

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI



FOSSA CRANII POSTERIOR'DAN MAKİNE ÖĞRENMESİ
ALGORİTMALARI İLE CİNSİYET TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMİNE İPEK

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Murat DIRAMALI

BOLU, TEMMUZ - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

EMİNE İPEK tarafından hazırlanan “FOSSA CRANII POSTERIOR’DAN MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI İLE CİNSİYET TAHMİNİ” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Anatomi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği/ oy çokluğuyla kabul edilmiştir.
11/07/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Murat DIRAMALI
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Deniz ŞENOL
Düzce Üniversitesi

.....

Üye
Unvanı Adı SOYADI
Üniversitesi

.....

Üye
Unvanı Adı SOYADI
Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin 26/05/2023 tarihinde Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %26 olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 344 sayısı ile etik izin alınmıştır.

.....

EMİNE İPEK

ÖZET

**FOSSA CRANII POSTERİOR'DAN MAKİNE ÖĞRENMESİ
ALGORİTMALARI İLE CİNSİYET TAHMİNİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
EMİNE İPEK
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT DIRAMALI)

**BOLU, TEMMUZ - 2023
XII+ 69**

Fossa cranii posterior'da bulunan anatomik yapılardan kadın ve erkek bireylerde yapılan morfometrik ölçümler ile makine öğrenme algoritmalarını kullanarak cinsiyetler arasında anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek/ortaya koymak amaçlandı.

BAİBÜ Eğitim ve Araştırma Hastanesine başvuran dâhil edilme ve dışlanma kriterlerine uygun olan 100 erkek 100 kadın toplamda 200 birey çalışmaya alındı. Görüntüler iş istasyonuna aktarılarak volume rendering tekniği ile fossa cranii posterior'da yer alan 26 parametrede morfometrik ölçümler yapıldı.

Lojistik Regresyon, Rastgele Orman, Karar Ağacı, K-En Yakın Komşu, Gaussian Naive Bayes, Doğrusal Diskriminant Analizi, Destek Vektör Makinesi algoritmaları kullanıldı. Doğruluk skoruna bakıldığında eğitim seti için 0,894 ve test seti için 0,875 olarak bulunan en yüksek değer ile en efektif algoritmanın Rastgele Orman olduğu görüldü.

Fossa cranii posterior bölgesindeki anatomik yapıların morfometrik ölçümleri kullanılarak cinsiyet belirlemede makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılabileceği sonucuna varıldı.

ANAHTAR KELİMELELER: Fossa Cranii Posterior, Bilgisayarlı Tomografi, Makine Öğrenmesi, Cinsiyet Tahmini, Adli Antropoloji

ABSTRACT

SEX ESTIMATION FROM POSTERIOR CRANIAL FOSSA WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS

MSC THESIS

EMİNE İPEK

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. MURAT DIRAMALI)

**BOLU, JULY 2023
XII+ 69**

The aim of the study is to determine whether there is a significant difference between male and female in terms of morphometric measurements of anatomical structures in the fossa cranii posterior using machine learning algorithms.

A total of 200 individuals, consisting of 100 men and 100 women who met the inclusion and exclusion criteria for the BAIBU Education and Research Hospital, were included in the study. Measurements were taken with 26 parameters using volume rendering technique on the images.

Logistic Regression, Random Forest, Decision Tree, K-Nearest Neighbour, Gaussian Naive Bayes, Linear Discriminant Analysis, and Support Vector Machine algorithms were employed in the study. As considering the accuracy score, it is observed that the most effective algorithm is Random Forest, with a value of 0.894 for the training set and 0.875 for the test set.

It has been concluded that machine learning algorithms can be used to determine gender by utilizing morphometric measurements of anatomical structures in the posterior cranial fossa.

KEYWORDS: Fossa Cranii Posterior, Computerized Tomography, Machine Learning, Sex Estimation, Forensic Anthropology

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	x
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Embriyoloji.....	3
2.2. Histoloji	4
2.3 Anatomi	6
2.3.1 Neurocranium	6
2.3.2 Viscerocranium.....	9
2.3.3 Kafa İskeletinin Bütünü.....	11
2.3.4 Basis Cranii Externa	13
2.3.5 Basis Cranii Interna	14
2.4 Cinsiyet Tahmini ve Cinsiyet Tahmini Yöntemleri	18
2.5 Makine Öğrenmesi	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
4. BULGULAR	38
5. TARTIŞMA	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
7. KAYNAKLAR.....	62
8. EKLER.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Neurocranium (22).	6
Şekil 2.2. Viscerocranium (22).	11
Şekil 2.3. Basis Cranii Externa (22).	14
Şekil 2.4. Basis Cranii Interna (22).	18
Şekil 2.5. Model Kurma Şeması.	22
Şekil 3.1. Foramen magnum'un anteroposterior çapı.	28
Şekil 3.2. Foramen magnum'un transvers çapı.	28
Şekil 3.3. Foramen magnum'un çevresi.	29
Şekil 3.4. Sağ ve sol foramen jugulare'nin anteroposterior çapı.	29
Şekil 3.5. Sağ ve sol foramen jugulare'nin transvers çapı.	30
Şekil 3.6. Sağ ve sol foramen jugulare'nin çevresi.	30
Şekil 3.7. Sağ ve sol condylus occipitalis'in uzunluğu.	31
Şekil 3.8. Sağ ve sol condylus occipitalis'in maksimum genişliği.	31
Şekil 3.9. Ön interkondiler mesafe.	32
Şekil 3.10. Arka interkondiler mesafe.	32
Şekil 3.11. Sağ ve sol foramen jugulare arası mesafe.	33
Şekil 3.12. Sağ ve sol foramen jugulare ile basion arası mesafe.	33
Şekil 3.13. Sağ ve sol foramen jugulare ile opisthion arası mesafe.	34
Şekil 3.14. Sağ ve sol meatus acusticus internus arası mesafe.	34
Şekil 3.15. Sağ ve sol meatus acusticus internus ile basion arası mesafe.	35
Şekil 3.16. Sağ ve sol meatus acusticus internus ile opisthion arası mesafe. ...	35
Şekil 3.17. Sağ ve sol canalis nervi hypoglossi arası mesafe.	36
Şekil 4.1. Morfometrik ölçümlerin Box-Cox dönüşümü öncesi dağılımı.	41
Şekil 4.2. Morfometrik ölçümlerin Box-Cox dönüşümü sonrası dağılımı.	41
Şekil 4.3. Morfometrik ölçümlerin cinsiyete göre dağılımı.	43
Şekil 4.4. Morfometrik ölçümlerin korelasyon analizi.	44
Şekil 4.5. Lojistik Regresyon eğrileri.	45
Şekil 4.6. Lojistik Regresyon algoritmasının konfüzyon matrisi.	45
Şekil 4.7. Doğrusal Diskriminant Analizinin konfüzyon matrisi.	46
Şekil 4.8. Karar Ağacı modelinin konfüzyon matrisi.	46
Şekil 4.9. Rastgele Orman modelinin konfüzyon matrisi.	47
Şekil 4.10. Destek Vektör Makinesi modelinin konfüzyon matrisi.	47
Şekil 4.11. K-En Yakın Komşu modelinin konfüzyon matrisi.	48
Şekil 4.12. Gaussian Naive Bayes modelinin konfüzyon matrisi.	48
Şekil 4.13. AUC Grafiği.	50

