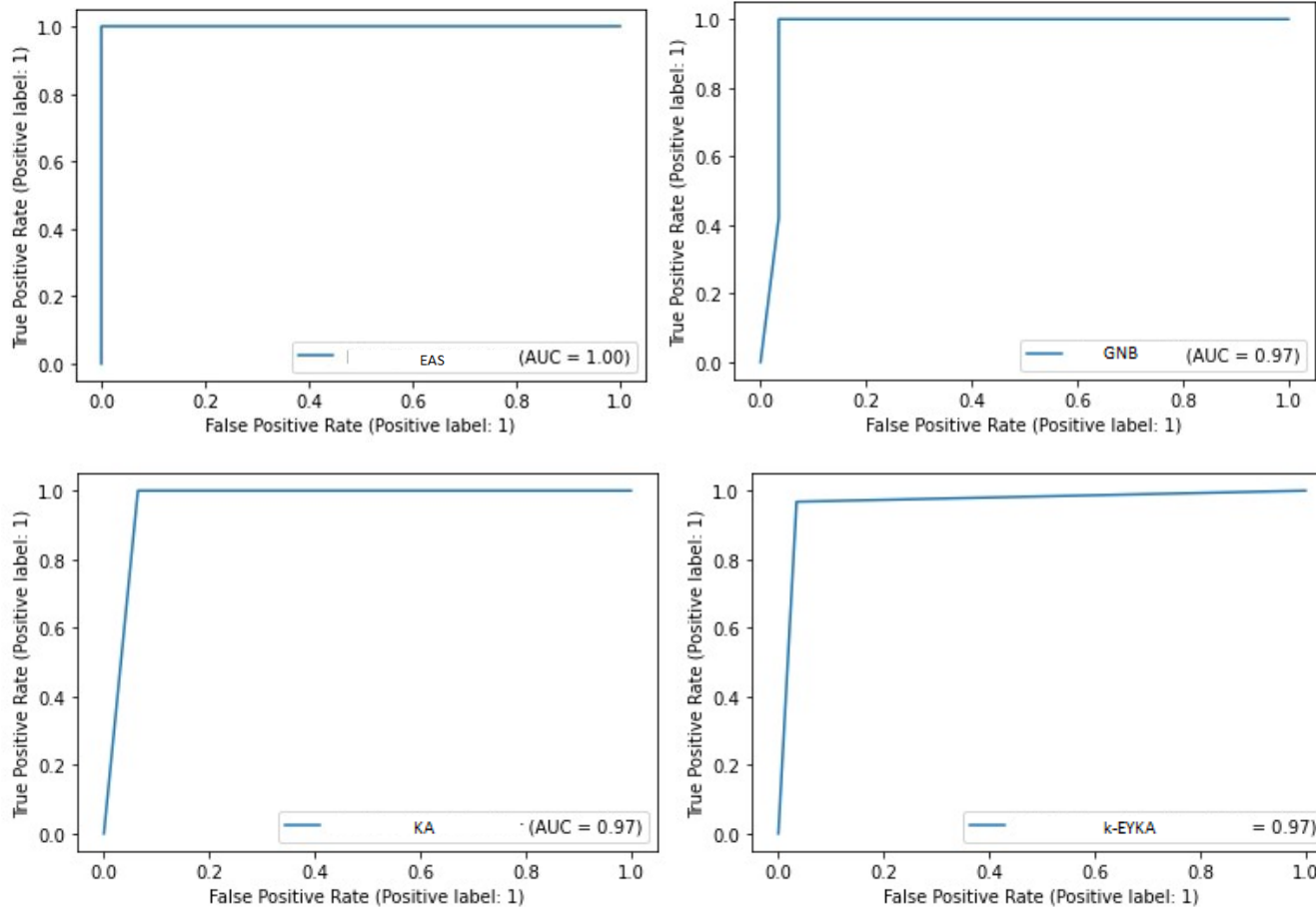
Tablo 4.3. Makine öğrenme algoritmaları kullanılarak elde edilen cinsiyet tahmini performans ölçütleri.

Algoritma	Acc	Spe	Sen	F1
DDA	0,97	0,97	0,97	0,97
KDA	0,97	0,97	0,97	0,97
LR	0,97	0,97	0,97	0,97
KA	0,97	0,97	0,97	0,97
RO	0,97	0,97	0,97	0,97
EAS	1,00	1,00	1,00	1,00
k-EYKA	0,97	0,97	0,97	0,97
GNB	0,97	0,97	0,97	0,97

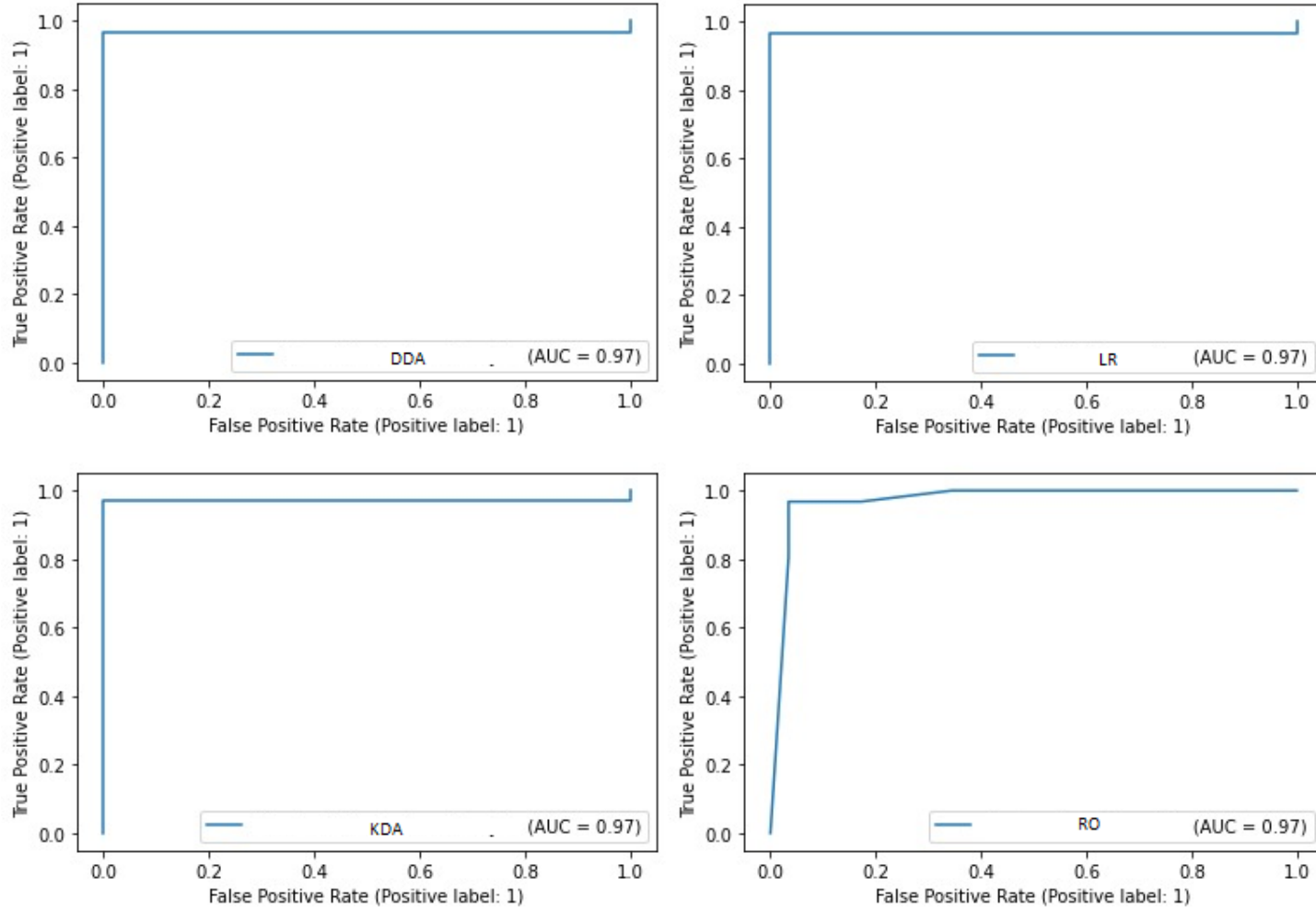
(Acc: Accuracy, Spe: Specificity, Sen: Sensitivity, F1: F1 skor, DDA: Doğrusal Diskriminant Analizi, KDA: Kuadratik Diskriminant Analizi, LR: Lojistik Regresyon, KA: Karar Ağacı, RO: Rastgele Orman, EAS: Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması, k-EYKA: K- En Yakın Komşular Algoritması, GNB: Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması)