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Normal dağılıma uymayan, tüm ölçümlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri.	38
Tablo 4.2. Normal dağılıma uymayan, kadınlara ait ölçümlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri.	38
Tablo 4.3. Normal dağılıma uymayan, erkeklere ait ölçümlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri.	39
Tablo 4.4. Normal dağılıma uyan, tüm ölçümlerden elde edilen verilere ait tanımlayıcı istatistikleri.	39
Tablo 4.5. Normal dağılıma uyan, kadınlardan elde edilen verilerin ait tanımlayıcı istatistikleri.	39
Tablo 4.6. Normal dağılıma uyan, erkeklerden elde edilen verilerin ait tanımlayıcı istatistikleri.	40
Tablo 4.7. Parametrik Verilerin Gruplara Göre Analizi.	42
Tablo 4.8. Lojistik Regresyon modelinin sonucu.	44
Tablo 4.9. Makine öğrenmesi modellerinin sonuçları.	50

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

3B	: Üç boyutlu
AİKM	: Arka interkondiler mesafe
AP	: Anteroposterior
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CNH-CNH	: Sağ ve sol canalis nervi hypoglossi arası mesafe
CAA	: Çeyrekler arası aralık
DTC	: Karar Ağacı
FJ-FJ	: Sağ ve sol foramen jugulare arası mesafe
FJAPÇAP	: Sağ ve sol foramen jugulare'nin anteroposterior çapı
FJÇEVRE	: Sağ ve sol foramen jugulare'nin çevresi
FJTÇAP	: Sağ ve sol foramen jugulare'nin transvers çapı
FMAPÇAP	: Foramen magnum'un anteroposterior çapı
FMÇEVRE	: Foramen magnum'un çevresi
FMTÇAP	: Foramen magnum'un transvers çapı
GNB	: Gaussian Naive Bayes
KNN	: K-En Yakın Komşu
LCOMAXG	: Sol condylus occipitalis'in maksimum genişliği
LCOU	: Sol condylus occipitalis'in uzunluğu
LDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
LFJAPÇAP	: Sol foramen jugulare ön arka çapı
LFJÇEVRE	: Sol foramen jugulare çevresi
LFJTÇAP	: Sol foramen jugulare transvers çapı
LFJ-BAS	: Sol foramen jugulare ile basion arası mesafe
LFJ-OP	: Sol foramen jugulare ile opisthion arası mesafe
LMAİ-BAS	: Sol meatus acusticus internus ile basion arası mesafe
LMAİ-OP	: Sol meatus acusticus internus ile opisthion arası mesafe
LOGR	: Lojistik Regresyon
MAİ-MAİ	: Sağ ve sol meatus acusticus internus arası mesafe
MAKS	: Maksimum
MİN	: Minimum
MRG	: Manyetik rezonans görüntüleme
ORT	: Ortalama

ÖİKM	: Ön interkondiler mesafe
RCOMAXG	: Sağ condylus occipitalis'in maksimum genişliği
RCOU	: Sağ condylus occipitalis'in uzunluğu
RFC	: Rastgele Orman
RFJAPÇAP	: Sağ foramen jugulare ön arka çapı
RFJÇEVRE	: Sağ foramen jugulare çevresi
RFJTÇAP	: Sağ foramen jugulare transvers çapı
RFJ-BAS	: Sağ foramen jugulare ile basion arası mesafe
RFJ-OP	: Sağ foramen jugulare ile opisthion arası mesafe
RMAİ-BAS	: Sağ meatus acusticus internus ile basion arası mesafe
RMAİ-OP	: Sağ meatus acusticus internus ile opisthion arası mesafe
SD	: Standart sapma
SSVS	: Sinus sagittalis superior
SVC	: Destek Vektör Makinesi

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca yol gösteren, destek ve yardımlarını esirgemeyen, pozitifliği, alçak gönüllülüğü ile tanıdığım tez danışmanım, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Murat DIRAMALI'ya,

Tezimin radyolojik ölçümleri aşamasında, sağladığı destek ve yardım ile yanımda olan, kendisini tanımaktan mutluluk duyduğum ve şanslı hissettiğim, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sıddıka HALICIOĞLU'na,

Ana bilim dalı başkanımız Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL, ana bilim dalı öğretim üyeleri Doç. Dr. Seda SERTEL MEYVACI ve Dr. Öğr. Üyesi Gamze TAŞKIN ŞENOL'a,

Yüksek lisansta tanıdığım ve her zaman yanımda olan, destek ve sevgilerini hissettiğim tüm hocalarım ve arkadaşlarıma,

Tezimi 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı (**2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı**) kapsamında destekleyen **TÜBİTAK**'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü fedakarlığı yapan, hayatta her zaman her kararında sonuna kadar desteklerini esirgemeyen, bana inanan ve her daim arkamda olduklarını bildiğim, çocukları olmaktan gurur duyduğum, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, canım babam Celal İPEK'e, canım annem Zehra İPEK'e ve bir tanecik kardeşim Zeynep İPEK'e ömrümün sonuna dek minnettar olacağım.

Tüm dostlarıma ve sevdiklerime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze, yetişkin kadın ve erkek bireyler arasındaki cinsiyete bağlı farklılıkları araştıran ve cinsiyet tahmini için çeşitli yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Cinsiyetler arasında morfolojik farklılıkların ve çeşitli varyasyonların, bulunma sıklıklarının bilinmesi çalışmalarda kolaylık sağlamaktadır. Adli tıp, anatomi, patoloji, arkeoloji, odontoloji, paleontoloji ve birçok alanda karşımıza çıkmaktadır (1-3).

Bir iskeletin bütün parçalarının bulunduğu durumlarda, pelvis ve cranium'daki morfolojik farklılıklara bakılarak cinsiyet tahmin edilebilmektedir. Bireyin vücut kemikleri tam olduğunda %95-100 güvenilirlikte sonuç elde edilebilmektedir. Pelvis ve cranium için %98, sadece pelvis için %95 ve sadece uzun kemikler için %80-90'dır (4). Pelvis'in doğumu kolaylaştırmak için morfolojik bir adaptasyonu vardır, bu yüzden cinsiyetin en iyi göstergesidir. Pelvis uygun olmadığında ise cranium cinsiyetin en iyi ikinci göstergesi olarak kabul edilmektedir (5, 6).

Kafa tabanı anatomik olarak vücuttaki en karmaşık bölgelerdendir. Cranium'un parçalandığı pek çok durumda bile sağlam kalabilmektedir. Bu bölgede yapılan ölçümler ile açıklanamayan veya doğal ölümlerde, cinayet, intihar, kaza ve büyük afetlerde, kişiye ait kimlik tanımlamasında ayrıca hastalıklar ve çeşitli patolojileri tanımlamada, anomalilerinin tespit edilmesinde, uygun tedavi ve cerrahi yöntemin seçilmesinde büyük öneme sahiptir (7).