ML modelleri kullanılarak cinsiyet açısından GNB, EAS, KA ve k-EYKA, GNB, KA ve k-EYKA algoritmalarına ait ROC eğrileri 0,97 bulunurken EAS algoritmasına ait ROC eğrisi 1,00 olarak bulunmuştur (Tablo 4.4 ve Tablo 4.5).

Tablo 4.4. EAS, GNB, KA ve k-EYKA ML algoritmalarına ait ROC eğrileri.



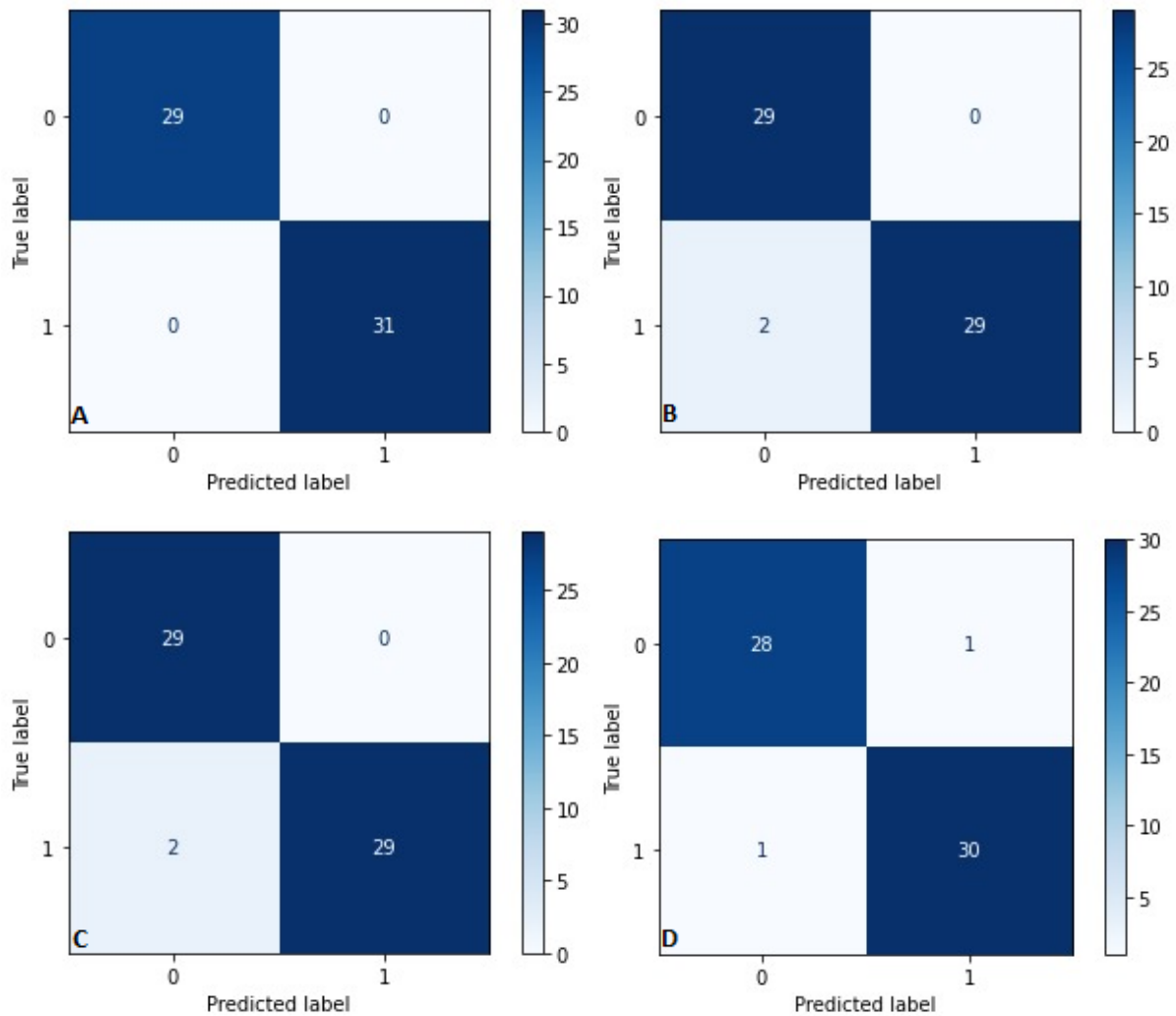
(EAS: Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması, GNB: Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması, KA: Karar Ağacı, k-EYKA: K- En Yakın Komşular Algoritması)

Tablo 4.5. DDA, LR, KDA ve RO ML algoritmalarına ait ROC eğrileri.

(DDA: Doğrusal Diskriminant Analizi, LR: Lojistik Regresyon, KDA: Kuadratik Diskriminant Analizi, RO: Rastgele Orman)

ML modelleri sonucunda en yüksek Acc oranı elde edilen EAS algoritmasında veri setindeki 31 erkek bireyin ve 29 kadın bireyin tamamı doğru olarak tahmin edildi. 0,97 Acc oranı elde edilen DDA ve KA algoritmasında veri setindeki 31 erkek bireyin 29'u doğru tahmin edildi ve 29 kadın bireyin tamamı doğru olarak tahmin edildi. 0,97 Acc oranı elde edilen diğer RO algoritmasında veri setindeki 31 erkek bireyin 30'u doğru tahmin edildi ve 29 kadın bireyin 28'i doğru tahmin edildi. EAS, DDA, KA ve RO algoritmalarına ait confusion matrix Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Makine öğrenme algoritmaları sonucunda EAS, DDA, KA ve RO modellerine ait elde edilen confusion matrix tablosu (*A: EAS, B: DDA, C: KA, D: RO).

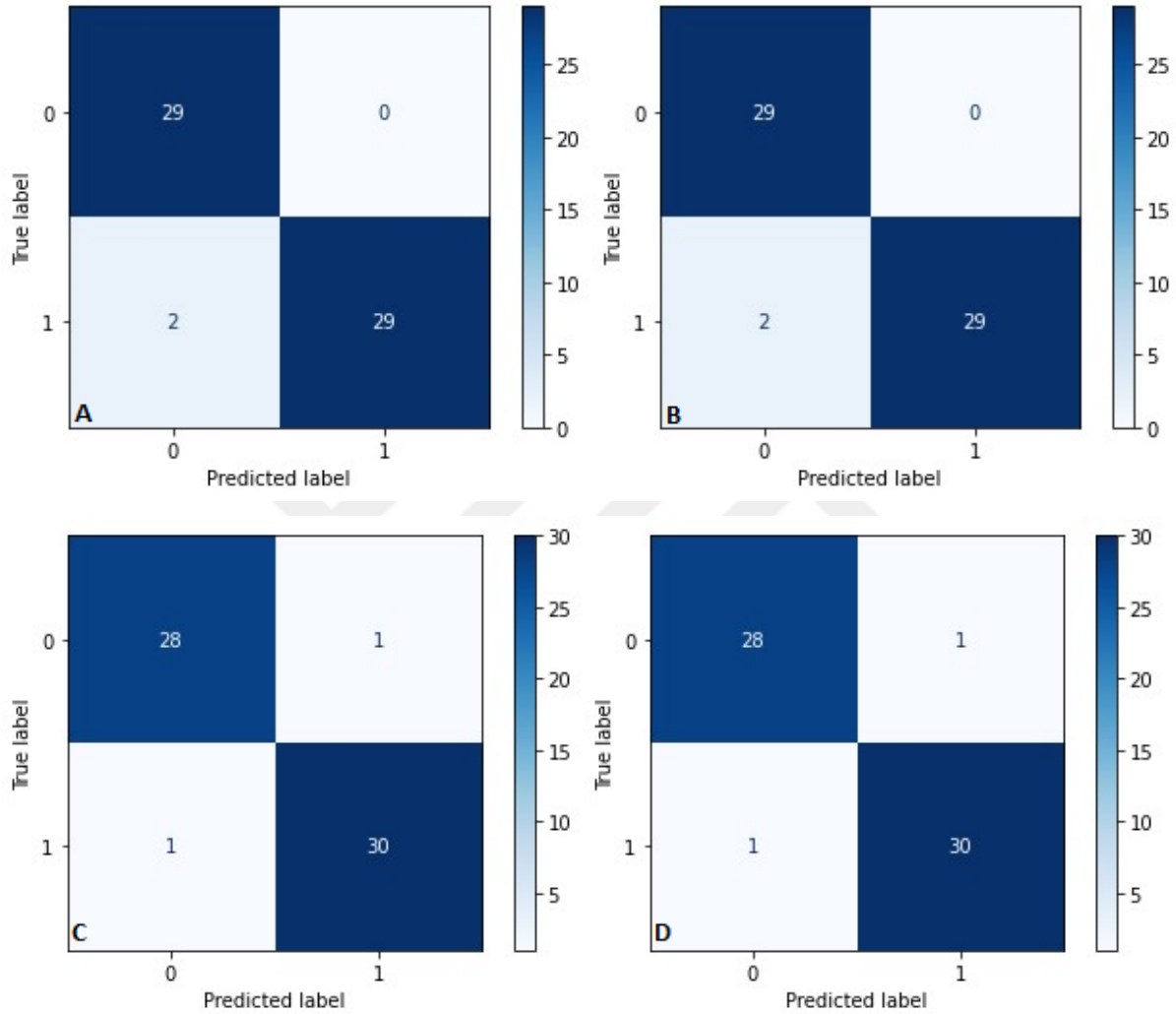


(EAS: Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması, DDA: Doğrusal Diskriminant Analizi, KA: Karar Ağacı, RO: Rastgele Orman)

ML modelleri sonucunda 0,97 Acc oranı elde edilen LR ve KDA algoritmasında veri setindeki 31 erkek bireyin 29'u doğru tahmin edildi ve 29 kadın bireyin tamamı doğru olarak

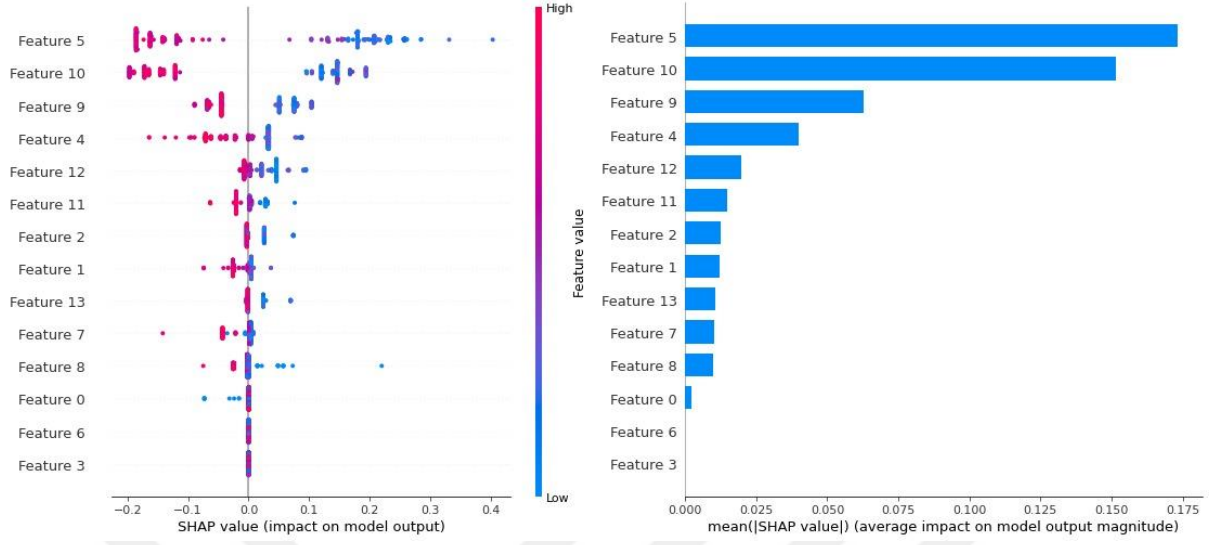
tahmin edildi. 0,97 Acc oranı elde edilen diğer k-EYKA ve GNB algoritmasında veri setindeki 31 erkek bireyin 30'u doğru tahmin edildi ve 29 kadın bireyin ise 28'i doğru tahmin edildi. LR, KDA, k-EYKA ve GNB algoritmalarına ait confusion matrix Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Makine öğrenme algoritmaları sonucunda LR, KDA, k-EYKA ve GNB modellerine ait elde edilen confusion matrix tablosu (*A: LR, B: KDA, C: k-EYKA, D: GNB).



(LR: Lojistik Regresyon, KDA: Kuadratik Diskriminant Analizi, k-EYKA: K- En Yakın Komşular Algoritması, GNB: Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması)

RO algoritmasının SHAP çözümleyicisi kullanılarak her bir parametrenin genel sonuca etkisi değerlendirildi ve FSY parametresinin doğruluğa en büyük katkısı olduğu bulundu (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 RO algoritmasının SHAP çözümleyicisi model çıktısı üzerindeki etkisi (*Feature 0: yaş, 1: SMU, 2: SMG, 3: SSU, 4: CGAIM, 5: FSY, 6: FIY, 7: AG, 8:AU, 9: CGU, 10: CGG, 11: MLK, 12: PCAIM, 13: AAIM).