Cinsiyet tahmini için yaygın olarak kullanılan yöntemler, metrik ve morfolojik metotlar olarak sınıflandırılmaktadır. DNA, parmak izi gibi moleküler tekniklerin ortaya çıkması ve başarıyla uygulanmasına rağmen kimlik tespiti sürecinde metrik ve morfolojik metotlar halen çok önemlidir çünkü moleküler yöntemlerin yüksek düzeyde beceri, uzmanlık bilgisi ve gelişmiş ekipman gerektirdiği ayrıca yüksek güvenilirlik oranına sahip olmasına rağmen karmaşık, invaziv, yüksek maliyetli ve zaman alıcı olduğu belirtilmiştir (4).

Morfolojik yöntemler cinsiyet bakımından farklı olan özelliklerin görsel olarak değerlendirmesine dayanmaktadır. Hızlı bir şekilde ön değerlendirme sağlamaktadır ancak yüksek oranda subjektif bir sonuç vermektedir. Ölçümler sırasında sınıflandırmada zorluklar, gözlemciden kaynaklanan hatalar gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Metrik yöntemler ise bireylerin cinsiyet tahmini yapmak

için çeşitli istatistiksel yöntemleri kullanarak oluşturduğu modelleri veya denklemleri üretmeye dayanmaktadır. Metrik çalışmalar sonucunda elde edilen sayısal verileri değerlendirmek ve yorum yapmak daha kolaydır, bunun için çeşitli istatistiksel yaklaşımlar kullanılabilir (8).

Cinsiyet tahminine yönelik çalışmalarda makine öğrenmesi algoritmaları da kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi, otomatik model oluşturmayı amaçlayan bir veri analizi yöntemidir (9). Subjektif yargıdan etkilenmez, yorulmaz, duyguları kullanmaz ve böylece daha verimli çalışabilir (10). Makine öğrenmesi birçok farklı alanda olduğu gibi sağlık alanında da kullanılmaya başlanmış olup, gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde çeşitli klinik görüntüler üzerinden yapılan tespitler ile destekleyici bir rol üstlenmektedir (11, 12).

Bilgisayarlı tomografi (BT) bireyin biyolojik profilinin oluşturulmasında geleneksel yöntemlere göre doğruluk ve tekrarlanabilirliği artırmaktadır. Geniş ve modern bir veri kaynağı sunması, rekonstrüksiyon imkânına sahip olması ve yaş yanlılığından daha az etkilenmesi nedeniyle cinsiyet tahmininde ön plana çıkmaktadır. Geleneksel antropolojik yöntemlerin sistematikleşmesini sağlayarak daha hassas ölçüm imkânı sağlamaktadır (13, 14).

Bütün bu sebeplerden yola çıkarak fossa cranii posterior bölgesinde belirlediğimiz parametreler doğrultusunda BT ölçümlerinden elde edilen veriler sayesinde, çalışmamızda cinsiyetler arasında anlamlı farklılık olup olmadığı sorusuna makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak yanıt aranmıştır. Bu çalışma ile cinsiyet tahmini konusunda literatüre katkı sağlamak hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Embriyoloji

İskelet sistemi, paraksiyel mezoderm, lateral plak mezodermi ve nöral krestten gelişmektedir. Paraksiyel mezodermi, nöral tübün her iki yanında baş bölgesinde somitomer, oksipital bölgeden kaudale doğru somit olarak adlandırılan segmenter doku blokları oluşturmaktadır. Somitler daha sonra ventromedial ve dorsolateral parçalara farkanmaktadır. Dördüncü haftanın sonunda, sklerotom hücreleri polimorf bir görünüm alarak, mezenşim veya embriyonik bağ dokusu adıyla bilinen gevşek bir dokusu meydana getirmektedir. Mezenşimal hücreler göç edebilme ve değişik hücre tiplerine farkanabilme özelliğine sahiptir. Bu hücreler fibroblast, kondroblast ya da osteoblast haline dönüşebilmektedir (15).

Mezenşimin kemik oluşturma kapasitesi sadece sklerotom hücreleri ile sınırlı değildir. Pelvis kemikleri, sternum, omuz eklemi ve uzun ekstremitelerdeki kemikleri vücut duvarının lateral plak mezodermine paryetal tabakası tarafından oluşturulmaktadır. Baş bölgesindeki nöral krest hücreleri de mezenşime farkanarak yüz ve kafatası kemiklerinin oluşumuna katılmaktadır. Oksipital somitler ve somitomerler de kafatasının kubbesi ve tabanının oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Kafatasının yassı kemiklerinde olduğu gibi, bazı kemikler de dermisteki mezenşimin doğrudan kemiğe farkanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu süreç membranöz ossifikasyon olarak bilinmektedir. Ancak kemiklerin büyük çoğunluğu, önce mezenşimal hücreler tarafından oluşturulan hiyalin kıkırdak modelleri halinde ortaya çıkmaktadır, daha sonra endokondral ossifikasyon yoluyla kemikleşmektedir (15).

Kafatası, beynin çevresinde koruyucu bir kafes oluşturan neurocranium ve yüzün iskeletini oluşturan viscerocranium olmak üzere iki bölüme incelenmektedir (16). Neurocranium, beyni çevreleyen yassı kemiklerden oluşan membranöz parça ve kafa tabanının kemiklerini oluşturan kıkırdağımsı parçadan meydana gelmektedir (17).

Membranöz neurocranium, kafatasının membranöz kısmına ait nöral krest hücrelerinden ve paraksiyel mezoderminden gelişmektedir. Bu iki kaynaktan gelen mezenşim beyni çevreleyen sardıktan sonra membranöz ossifikasyonla kemikleşmektedir. Sonuçta, iğne veya diken benzeri ince kemiklerle karakterize yassı, bazı membranöz kemikler ortaya çıkmaktadır. Dikenimsi veya iğne benzeri

kemikler, primer kemikleşme bölgelerinden periferik doğru dağılmaktadır. Membranöz kemikler, fetal ve postnatal yaşam süresince dış yüzeyde yeni katmanların karşı karşıya gelmesi ve iç yüzdeki eş zamanlı osteoklastik rezorbsiyon sayesinde büyümektedir (15).

Kıkırdak nörokranium veya kondrokranium başlangıçta birden çok kıkırdaktan oluşmaktadır. Notokordun, sella turcica'nın merkezinde hipofiz bezi seviyesinde sona eren rostral sınırının önünde yer almaktadır ve bu kıkırdaklar nöral krest hücrelerinden köken almaktadır. Bunlar prekordal kondrokraniumu meydana getirmektedir. Bu sınırın arkasında kalan kıkırdaklar ise paraksiyel mezodermden oluşan oksipital sklerotomlardan gelişmektedir ve kordal kondrokraniumu oluşturmaktadır. Kafa tabanı, bu kıkırdakların birbiriyle kaynaşmaları ve endokondral ossifikasyon ile meydana gelmektedir (17, 18).

Yüz kemiklerinde oluşan viscerocranium ilk iki faringeal arkustan gelişmektedir. Birinci faringeal ark, gelişen kafatası ile çok yakından ilişkilidir. Birinci arkusun dorsal parçasından maksiller çıkıntı oluşmaktadır. Göz bölgesinin altından öne doğru uzanan bu çıkıntıdan maxilla, os zygomaticum ve os temporale'nin bir bölümü gelişmektedir. Birinci arkusun ventral parçasından mandibula'ya ait yapılar oluşmaktadır ve Meckel kıkırdağını içermektedir. Meckel kıkırdağının çevresindeki mezenşim yoğunlaşıp, membranöz ossifikasyon yoluyla kemikleşerek mandibulayı oluşturmaktadır. Meckel kıkırdağı bir süre sonra, ligamentum sphenomandibulare dışında kaybolmaktadır. Mandibular çıkıntının dorsal ucu daha sonra, iki faringeal arkusun dorsal ucuyla birlikte incus, malleus ve stapedius kemikçiklerini oluşturmaktadır. Bu üç kemikçiğin ossifikasyonu dördüncü ayda başlamaktadır. Vücudun kemikleşme sürecini ilk önce tamamlayan kemikleridir (15).

2.2. Histoloji

Kemik, insan vücudunun en sert dokularından biridir. Yetişkin insan iskeletinin en önemli yapı taşını oluşturmakta ve yumuşak dokulardan meydana gelen yapıları desteklemektedir. Kemiklerin vücudun şeklini oluşturmak, kaslar ile koordineli çalışarak harekete destek olmak, organları korumak gibi görevleri vardır. Aynı zamanda mineral depolanmasını sağlamaktadır. Kemik dokusunun üçte biri organik, üçte ikisi inorganik maddelerden oluşmaktadır (19).

Histolojik olarak kompakt ve spongios kemik olmak üzere iki tip kemik vardır. Kompakt kemikte düzenli bir havers sistemi mevcuttur. Kompakt kemik bu

düzenli yapı nedeniyle oldukça yoğun örgülü ve serttir. Süngerimsi yapıda, boşluklar ve trabeküller içeren spongioz kemik osteon oluşumuna sahip değildir. Kemik dokuda dört tip hücre bulunmaktadır. Bunlardan osteoblastlar kemik matriksini oluştururken, osteoklastlar kemik yıkımına neden olmaktadır. Osteositler matür kemikteki lakunalarda yer almaktadır diğer bir hücre grubu osteoblastlardan köken aldığı sanılan kemik örtü hücreleridir (19).

Kemikleşme intrauterin hayatın 7-12. haftaları ile başlamakta, 20-25 yaşlarında yavaşlayarak tamamlanmaktadır. Embriyoda kemikleşme iki yolla gelişmektedir. İnsan embriyosundaki primitif iskelet fibröz membranlar ile hyalin kıkırdaktan oluşmaktadır. Yetişkin insan iskeleti bu iki kaynaktan ortaya çıkmaktadır. Osteoblastların salgıladıkları matriksin doğrudan mineralizasyonu yani intramembranöz ossifikasyon veya daha önce var olan kıkırdak matriks üzerine kemik matriksinin çöküşü yani intrakartilaginöz ossifikasyon ile meydana gelmektedir (18, 19).

Kemikleşmenin başladığı odağa ossifikasyon merkezi denilmektedir. Uzun kemiklerde kemikleşme doğumdan sonra da devam ettiği için iki odak söz konusu olmaktadır. Bunlardan doğumdan önce kemiğin cisminin ortasında beliren odağa primer ossifikasyon merkezi, doğumdan sonra kemikleşmenin gerçekleştiği uç bölümlerdeki merkezlere de sekonder ossifikasyon merkezi denilmektedir (19).

Her iki tür kemikleşmede de ilk ortaya çıkan kemik dokusu, primer kemiktir. Primer kemik dokusu geçicidir, kısa bir süre sonra yerini sekonder kemik dokusu alır. Kemikler son şeklini alana kadar hem yeni kemik yapılır hem de kemiğin bir bölümü yıkılır. Kemikler iki farklı şekilde oluşmalarına rağmen aynı histolojik yapıya sahiptirler (18, 19).

Intrakartilaginöz ossifikasyonda kemiğin ilk şekli, embriyonik hyalin kıkırdaktan oluşmuş bir modeldir. Gelişim ilerledikçe kıkırdağın yerini kemik dokusu almaktadır. Endrokondral kemikleşme ve perikondral kemikleşme olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır. Kısa ve uzun kemiklerin şekillenmesi bu yolla meydana gelmektedir. İskelet kemiklerinin büyük bir bölümü endokondral kemikleşme ile oluşmaktadır (18).

Intramembranöz ossifikasyonda kemik kıkırdak modelden değil mezenşimal bağ dokusundan direkt olarak gelişmektedir. Mandibula, maxilla'nın bazı kısımları, clavicula ve cranium kemiklerinin çoğu, uzun ve kısa kemiklerin kompakt kısımları bu şekilde meydana gelmektedir (18).

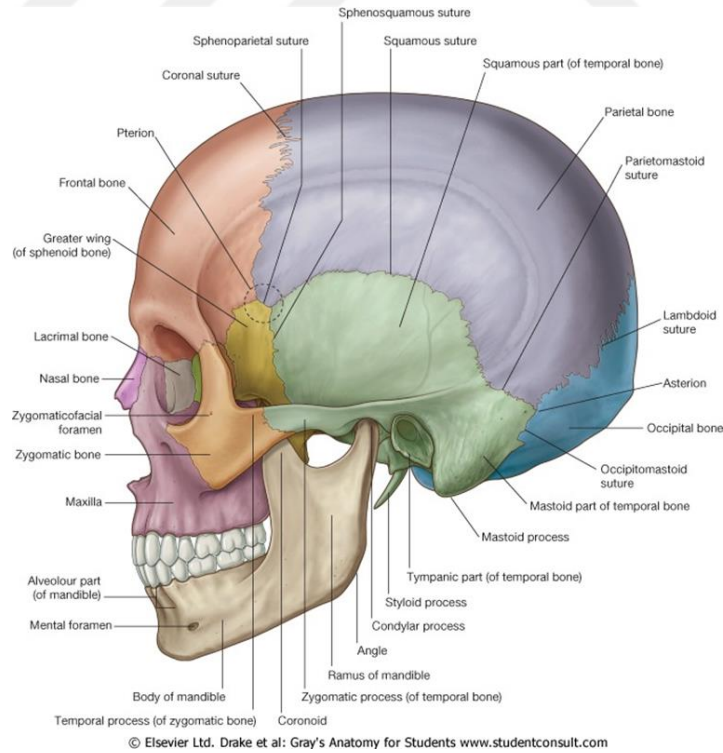
2.3 Anatomi

İnsan vücudu temel olarak baş-boyun, gövde ve ekstremitelere ayrılarak incelenmektedir. Aksiyel iskelet başlığı altında, gövde ve baş-boyun iskeletini oluşturan kemikler incelenmektedir. Appendiküler iskelet ile gövde iskeletiyle bağlantı halinde olan üst ve alt ekstremit kemikleri ifade edilmektedir. Yetişkinde 206 kemiğin, 126'sı appendiküler iskelette, 80 tanesi de aksiyel iskelette yer almaktadır (18, 20).