5. TARTIŞMA

Adli çalışmalarda bireylerin kimlik tespitini yapabilmek için belirlenmek istenen ilk biyobelirteç cinsiyet tayinidir daha sonrasında yaş tayini yapılmak istenir. Cinsiyet ve yaş tahmini bireylerin kimliklendirilmesinin hızlı ve kolay olmasını sağlar (Pereira ve ark., 2020). Cinsiyet tahmini genellikle DNA analizi ve osteometri yöntemleri ile gerçekteştirilir (Hasegawa ve ark., 2009). DNA analizi ile cinsiyet tahmini erişilebilirliğinin zor olması, pahalı olması, pratik olmaması ve alanında uzmanlaşmış eğitimli kişiler tarafından yapılması nedeniyle daha az tercih edilir. Osteometri yöntemi ise daha etkili, hızlı ve pratik olması nedeniyle daha çok tercih edilir (Hasegawa ve ark., 2009; Sadayo Miazato Iwamura ve ark., 2004).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda insan iskeletinin neredeyse tüm kemiklerinden ölçüm yapılmıştır. Popülasyonlar arasında farklı kemikler ile cinsiyet tahmininin doğruluğu değerlendirilmiştir (Franklin ve ark., 2006).

Günümüze kadar cinsiyet tayini çalışmalarında pelvis, kranium, sternum, mandibula, falanksalar, metatarsal kemikler ve daha bir çok kemik kullanılmıştır (Oner ve ark., 2019; Secgin ve ark., 2022; Senol ve ark., 2022, 2023; Toy ve ark., 2022). Biyomekanik farklılık ve cinsiyet hormonlarının etkisi ile pelvis ve kranium morfometrisi en dimorfik bölge olarak görölmektedir (Best ve ark., 2018; Decker ve ark., 2011; Franklin ve ark., 2013; Krüger ve ark., 2015). Pelvis morfolojisi çok kırılğan bir yapıya sahiptir, kafatası kemikleri ise pelvis iskeletinden daha az doğruluk oranına sahiptir. Bu nedenle pelvis ve kafatası dışındaki iskelet yapılarının dimorfik olup olmadıkları tespit edilmelidir (Torimitsu ve ark., 2015). Kafatası ve pelvis'in travmaya maruz kaldığı, parçalı olduğu durumlarda diğer kemikler de incelenmelidir (Zhang ve ark., 2016). Scapula yassı kemiklerdendir, travmalara karşı dayanıklıdır ve gelişim tamamlandıktan sonra dahi değişime uğramaz (Arıncı ve Elhan, 2020; Giurazza ve ark., 2013). Scapula ile cinsiyet tahmini yapılan çalışmalardan Paulis ve Samra araştırmalarında (2015) %91 doğruluk oranı elde ederken, Zhang ve ark. (2016) %86,7 oranında yüksek değerler elde etmişlerdir.

Ghasemi ve ark. (2020) cinsiyet tayini çalışmasında sağ scapula parametrelerinin doğruluk oranının sola göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma popülasyonundaki bireylerin çoğunluğunun sağ elini kullanan bireylerden oluşmasından dolayı

kaynaklandığını belirtmişlerdir. Retrospektif planlanan bu çalışmada da sağ elini kullanan bireylerin çoğunlukta olmasından dolayı sağ scapula ölçümlerini tercih ettik.

Toplu ölümlerin meydana geldiği vakalarda cinsiyet tayin çalışmaları yapılırken yumuşak doku kayıpları veya deformiteleri meydana geldiği için anatomik noktalar daha kolay tespit edilebilir olmalıdır. Ölüm sonrası kimliklendirme çalışmaları daha hızlı uygulanmalı, daha doğru sonuçlar veren ve talep edildiği zaman verilere kolaylıkla ulaşım sağlanan yöntemler tercih edilmelidir (Ali ve ark., 2018; Badr El Dine ve Hassan, 2016).

BT taraması, osteometri çalışmaları için en doğru radyografik tekniktir (Giurazza ve ark., 2013). BT görüntüleri kullanılarak yapılan kimliklendirme çalışmaları hassas, maliyeti düşük, hızlı uygulanabilen, rekonstrüksiyon olanağı olan, geleneksel çalışmalara göre daha güvenilir ve tekrarlanabilir olan, kemiğin her bir parçasının görüntülenmesine olanak sağlayan, kemiğin uzunluk-açı ve koordinatlarının ölçülmesinde en doğru sonuçları veren yöntemler olduğu için adli antropologlar tarafından tercih edilmektedir (Ali ve ark., 2018; Badr El Dine ve Hassan, 2016).

Er ve ark. (2020) scapula morfometrisi kullanarak Türk popülasyonunda ilk kez cinsiyet tayini yapmıştır. 22-80 yaş aralığındaki 152 bireyin (71 erkek, 81 kadın) BT'sinde SMU, SMG, SSU, CGU, CGG, MLK, AU ve FIY parametrelerini ölçmüştür. SMU erkeklerde 161,5 mm kadınlarda 140,1 mm, SMG erkeklerde 108 mm kadınlarda 95,5 mm, SSU erkeklerde 144,7 mm kadınlarda 127,8 mm, CGU erkeklerde 37,5 mm kadınlarda 32,6 mm, CGG erkeklerde 28,4 mm kadınlarda 23,9 mm, MLK erkeklerde 11,1 mm kadınlarda 8,4 mm, AU erkeklerde 48,5 mm kadınlarda 40,6 mm, FIY erkeklerde 116,4 mm kadınlarda 106,1 mm olduğunu tespit etmişlerdir. Kademeli diskriminant fonksiyon denklemleri ile her iki cinsiyette %96 doğruluk oranı tespit edilmiştir. Diskriminant istatistiksel analizi ile CGG parametresinin %92,1 oranı ile en yüksek doğruluk oranına sahip parametre olduğunu bunu SMU ve SSU parametrelerinin %90,1 doğruluk oranıyla takip ettiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da SMU, SMG, SSU, CGU, CGG, MLK, AU ve FIY ölçümlerinin tamamında erkeklerde medyan değerlerin kadınlara göre anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğunu tespit ettik ($p < 0,05$). Yapmış olduğumuz çalışmada RO algoritmasının SHAP çözümleyicisi kullanılarak her bir parametrenin genel sonuca etkisi değerlendirildi ve FSY parametresinin doğruluğa en büyük katkısı olduğunu, bunu CGG parametresinin takip ettiğini tespit ettik. Tüm ölçüm parametrelerinin DDA ve KDA, analizlerinde hem kadın hem de erkek cinsiyet tayininde genel

doğruluk oranının %97 olduğunu EAS modeli kullanılarak yapılan analizde ise %100 doğruluk oranında olduğunu bulduk.