Baş, kafa iskeleti ve içinde meninkslerle sarılmış olarak yerleşen beyinden oluşmaktadır ve boyunla gövdeyi birbirine bağlamaktadır, vücudun üst kısmında yer almaktadır. Özel duyu kafatası kemikleri içine yerleşmiştir. Kafatası, yüz, saçlı kafa derisi, dişler, beyin, kraniyal sinirler, beyin zarları, beyin omurilik sıvısı, duyu organları, kan damarları ve lenfatikleri içermektedir. Beyinden çıkan 12 çift kraniyal sinir kafa iskeletindeki delik ve yarıklardan dışarı çıkmaktadır (21).

2.3.1 Neurocranium

Neurocranium, beynin yerleştiği cavum cranii'yi çevreleyen kabaca saçlı deri altında kalan kafatası bölümüdür. Beyin, kraniyal sinirler ve damar yapılarını koruyan bir bölgedir (22-24). Neurocranium'u oluşturan kemik yapılar Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Neurocranium (22).

Os frontale; os nasale, os zygomaticum, maxilla, os sphenoidale, os ethmoidale, os parietale ve os lacrimale ile eklem yapmaktadır. Burada bulunan incisura supraorbitalis'ten nervus supraorbitalis ve damarlar geçmektedir. Incisura ethmoidalis'e lamina cribrosa oturmaktadır. Arcus superciliaris'ler arasındaki düz çizgiye glabella denilmektedir. Sutura metopica genellikle altıncı yaştan sonra kaybolan bir sütürdür bazen kalıcı olabilmektedir. Os frontale ve os ethmoidale arasında foramen caecum bulunmaktadır (22).

Os parietale, neonatal cranium'da tüm fontanellerin sınırına katılan kemiktir. Os sphenoidale, os occipitale, os frontale, os temporale ile eklem yapmaktadır. Os parietale'nin iç yüzünde a. meninge media'nın dallarına ait oluklar bulunmaktadır (22).

Os ethmoidale, septum nasi'nin üst parçasının büyük bölümünü lamina perpendicularis oluşturmaktadır. Cavitas nasi'nin çatısının büyük bölümünü lamina cribrosa yapmaktadır. Üzerinde bulunan foramina cribrosa'dan nervus olfactorius'a ait uzantılar kafa içine geçmektedir. Crista galli adlı çıkıntısına, falx cerebri tutunmaktadır. Bulbus olfactorius, crista galli'nin her iki tarafında, lamina cribrosa üzerinde oturmaktadır (22, 23).

İki laminalı parça olan labyrinthus ethmoidalis'in dış laminası orbita iç duvarının, iç laminası burun boşluğunun dış duvarının yapısına katılmaktadır. İki lamina arasında sinus ethmoidalis bulunmaktadır. Burnun dış duvarında yer alan concha nasalis superior, concha nasalis media ve concha nasalis suprema ile meatus nasi medius'taki processus uncinatus, labyrinthus ethmoidalis'in uzantılarıdır (22).

Os occipitale, foramen magnum kafa iskeletinde bulunan en büyük deliktir. Canalis vertebralis ile fossa cranii posterior'u birbirine bağlamaktadır (22).

Foramen magnum'dan medulla oblongata ve zarlari, a. vertebralis'ler ve dallari, C1, C2 ve C3 spinal sinirlerin meningeal dallari, n. accessorius'un spinal parçası, lig. apicis dentis, membrana tectoria geçmektedir. Falx cerebri, protuberantia occipitalis interna'ya tutunmaktadır. Clivus'un küçük bir bölümünü os sphenoidale yapmaktadır. Buraya canlıda medulla oblongata ile pons oturmaktadır. Canalis nervi hypoglossi'den n. hypoglossus geçmektedir (22, 23-27).

Os sphenoidale'nin büyük kanadı ile küçük kanadı arasındaki yarık fissura orbitalis superior'dur. Orbita'yı fossa cranii media'ya bağlamaktadır. Bu yarıktan n. oculomotorius, n. trochlearis ve n. abducens, n. ophthalmicus'un dalları, v.

ophthalmica superior ve bazen v. ophthalmica inferior geçmektedir. Küçük kanatların iki kökü arasında canalis opticus bulunmaktadır. İçinden n. opticus ve a. ophthalmica geçmektedir. Sulcus prechiasmaticus'un arkasında tuberculum sellae denilen bir tümsek bulunmaktadır. Bu tümseğin arkasında da içinde hipofiz bezinin oturduğu derin bir çukur vardır. Fossa hypophysialis denilen bu çukur, arkadan dorsum sellae isimli bir tümsek ile sınırlanmaktadır. Bu üç yapı birlikte sella turcica adı ile bilinmektedir. Sella turcica'nın her iki yanında sulcus caroticus bulunmaktadır. Bu oluktan a. carotis interna geçmektedir (17, 22).

Fossa cranii media'yı, fossa pterygopalatina'ya foramen rotundum bağlamaktadır. İçinden n. maxillaris geçmektedir. Fossa cranii media'yı fossa infratemporalis'e foramen ovale ve foramen spinosum bağlamaktadır. Foramen ovale içinden n. mandibularis ile birlikte n. petrosus minor geçmektedir. Foramen spinosum içinden a. meningea media geçmektedir. Foramen spinosum'dan kafaya girerek dura mater'i besleyen esas arterdir (17, 22).

Os temporale, kafatasının yanlarında ve tabanında, serebral korteksin temporal loblarının yan tarafında yer almaktadır. Caput mandibulae, fossa mandibularis'e girmektedir ve articulatio temporomandibularis'i oluşturmaktadır. Fissura petrotympanica; chorda tympani, orta kulak boşluğunu bu yarıktan geçerek terk etmektedir. Foramen jugulare'nin önünde canalis caroticus bulunmaktadır. İçinden a. carotis interna geçmektedir. Burası orta kulağın ön duvarıdır. Fossa cranii posterior'u iç kulağa meatus acusticus internus bağlamaktadır. Başlangıcına porus acusticus internus denilmektedir. Meatus acusticus internus'tan; n. facialis, n. intermedius, n. vestibulocochlearis, a.v. labirynthi geçmektedir. Ganglion vestibulare, bu meatus'un dibinde yerleşim göstermektedir. Canalis nervi facialis; içinde n. facialis ve ganglion geniculi bulunmaktadır. N. facialis kanal içinde n. petrosus major, n. stapedius, chorda tympani dallarını vermektedir. N. facialis kafatasını foramen stylomastoideum'dan terk ederek mimik kaslarını inerve etmektedir. Os temporale'nin pars petrosa kısmında tegmen tympani, canalis caroticus, eminentia arcuata, impressio trigeminalis, porus acusticus internus, canalis musculotubarius ve canalis nervi facialis yer almaktadır. Foramen mastoideum, os temporale'nin arka sınırında yer almaktadır. Sinus sigmoidalis ile suboksipital venöz pleksus veya posterior auriküler ven arasında yer almaktadır (17, 22, 23, 28, 29).

2.3.2 Viscerocranium

Viscerocranium, esas olarak embriyonik mezenşimden gelişen yüz kemiklerini içermektedir. Kafatasının ön kısmını oluşturur ve ağız çevreleyen kemikler, burun, burun boşluğu ve orbitalar tarafından oluşturulmaktadır. Orta hat üzerinde veya orta hatta uzanan mandibula, os ethmoidale ve vomer ve iki taraflı çiftler halinde oluşan maxilla, concha nasalis inferior, os palatinum, os nasale ve os lacrimale, os zygomaticum'dan oluşmaktadır. Maxilla ve mandibula dişleri barındırmaktadır ve destek sağlamaktadır. Maxilla, üst yüz iskeletinin en büyük bölümünü oluşturmaktadır (22-24).

Concha nasalis inferior lateral burun duvarlarındaki eğimli yatay laminalardır. Her biri medial ve lateral olmak üzere iki yüzeye, üst ve alt iki kenara, ön ve arka iki uca sahiptir. Medial yüzey, damarlar tarafından delikli, uzunlamasına oluklu ve kavislidir. Lateral yüzey ise oyuktur. Üst kenar ince ve düzensiz olup üç bölgede incelenmektedir (22).

Os lacrimale yüzde bulunan en küçük ve en ince kemiktir. Orbita'nın iç duvarının ön bölümünde bulunmaktadır (24).

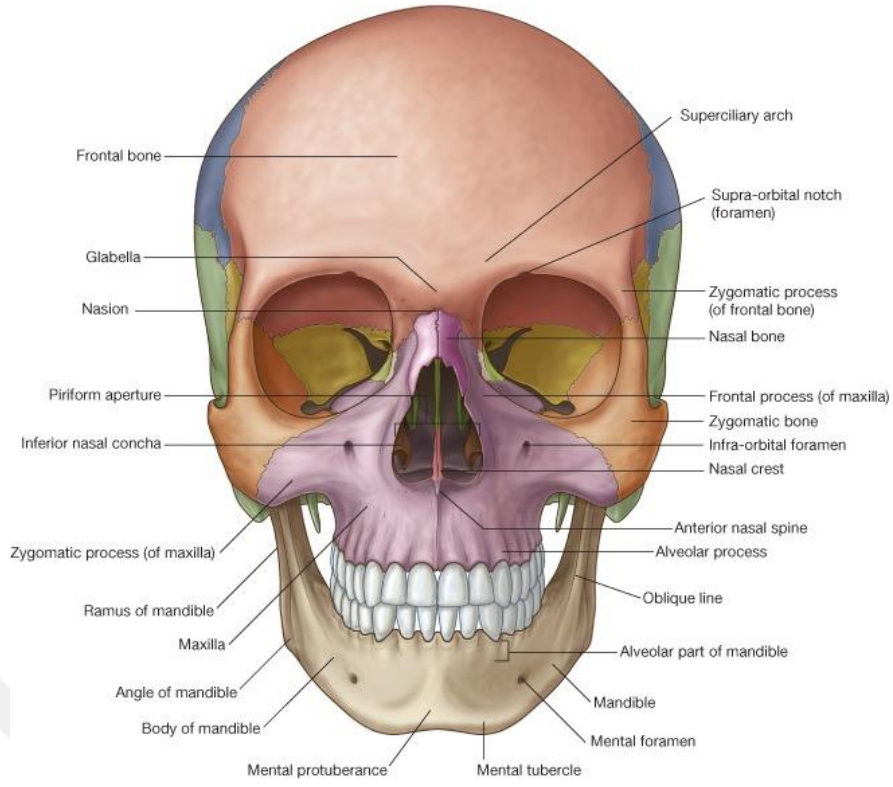
Os zygomaticum yanak çıkıntısını oluşturan kemiktir. Orbitanın tabanına ve yan duvarına, temporal ve infratemporal çukurların duvarlarına katkıda bulunmaktadır. Os temporale ile beraber arcus zygomaticus'u oluşturmaktadır. Dörtgen şeklindedir, üç yüzeyi, beş kenarı ve iki çıkıntısı vardır. Os zygomaticum, yanak çıkıntılarını oluşturmaktadır, orbita'nın tabanının ve dış yan duvarının oluşumuna katılmaktadır. İç yan tarafında maxilla ile eklem yapmaktadır, dış yanda os temporale'nin processus zygomaticus'u ile eklemleşerek arcus zygomaticus'u oluşturmaktadır (22, 24).

Mandibula, cranium'da bulunan tek hareketli kemiktir aynı zamanda viscerocranium'un en büyük ve en kuvvetli kemiğidir. Os temporale ile eklem yapmaktadır. Corpus mandibulae ve ramus mandibulae'dan oluşmaktadır. Corpus'un ön orta kısmına symphysis mandibulae denilmektedir. Symphysis mandibulae'daki tümsek alana gnathion denilmektedir. Ramus mandibulae'nin üst kısmında, önde processus coronoideus ve arkada processus condylaris bulunmaktadır. Processus coronoideus'a m. temporalis tutunmaktadır. Önüne m. pterygoideus lateralis tutunmaktadır (22-24).

Septum nasi'nin alt arka bölümünün büyük kısmını vomer oluşturmaktadır. İki yüzeyi ve dört kenarı vardır. Üstte os ethmoidale ile, altta maxilla ve os palatinum ve arkada da os sphenoidale ile komşudur (24).

Maxilla, mandibula hariç tüm viscerocranium kemikleri ile eklem yapmaktadır. İki tarafın maxilla'sı bir araya gelerek üst çeneyi oluşturmaktadır. Ağız boşluğu, orbita, burun boşluğu, fossa infratemporalis ve fossa pterygopalatina'nın duvarlarına katılmaktadır. Apertura piriformis'in sınırlarını os nasale'lerle birlikte yapmaktadır. Canalis incisivus ön tarafında yer almaktadır. Molar dişler ile eklem yapmaktadır. Son molar dişin facies infratemporalis'te yapmış olduğu tümseğe tuber maxillae denilmektedir. İki maxilla birlikte üst çeneyi, sert damağın ön tarafını, burun boşluklarının dış yan duvarlarını oluşturmaktadır ve orbita tabanlarının oluşumuna katılmaktadır. Orbita'nın altında maxilla'yı delen foramen infraorbitale bulunmaktadır. Processus alveolaris'ler aşağıya doğru uzanmaktadır ve karşı taraftaki eşiyle birleşerek üst çene dişlerinin tutunduğu arcus alveolaris'i oluşturmaktadır. Maxilla'ların içlerindeki mukoza ile döşenmiş olarak bulunan geniş ve piramit şekilli boşluklar mevcuttur, bunlara sinus maxillaris adı verilmektedir. Burun boşluğu ile bağlantılıdır (22, 24).

Os nasale'ler, burun sırtını oluşturan bir çift kemiktir. Apertura piriformis'i üstten sınırlamaktadır. Alt kenarları maxilla ile birlikte apertura nasalis anterior'u meydana getirmektedir. Cavitas nasi, büyük kısmı vomer tarafından oluşturulan bir bölme ile ikiye ayrılmaktadır. Cavitas nasi'ye doğru yan duvarlardan uzanan iki kemik concha nasalis superior ve medius, os ethmoidale'ye ait yapılardır ancak concha nasalis inferior ayrı bir kemiktir (22, 24). Viscerocranium'u oluşturan kemik yapılar Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Viscerocranium (22).