Er ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada SPSS temel istatistiki veri analizi yaparken bizim çalışmamızda ML algoritmaları kullanılarak veri analizi yapılmıştır Temel istatistiki veri analizinde verilerin tamamı eğitilerek test edilirken, ML algoritmalarında verilerin %80'i eğitilerek %20'si test edilerek değerlendirilir. Temel istatistiki veri analizi kör bir değerlendirme yaptığı için ML algoritmaları ile yapılan çalışmaların daha çok gerçeği yansıttığını düşünmekteyiz.

Torimitsu ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada 23-91 yaş aralığındaki BT görüntüsü alınmış 218 Japonyalı kadavranın (109 erkek, 109 kadın) scapula morfometrisinden yararlanarak cinsiyet tayini etmek ve popülasyona ait veriler oluşturmak istemişlerdir. SMU erkeklerde 158,43 mm kadınlarda 137,76 mm, SMG erkeklerde 114,03 mm kadınlarda 102,27 mm, SSU erkeklerde 142,53 mm kadınlarda 126,71 mm, CGU erkeklerde 33,73 mm kadınlarda 30,65 mm tespit etmişlerdir. Yapılan tüm ölçüm sonuçlarına göre hem erkek hem de kadın cinsiyet tayininde ANOVA kullanılarak genel doğruluk oranının %91 olduğunu bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda SMU erkeklerde 150,69 mm kadınlarda 130,70 mm, SMG erkeklerde 110,13 mm kadınlarda 90,43 mm, SSU erkeklerde 130,93 mm kadınlarda 120,38 mm, CGU erkeklerde 40,21 mm kadınlarda 30,30 mm tespit ettik.

Çalışmamızda ölçülen bu parametreler üzerinden EAS ve GNB modeli kullanılarak %97 doğruluk oranı tespit edilmiştir. İki çalışma arasında farklı doğruluk oranı elde edilmesinde kullanılan yöntemin ve istatistiksel analizin farklı olmasının hatayı en aza indirdiğini; cinsiyet tayini araştırmalarında ML modelleri ile yapılarak daha güvenilir ve daha yüksek doğruluk oranı elde edilebileceğini tespit ettik.

Curate ve ark. (2023) Portekizli 112 bireyden (50 erkek, 62 kadın) scapula ve clavícula morfometrisini kullanarak cinsiyet tayini yapmışlardır. KA ve LR analizi ile hem kadın hem de erkek cinsiyet tayininde genel doğruluk oranının %93,8 olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda tüm parametreler üzerinden KA ve LR analizi kullanılarak %97 doğruluk oranı, EAS modeli kullanılarak yapılan analizde ise %100 doğruluk oranı tespit ettik.

Zhang ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada Çin popülasyonunda yaşları 24-78 aralığında olan 414 bireyin (224 erkek, 190 kadın) scapula morfometrisi üzerinden 6 parametre ölçümü ile cinsiyet tayini yapmayı amaçlamışlardır. Çalışmalarının sonucunda tüm ölçüm

parametrelerinin aşamalı analizinin %86,7 oranında, tek değişkenli diskriminant fonksiyon analizlerinin %80'den fazla doğruluk oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda tüm parametreler üzerinden ML algoritmaları ile DDA ve KDA modeli kullanılarak %97 doğruluk oranı tespit edilmiştir.

Giurazza ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada yaşları 42-86 arasında olan 200 sağlıklı İtalyan bireyin (100 erkek, 100 kadın) BT görüntüleri üzerinden scapula morfometrisini kullanarak cinsiyet tayini yapmışlardır. Ölçüm parametresi SMU ve SMG olmak üzere 2 parametre kullanmışlardır. Çalışma sonucunda SMG'nin %87 oranı ile SMU'nun %84 oranından daha fazla doğruluk oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Mısır popülasyonunda Paulis ve Samra (2016) yapmış oldukları çalışmada 21-83 yaş aralığındaki 200 (100 erkek, 100 kadın) bireyin BT scapula morfometrisinden yararlanarak cinsiyet tahmin etmiştir. Bu çalışmada da sadece SMU ve SMG parametreleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda SMG'nin %90,5 oranı ile SMU'nun %89 oranından daha fazla doğruluk oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekilde SMG ölçümü SMU ölçümünden daha fazla doğruluk oranına sahiptir.

Ghasemi ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada İran popülasyonunda BT görüntüleri alınmış, 20-60 yaş arasındaki 200 bireyin (100 erkek, 100 kadın) scapula morfometrisinden SMU, SMG, SSU, CGU, CGG, CGAIM, PCAIM ve AAIM parametrelerinden cinsiyet tayini gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek AAIM parametresinin %90,5 doğruluk oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise SMU, SMG, SSU, CGU, CGG, CGAIM, PCAIM ve AAIM parametrelerinden CGG en yüksek doğruluk oranına sahiptir.

Dabbs ve Moore-Jansen, (2010) yaptıkları çalışmada yaşları 19-93 arasında olan 804 kişinin (496 erkek, 308 kadın) scapula morfometrisinde 23 parametre üzerinden ölçüm yaparak cinsiyet tayini yapmışlardır. Çalışma sonucunda SMU, SMG, SSU, CGU, MLK ve CGAIM parametreleri erkek bireyler için %91,5 doğruluk oranında kadın bireyler için %93,6 doğruluk oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise scapula'da ölçülen 13 parametre üzerinden RO ve k-EYKA analiz yöntemleri kullanılarak %97 doğruluk oranı, EAS modeli kullanılarak yapılan analizde ise %100 doğruluk oranı tespit edildi.

Scapula morfometrisi kullanarak yapılan diğer cinsiyet tahmin çalışmalarında Papaioannou ve ark. (2012) Yunan popülasyonunda 8 parametre ölçmüşlerdir. Çalışma