2.3.3 Kafa İskeletinin Bütünü

Kafatasına önden bakıldığında ilk os frontale göze çarpmaktadır. Os frontale, orbitanın üst kenarını oluşturmak üzere aşağı doğru kıvrım yapmaktadır. Her iki tarafta da arcus superciliaris'ler görülebilmektedir. Orta hatta os frontale, maxilla'nın processus frontalis'leri ve os nasale'ler ile eklem yapmaktadır. Yanlarda ise os frontale ile os zygomaticum eklem yapmaktadır (17).

Orbitanın kenarları, yukarıda os frontale, dış yanda os zygomaticum, aşağıda maxilla ve iç yanda da os frontale'nin ve maxilla'nın çıkıntıları tarafından oluşturulmaktadır (17).

Os frontale'nin içinde, orbita kenarının hemen üzerinde mukoza ile döşeli iki boşluk bulunmaktadır, bunlara sinus frontalis adı verilmektedir. Burun boşluğu ile bağlantılıdır (19).

Kafa iskeletine yandan bakıldığında os frontale, kafa iskeletinin yan tarafının ön bölümünü oluşturmaktadır ve os parietale ile sutura coronalis'te eklem yapmaktadır (22).

Os parietale'ler cranium'un yan taraflarını ve çatısını oluşturmaktadır. İki tarafın os parietale'leri, orta hatta sutura sagittalis'te birbirleriyle eklem

yapmaktadır. Arkada os occipitale ile sutura lambdoidea'da eklem yapmaktadır (22).

Kafa iskeletinin yan tarafının oluşumu, os occipitale'nin pars squamosa'sı, os temporale'nin pars squamosa'sı, pars tympanica'sı, processus mastoideus'u, processus styloideus'u, processus zygomaticus'u ve os sphenoidale'nin ala major'u ile tamamlanmaktadır. Os parietale'nin angulus sphenoidalis'i ile os sphenoidale'nin ala major'unu eklem yaptığı yer kafa iskeletinin yan duvarının en ince olduğu yerdir ve bu noktaya pterion adı verilmektedir (22).

Os sphenoidale'nin ala major'undaki crista infraorbitalis'in alt tarafında kalan alan fossa infratemporalis olarak adlandırılmaktadır. Bu alanda maxilla'nın arka kısmı ile os sphenoidale'nin processus pterygoideus'u arasında fissura pterygomaxillaris adlı dikey bir yarık bulunmaktadır. Bu yarığın iç yan tarafından fossa pterygopalatina'ya girilmektedir. Fossa pterygopalatina, orbita'nın arka alt tarafında bulunan küçük bir boşluktur. Bu boşluk dış yan tarafındaki fissura pterygomaxillaris aracılığı ile fossa infratemporalis'le, iç yan tarafındaki foramen sphenopalatinum aracılığı ile cavitas nasi'yle, üst tarafındaki foramen rotundum aracılığı ile cavitas cranii'yle ve ön tarafındaki fissura orbitalis inferior aracılığı ile de orbita'yla bağlantılıdır (22).

Kafa iskeletine arkadan bakıldığında üst kısmında iki os parietale ve bunların arasında sutura sagittalis görülmektedir. Bunların altında os parietale'ler ile os occipitale'nin pars squamosa'sının eklemleştigi sutura lambdoidea bulunmaktadır. Her iki tarafta os occipitale'nin orta hattında kasların ve ligamentum nuchae'nin tutunma yeri olan protuberentia occipitalis externa adlı yuvarlak bir çıkıntı vardır. Protuberentia occipitalis externa'nın her iki yanında, os temporale'lere doğru linea nuchalis superior uzanmaktadır (22, 23).

Kafa iskeletine üstten bakıldığında, ön tarafta os frontale, sutura coronalis'te her iki os parietale ile eklem yapmaktadır. Bazen os frontale'nin iki yarısının birleşme yerinde oluşan bir sutura metopica bulunmaktadır. Arkada orta hatta iki os parietale sutura sagittalis'te birleşmektedir (22, 23).

Basis cranii'yi oluşturan kemikler çerçeve gibi yerleşim göstermektedir. Os frontale, os sphenoidale ve os occipitale gibi esas kemikler ile maxilla, os palatinum, vomer, os ethmoidale ve os temporale'dir. Kafa iskeletinin alt parçasının iç ve dış yüzlerinde çeşitli şekil ve büyüklükte oluk, çukur, yarık ve delikler mevcuttur. Kafa tabanı, calvaria'yı kaldırıncaya ortaya çıkmaktadır, basis cranii

interna ve mandibula hariç diğer cranium kemiklerince oluşturulmuş hali ile alttan bakıldığında basis cranii externa olarak incelenmektedir (22).

2.3.4 Basis Cranii Externa

Maxilla'nın processus palatinus'u ile os palatinum'un lamina horizontalis'i görünebilir. Orta hattın ön tarafında foramen incisivum bulunmaktadır. Arka yan taraflarda da foramen palatinum majus ve minus görünmektedir (22, 23).

Palatum durum'un arka üst kısmında cavitas nasi arka açıklığı olan choanae vardır. Bu açıklıklar birbirinden vomer'in arka kenarı tarafından ayrılırlar ve yan taraflarında os sphenoidale'nin processus pterygoideus'ların lamina medialis'leri sınırlandırılmaktadır. Processus pterygoideus'ların lamina medialislerinin alt uçları kıvrık kemik çıkıntılarla uzanır; iğne gibi uzanan bu çıkıntılar hamulus ptergoideus olarak adlandırılmaktadır (22, 23).

Processus pterygoideus'un lamina lateralis'inin arka yan tarafında os sphenoidale'nin ala majoru geniş bir foramen ovale ve küçük bir foramen spinosum tarafından delinmiştir. Foramen spinosum'un arka dış tarafında spina ossis sphenoidalis vardır (22).

Spina ossis sphenoidalis'in yanında ala major ile os temporale'nin pars petrosası arasında tuba auditiva'nın kartilaginöz kısmı için oluşmuş bir oluk bulunmaktadır. Burada tuba auditiva'nın kemik kısmının açıklığı görünmektedir (22, 23).