sonucunda 2 parametre için %95,9 doğruluk oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Hudson ve ark. (2016) Meksika popülasyonunda 21-100 yaş aralığında 177 bireyin scapula morfometrisi üzerinden cinsiyet tahmini yapmıştır. Çalışma sonucunda her iki cinsiyetin sınıflandırılmasının %83,6-89,3 arasında doğruluk oranında olduğunu bildirmişlerdir. Peckmann ve ark. (2017) Tayland popülasyonunda scapula morfometrisi üzerinden yapılan cinsiyet tayini çalışmasında yaşları 19-96 arasında olan 191 bireyin (95 erkek, 96 kadın) ölçümünü yapmışlardır. Scapula ölçümlerinin her iki cinsiyet sınıflandırmasında %83-88 arasında doğruluk oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ali ve ark., 2018 karma bir popülasyonda 18-101 yaş aralığındaki 290 bireyin (184 erkek, 106 kadın) scapula morfometrisini kullanarak cinsiyet tayini yaptıkları çalışmada %94,5 doğruluk oranında bir sınıflandırma tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda scapula'nın ossifikasyonu 20-25 yaşları arasında tamamlandığı için 20 yaş altı scapula görüntüsü dahil edilmedi. Scapula üzerinde ölçülen tüm parametreler üzerinden KA, LR, RO, k-EYKA, GNB, DDA ve KDA modeli kullanılarak %97 doğruluk oranı, EAS modeli kullanılarak yapılan analizde ise %100 doğruluk oranında olduğu tespit edilmiştir. Diğer çalışmalara kıyasla bu çalışmada yüksek doğruluk oranı elde etme sebebinin, popülasyon yaşının scapula ossifikasyon yaşına uygun seçilmesinden ve tercih edilen istatistiksel analizlerin ve uygulamış olduğumuz metodun farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Literatürde osteometri yöntemi kullanılarak bu zamana kadar yapılan cinsiyet tayini çalışmalarında Bytheway ve Ross (2010) hem erkek hem de kadınlar için pelvis iskeletinden %98 oranı ile en yüksek doğruluk oranını bulmuşlardır. Bu çalışma %98 doğruluk oranı ile DNA multipleks PCR testinden sonra osteometri yöntemiyle gerçekleştirilen en güvenilir cinsiyet tayini olarak literatürde yer almaktadır. Çalışmalarını 100 bireyin (50 erkek, 50 kadın) pelvis morfometrisini bir kumpas vasıtasıyla, Geometric Morphometric yöntem ile ölçüp sayısallaştırmışlardır. Daha sonrasında elde edilen verileri MANCOVA diskriminant analiz ile değerlendirmişlerdir. d'Oliveira Coelho ve Curate (2019), pelvis morfometrisi üzerinde yaptığı çalışmada ML algoritmalarından RO analiz yöntemi ile %86 doğruluk oranında cinsiyet tayini gerçekleştirmişlerdir. Literatürde kafatası morfometrisi osteometri yöntemiyle gerçekleştirilen en güvenilir ikinci yöntem olarak yer almaktadır (Riaz ve ark., 2023). Yang ve ark. (2019) 267 bireyin (114 erkek, 153 kadın) üç boyutlu kafatası morfometrisini kullanarak geliştirilmiş geri yayımlı sinir ağına dayalı analiz metodu ile %96,76 doğruluk oranı elde etmişlerdir. Santos ve ark. (2014) Fransa, Portekiz, Amerika Birleşik Devletleri, Tayland halkına ait kranyum üzerine yaptıkları çalışmada ML algoritmalarını kullanarak DDA ile %90 ve LR ile %89 doğruluk oranı tespit etmişlerdir.

BT taramasının, osteometri çalışmaları için en doğru ve en güvenilir radyografik teknik olması ve ML algoritmalarının daha çok gerçeği yansıttığı için Secgin ve ark. (2022) Türk popülasyonunda 300 sağlıklı bireyin (150 kadın, 150 erkek) cinsiyet tayininde BT görüntüleri üzerinden pelvis morfometrisi ile yapılan ölçümlerde; ML algoritması KA, RO, LR, ADA, DDA ve EAS analiz yöntemlerinden %90-96 oran bularak güvenilir ve yüksek doğruluğa sahip değerler elde etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda scapula'nın ölçülen tüm parametreleri üzerinden KA, LR, RO, k-EYKA, GNB, DDA ve KDA modelleri kullanılarak %97 doğruluk oranı, EAS modeli kullanılarak yapılan analizde ise %100 doğruluk oranında olduğu tespit edildi. Literatürde yer alan pelvis morfometrisinin cinsiyet tayin çalışmalarındaki en güvenilir kemik olmasının yanı sıra scapula morfometrisinin de Türk popülasyonunda ve diğer popülasyonlarda oldukça güvenilir ve dimorfik kemik olduğu kanaatindeyiz.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Toplu ölümlerin bir arada olduğu doğal afetler, uçak kazaları ve savaşlar gibi birçok insanın aynı anda vefat ettiği olgularda kimlik tespiti çalışmaları önemli ölçüde dikkat ve uzmanlık gerektirir. Çok sayıda insana ait fragmantasyona uğramış kemiklerin bir arada bulunduğu bu vakalarda bütün kemikler boyutlarına, görünüşlerine, artikülasyon özelliklerine ve patolojik durumlarına göre tespit edilerek elimine edilmeli ve eşleştirilmelidir (Çeker, 2017; Yerli, 2021). Bizim çalışmamızda 20-60 yaş aralığındaki (erkek bireylerin yaş ortalaması 43.50, kadın bireylerin yaş ortalaması 42) 300 bireye ait (150 erkek, 150 kadın) scapula morfometrisi BT görüntüleri üzerinden ölçülmüştür. Elde edilen verilerin ML algoritmaları ile analizleri yapılmıştır.

Yapmış olduğumuz literatür taramaları sonucunda Türk popülasyonunda SMU, SMG, SSU, CGAIM, CGU, CGG, MLK, AU, AG, FSY, FIY, PCAIM ve AAİM parametrelerinin ML algoritmalarından KA, LR, RO, k-EYKA, GNB, DDA ve KDA analiz yöntemleri kullanılarak yapılan herhangi bir cinsiyet tayini çalışmasına rastlanmamıştır. Bu da çalışmamızın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Tüm verilerin ortalama değerinin kadınlara göre erkeklerde daha fazla olduğu tespit edildi. Verilerin cinsiyet açısından karşılaştırılmasında scapula üzerinden ölçülen tüm parametrelerin anlamlı bir farka sahip olduğu bulundu. Cinsiyetler açısından veriler arası ilişki Spearman rho korelasyon testi ile incelendi ve totalde 16 parametre arasında ilişki bulundu. RO algoritmasının SHAP çözümleyicisi kullanılarak her bir verinin genel sonuca etkisi değerlendirildi ve FSY parametresinin doğruluğa en büyük katkısı olduğu bulundu.

Çalışmamızda tüm parametreler üzerinden KA, LR, RO, k-EYKA, GNB, DDA ve KDA modeli kullanılarak %97 doğruluk oranı, EAS modeli kullanılarak yapılan analizde ise %100 doğruluk oranı tespit edildi. En yüksek doğruluk oranı elde edilen EAS algoritmasında veri setindeki 31 erkek bireyin ve 29 kadın bireyin tamamı doğru olarak tahmin edildi.

6.2. Öneriler

Çalışma sonucu olarak scapula morfometrisinin cinsiyet tayini çalışmalarında güvenilir ve doğru sonuçlar elde edebileceği kanaatindeyiz. Ayrıca bu çalışma ile scapula'nın morfometrisinin geniş bir yelpazede incelendiğini ve herhangi bir cerrahi işlem durumunda scapula ölçümlerinin referans veri seti olarak kullanılabilirliğini düşünüyoruz.

Oldukça dimorfik olduğunu düşündüğümüz scapula'nın, kullandığımız ML algoritmalarının haricinde diğer ML algoritmalarından da cinsiyet tayininde yüksek doğruluk oranları elde edilebileceğini düşünmekteyiz.



7. KAYNAKLAR

- Ali, Z., Cox, C., Stock, M. K., Zandee vanRilland, E. E., Rubio, A., & Fowler, D. R. (2018). Estimating Sex Using Metric Analysis of the Scapula by Postmortem Computed Tomography. *Journal of Forensic Sciences*, 63(5), 1346-1349. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13751>.
- Allahverdi, E. (2007). Proksimal humerusun primer ve metastatik tümörlerinin rezeksiyon sonrası tümör protezlerinin sonuçları (Tez No. 175227) [Tıpta Uzmanlık Tezi, Ankara Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <http://hdl.handle.net/20.500.12575/78710>.
- Arıncı, K. & Elhan, A. (2020). Anatomi. Cilt 2. (7. Baskı). Ankara: Güneş Tıp Kitabevi.
- Arifoğlu, Y. (2021). Her Yönüyle Anatomi. (3. Baskı). İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevleri.
- Badr El Dine, F. M. M., & Hassan, H. H. M. (2016). Ontogenetic study of the scapula among some Egyptians: Forensic implications in age and sex estimation using Multidetector Computed Tomography. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(2), 56-77. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2015.04.003>.
- 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. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13669>.
- Bostan, H. (2016). Antropoloji, kültür ve Güvenlik. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 1-31. <https://doi.org/10.28956/gbd.282261>.
- Breiman, L. (2001). *Random Forests*. *Machine Learning*, 45, 5-32. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- Bytheway, J. A., & Ross, A. H. (2010). A geometric morphometric approach to sex determination of the human adult os coxa. *Journal of Forensic Sciences*, 55(4), 859-864. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01374.x>.
- Cihan, P., & Coskun, H. (2021). Performance comparison of machine learning models for diabetes prediction. *SIU 2021 - 29th IEEE Conference on Signal Processing and Communications Applications*, 21, 1-4. <https://doi.org/10.1109/SIU53274.2021.9477824>.
- Curate, F., Alves, I., Rodrigues, T., & Garcia, S. J. (2023). Assigned sex estimation with the clavicle and scapula: A study in a Portuguese reference sample. *Medicine, Science and the Law*, 64(1):15-22. <https://doi.org/10.1177/00258024231174822>.
- Çeker, D. (2017). İnsan kemiklerinin analizi ve adli antropoloji’de kimliklendirmede önemi. *Mimarlar Arkeologlar Sanat Tarihçileri Restoratörler Ortak Platformu*, 11(17), 1-13. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/835166>.
- Dabbs, G. R., & Moore-Jansen, P. H. (2010). A method for estimating sex using metric analysis of the scapula. *Journal of Forensic Sciences*, 55(1), 149-152. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2009.01232.x>.
- Decker, S. J., Davy-Jow, S. L., Ford, J. M., & Hilbelink, D. R. (2011). Virtual Determination of Sex: Metric and Nonmetric Traits of the Adult Pelvis from 3D Computed Tomography Models. *Journal of Forensic Sciences*, 56(5), 1107-1114. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01803.x>.
- 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(5), 1497-1506. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02001-8>.
- d’Oliveira Coelho, J., & Curate, F. (2019). CADOES: An interactive machine-learning approach for sex estimation with the pelvis. *Forensic Science International*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.109873>.
- Desir, C., Petitjean, C., Heutte, L., Salaun, M., & Thiberville, L. (2012). Classification of endomicroscopic images of the lung based on random subwindows and extra-trees. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 59(9), 2677-2683. <https://doi.org/10.1109/TBME.2012.2204747>.
- Durland, J.L., Sferlazzo, M., Logan, M., & Burke, A.C. (2008). Visualizing the lateral somitic frontier in the Prx1Cre transgenic mouse. *Journal of anatomy*, 212(5):590-602. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.00879.x>.
- Ehehalt, F., Wang, B., Christ, B., Patel, K., & Huang, R. (2004). Intrinsic cartilage-forming potential of dermomyotomal cells requires ectodermal signals for the development of the scapula blade. *Anatomy and embryology*, 208(6):7-431. <https://doi.org/10.1007/s00429-004-0415-0>

- Ehrampoosh, A., Yousefi-Koma, A., Mohtasebi, S. S., & Ayati, M. (2016). EMG-based estimation of shoulder kinematic using neural network and quadratic discriminant analysis. In *2016 4th International Conference on Robotics and Mechatronics*,. 471-476. <https://doi.org/10.1109/ICRoM.2016.7886786>.
- Eşiyok, B., Eke, S. M., & Hancı, İ. H. (2005). Yaşlılarda kimliklendirme. *Turkish Journal of Geriatrics*, 8 (3): 148-152. <https://geriatri.dergisi.org/abstract.php?lang=tr&id=272>.
- Er, A., Unluturk, O., Bozdag, M., Basa, C. D., Kacmaz, I. E., et al. (2020). Sex estimation of the scapula using 3D imaging in a modern Turkish population. *Rechtsmedizin*, 30(4), 209-218. <https://doi.org/10.1007/s00194-020-00393-1>.
- Franklin, D., Cardini, A., Flavel, A., & Kuliukas, A. (2013). Estimation of sex from cranial measurements in a Western Australian population. *Forensic Science International*, 229(1-3), 158.e1-158.e8. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.005>.
- Franklin, D., O'higgins, P., Oxnard, C. E., & Dadour, I. (2006). *Determination of Sex in South African Blacks by Discriminant Function Analysis of Mandibular Linear Dimensions A Preliminary Investigation Using the Zulu Local Population*. *Forensic science, medicine and pathology*, 2, 263-268. <https://doi.org/10.1385/Forensic>.
- Ghasemi, B., Ramezani, R., Katourani, N., Babahajian, A., & Yousefinejad, V. (2020). Anthropometric characteristics of scapula for sex determination using CT scans images in Iranian population. *Forensic Imaging*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.fri.2020.200408>.
- Gilroy, A. M., & MacPherson, B. R. (2021). *Anatomi Atlası*. (3. Baskı). Ankara: Palme Yayınevi.
- Giurazza, F., Del Vescovo, R., Schena, E., Cazzato, R. L., D'Agostino, F., et al.(2013). Stature estimation from scapular measurements by CT scan evaluation in an Italian population. *Legal Medicine*, 15(4), 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2013.01.002>.
- Giurazza, F., Schena, E., Del Vescovo, R., Cazzato, R. L., Mortato, L., et al. (2013). Sex determination from scapular length measurements by CT scans images in a Caucasian population. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 1632-1635. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6609829>.
- Hasegawa, I., Uenishi, K., Fukunaga, T., Kimura, R., & Osawa, M. (2009). Stature estimation formulae from radiographically determined limb bone length in a modern Japanese population. *Legal Medicine*, 11(6), 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2009.07.004>.
(<https://www.anatomystandard.com/>).
- Hudson, A., Peckmann, T. R., Logar, C. J., & Meek, S. (2016). Sex determination in a contemporary Mexican population using the scapula. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 37, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2015.11.006>.
- Koç, S., & Can, M. (Eds.). (2010). *Birinci Basamakta Adli Tıp. İstanbul, İstanbul Tabip Odası Yayınları*. https://www.istabip.org.tr/dosyalar/adli_tip.pdf.
- Krems, R. (2019). Bayesian machine learning for quantum molecular dynamics. *Physical Chemistry Chemical Physics Journal*, 21, 13392–13410. <https://doi.org/10.1039/C9CP01883B>.
- Krüger, G. C., L'Abbé, E. N., Stull, K. E., & Kenyhercz, M. W. (2015). Sexual dimorphism in cranial morphology among modern South Africans. *International Journal of Legal Medicine*, 129(4), 869-875. <https://doi.org/10.1007/s00414-014-1111-0>.
- Lewis, C. D. N. (2017). *Machine Learning Made Easy with R: An Intuitive Step by Step Blueprint for Beginners*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Mishra, G., Sehgal, D., & Valadi, J. K. (2017). Quantitative Structure Activity Relationship study of the Anti-Hepatitis Peptides employing Random Forests and Extra-trees regressors. *Bioinformatics*, 13(3), 60-62. doi:10.6026/97320630013060.
- Nilsson, N. (2014). Principles of Artificial Intelligence. In Morgan Kauffmann. <https://stacks.stanford.edu/file/druid:zd294jv9941/zd294jv9941.pdf>.
- Oner, Z., Turan, M. K., Oner, S., Secgin, Y., & Sahin, B. (2019). Sex estimation using sternum part lengths by means of artificial neural networks. *Forensic Science International*, 301, 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.05.011>.

- Özlüer, B. B., Yangın, M., & Sarıdaş, E. S. (2021). Makine Öğrenmesi Teknikleriyle Diyabet Hastalığının Sınıflandırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 112-120. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.842460>.
- Papaioannou, V. A., Kranioti, E. F., Joveneaux, P., Nathena, D., & Michalodimitrakis, M. (2012). Sexual dimorphism of the scapula and the clavicle in a contemporary Greek population: Applications in forensic identification. *Forensic Science International*, 217(1-3), 231.e1-231.e7. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.11.010>.
- Paulis, M. G., & Abu Samra, M. F. (2015). Estimation of sex from scapular measurements using chest CT in Egyptian population sample. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 3(3), 153-157. <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2015.07.005>.
- Paulsen, F., & Waschke, J. (2011). Sobotta: Atlas of Human Anatomy (15th ed). Munich: Urban & Fischer.
- Peckmann, T. R., Scott, S., Meek, S., & Mahakkanukrauh, P. (2017). Sex estimation from the scapula in a contemporary Thai population: Applications for forensic anthropology. *Science and Justice*, 57(4), 270-275. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2017.02.005>.
- Pereira, J. G. D., Lima, K. F., & Da Silva, R. H. A. (2020). Mandibular measurements for sex and age estimation in brazilian sampling. *Acta Stomatologica Croatica*, 54(3), 294-301. <https://doi.org/10.15644/asc54/3/7>.
- Riaz, S., Khamis, M. F., B., Ahmad, W. M. A. B. W., Abdullah, J. Y., & Alam, M. K. (2023). Potential use of the cusp and crown areas of the maxillary posterior teeth measured with a two-dimensional stereomicroscope for sex determination. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12024-023-00651-0>.
- Iwamura, E. S. M., Soares-Vieira, J. A., & Muñoz, D.R. *Human identification and analysis of dna in bones. Revista do Hospital das Clínicas*, 59, 383-388.
- Santos, F., Guyomarc'h, P., & Bruzek, J. (2014). Statistical sex determination from craniometrics: Comparison of linear discriminant analysis, logistic regression, and support vector machines. *Forensic Science International*, 245, 204.e1-204.e8. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.10.010>.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. (2009). Prometheus Anatomi Atlası. 1. Baskıdan Çeviri. (Çev: Yıldırım M, Marur T). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Secgin, Y., Oner, Z., Turan, M. K., & Oner, S. (2022). Gender prediction with the parameters obtained from pelvis computed tomography images and machine learning algorithms. *Journal of the Anatomical Society of India*, 71(3), 204-209. https://doi.org/10.4103/jasi.jasi_280_20.
- Senol, D., Bodur, F., Seçgin, Y., Bakıcı, R. S., Sahin, N. E., et al. (2022). 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. <https://doi.org/10.5603/fm.a2022.0052>.
- Senol, D., Secgin, Y., Duman, B. S., Toy, S., & Oner, Z. (2023). Sex and age estimation with machine learning algorithms with parameters obtained from cone beam computed tomography images of maxillary first molar and canine teeth. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 13(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s41935-023-00346-1>.
- Sharma, A., & Paliwal, K. K. (2015). Linear discriminant analysis for the small sample size problem: an overview. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 6(3), 443-454. <https://doi.org/10.1007/s13042-013-0226-9>.
- Song Y & Ying Lu. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai archives of psychiatry*, 27(2), 130-135. <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>.
- Spradley, M. K., Jantz, R. L., Robinson, A., & Peccerelli, F. (2008). Demographic change and forensic identification: Problems in metric identification of hispanic skeletons. *Journal of Forensic Sciences*, 53(1), 21-28. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00614.x>.
- Stoltzfus, J. (2011). Logistic regression: a brief primer. *Academy Emergency Medicine*, 18(10), 1099- 1104. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2011.01185.x>.
- Torimitsu, S., Makino, Y., Saitoh, H., Sakuma, A., Ishii, N., et al. (2015). Estimation of sex in Japanese cadavers based on sternal measurements using multidetector computed tomography. *Legal Medicine*, 17(4), 226-231. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2015.01.003>.

- Torimitsu, S., Makino, Y., Saitoh, H., Sakuma, A., Ishii, N., et al. (2016). Sex estimation based on scapula analysis in a Japanese population using multidetector computed tomography. *Forensic Science International*, 262, 285.e1-285.e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.023>.
- Toy, S., Secgin, Y., Oner, Z., Turan, M. K., Oner, S., et al. (2022). A study on sex estimation by using machine learning algorithms with parameters obtained from computerized tomography images of the cranium. *Scientific Reports*, 12(1) 4278. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07415-w>.
- Yang, W., Liu, X., Wang, K., Hu, J., Geng, G., et al. (2019). Sex determination of three-dimensional skull based on improved backpropagation neural network. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2019, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2019/9163547>.
- Yerli, Y. (2021). Adli Antropoloji Çalışmalarında Yeni Yaklaşımlar. *Journal Of Social, Humanities And Administrative Sciences*, 7(39), 846-856. <https://doi.org/10.31589/joshas.616>.
- Zhang, K., Cui, J. H., Luo, Y. Z., Fan, F., Yang, M., Li, X. H., et al. (2016). Estimation of stature and sex from scapular measurements by three-dimensional volume-rendering technique using in Chinese. *Legal Medicine*, 21, 58-63. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2016.06.004>.
- Waschke, J., Böckers, T.M., Paulsen, F. (2016). Sabotta Anatomi Konu Kitabı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.



8. EKLER

8.1. Etik Kurul Onayı

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

Toplantı Sayısı: 161

Toplantı Tarihi: 07 Ekim 2022

Karar Sayısı:2022/4012:(11319)N.E.Ü. Meram Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI'nın "Türk popülasyonunda makina öğrenme algoritmaları kullanılarak MDBT görüntüleri üzerinde scapula'nın antropometrik ölçümleri ile cinsiyet tahmini" başlıklı doktora tez çalışması ile ilgili 04.10.2022 tarihli dilekçesi ve ekleri görüşüldü, Arş. Gör. Halide TEMELCI'nin retrospektif doktora tez çalışmasının N.E.Ü. Meram Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI'nın koordinatörlüğünde yürütülmesinin uygun olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

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

Koordinasyondan Sorumlu Araştırmacı: Prof. Dr. Aynur Emine ÇİÇEKÇİBAŞI

Sorumlu Araştırmacı: Doç. Dr. Zülal ÖNER

Yardımcı Araştırmacılar: Arş. Gör. Halide TEMELCI, Doç. Dr. Serkan ÖNER, Arş. Gör. Yusuf SEÇGİN, Doç. Dr. Gülşay AÇAR

ASLI GİBİDİR
07.10.2022

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