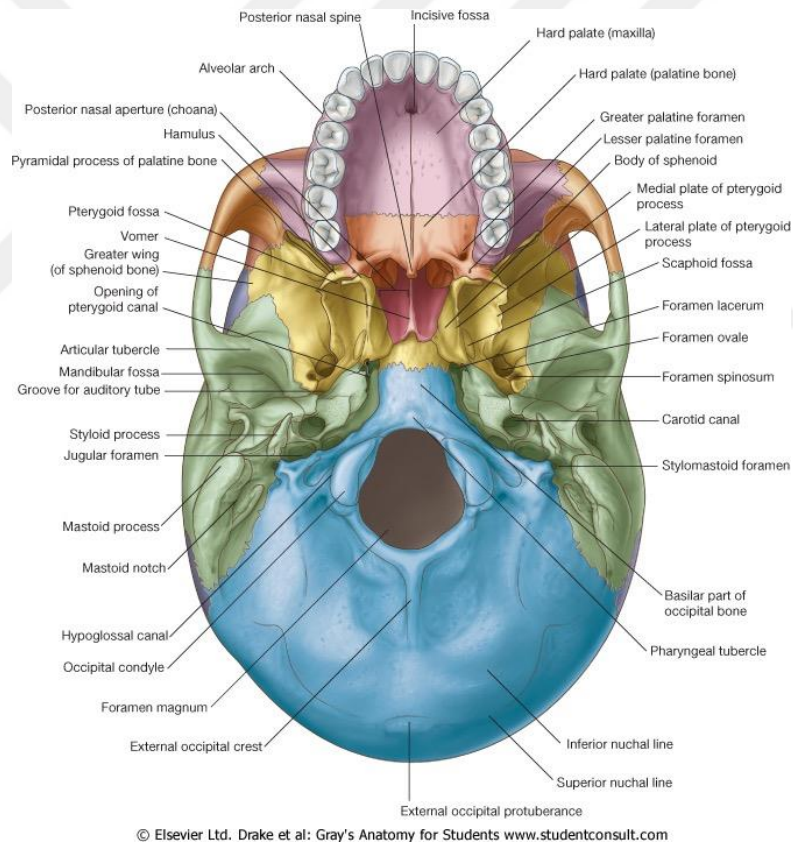
Os temporale'nin fossa mandibularis'i ve tuberculum articulare, articulatio temporomandibularis'in üst eklem yüzeyini oluşturmaktadır. Fossa mandibularis ile pars tympanica'yı birbirinden ayıran fissura petrotympanica'nın medial ucu, chorda tympani'nin cavitas tympanica'dan çıkarken geçtiği yerdir (22).

Os temporale'nin pars petrosası'nın medial ucu düzensizdir ve os occipitale'nin pars basillaris'i ve os sphenoidale'nin ala major'u ile birlikte foramen lacerum'u oluşturmaktadır. Foramen lacerum fibröz doku ile kapalıdır ve sadece birkaç küçük damar cavitas cranii'den dışarıya çıkmak için buradan geçmektedir. Os temporale'nin bir bölümü olan pars tympanica kesitlerde C şeklinde görülmektedir ve meatus acusticus externus'un kemik kısmını oluşturmaktadır. Processus styloideus ile processus mastoideus arasında kalan aralıkta foramen stylomastoideum bulunmaktadır. Processus styloideus'un medialinde, os temporale'nin pars petrosa'sındaki derin çentikle, os occipitale'deki daha küçük çentik birleşerek foramen jugulare'yi oluşturmaktadır (22, 23).

Burnun arka açıklıklarının arkasında ve foramen magnum'un ön tarafında os sphenoidale ile os occipitale'nin pars basillaris'i vardır. Tuberculum pharyngeum, os occipitale'nin pars basillaris'inin alt yüzünde orta hatta bulunan küçük bir kabartıdır (22).

Condylus occipitalis'ler atlas'ın massa lateralisleri ile eklem yapmaktadır. Condylus occipitalis'in üstünde n. hypoglossus'un geçtiği canalis nervi hypoglossi bulunmaktadır (22).

Orta hatta foramen magnum'un arkasında protuberantia occipitalis externa görülmektedir. Protuberantia occipitalis externa'nın her iki yanında linea nuchalis superior'lar kıvrılarak uzanmaktadır (22). Basis cranii externa'yı oluşturan yapılar Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Basis Cranii Externa (22).

2.3.5 Basis Cranii Interna

Basis cranii interna çukur bir boşluk şeklindedir. Beyin tarafından doldurulmaktadır (24). Esas olarak os frontale, os sphenoidale ve os occipitale'den meydana gelmektedir. Bu üç esas kemik birleşerek fossa cranii anterior, fossa cranii media ve fossa cranii posterior adı verilen üç farklı çukur olarak şekillenmiştir (25).

Fossa cranii anterior basis cranii interna'daki üç çukurdan biridir. Büyük bölümü, orbita çatısı tarafından oluşturulmaktadır. Lobus frontalis'in yerleştiği fossa cranii anterior'un tabanı os frontale'nin orbital parçası, os ethmoidale'nin lamina cribrosa ve crista galli'sinden oluşmaktadır. Arka bölüm esas olarak ala minor'dan meydana gelmektedir. Os sphenoidale'nin tuberculum sellae'si ile ala minor'ların arka kenarlarının önünde kalan, diğer boşluklara göre daha yüksek duran bölümünü oluşturmaktadır. Crista galli'nin her iki yanında bulunan lamina cribrosa delikli bir yapıdır. Bu deliklerden koku sinirlerine ait lifler geçmektedir. Lamina cribrosa'nın dış kenarında ve ön tarafında, arteria ve vena ethmoidale anterior ve nervus nasociliaris'in dallarının geçtiği for. ethmoidale anterius yer almaktadır. Os sphenoidale'den öne doğru uzanan spina ethmoidalis, os ethmoidale ile eklem yapmaktadır. Fossa cranii anteriorun arka sınırını yapan sulcus prechiasmaticus'un ön kenarı, yanlarda canalis opticus'un üst kenarı ile devam etmektedir (17, 22, 23).

Basis cranii interna'da yer alan çukurlardan biri fossa cranii media'dır. Os sphenoidale'nin ala minoru ile yanlarda os temporale'nin pars petrosa'sının üst kenarı arasında kalan alandır. Lobus temporalis bu boşlukta yerleşim göstermektedir. Önde ve ortada sulcus prechiasmaticus'un ön kenarı, yanlarda ala minorlar, arkada ve ortada dorsum sellae, arka yanlarda os temporale'nin pars petrosa'sının margo superioru, yanlarda os temporale'nin pars squamosa'sı, os parietale'nin angulus sphenoidalis'i ve ala minorlar bulunmaktadır (19).

İki taraflı yer alan fossa cranii media'lar arasında, kafa tabanında, ortada fossa hypophysialis yer almaktadır. Hipofiz bezi bu alanda bulunmaktadır. Bu çukurun ön sınırını şekillendiren ala minor'ların iç tarafa doğru devam eden serbest kanatları proc. clinoideus anterior olarak adlandırılmaktadır. Fossa hypophysialis'in ön sınırının orta parçası tuberculum sellae olarak isimlendirilmektedir. Bu oluşumun şekli değişen yapıdır ve yan çıkıntılılarına proc. clinoideus medius denmektedir. Fossa hypophysialis'in arka sınırını dorsum sellae yapmaktadır. Dorsum sellae'nin yana doğru genişlemiş parçalarına proc. clinoideus posterior denmektedir. Proc. clinoideus anterior ve posterior arasında kemik bantlar olabilmektedir. Bu bantlar mevcutsa eğer genellikle bilateral yerleşim göstermektedir. Proc. clinoideus'lar dura materin tutunmasında önemli olan bölgelerdir. Dorsum sellae'nin tabanı os sphenoidale'nin bir parçasıdır. Fossa hypophysialis'in yan tarafında bulunan oluklar sulcus caroticus'lardır. Ön

tarafındaki oluk ise sulcus prechiasmaticus'dur. Bu oluk yanlarda canalis opticus ile devam etmektedir. Fossa hypophysialis'in ön duvarı genellikle sulcus prechiasmaticus'dan canalis opticusların alt sınırları arasında uzanan enine bir yapı olan tuberculum sellae tarafından ayrılmaktadır. Fossa cranii media, oldukça derin bir çukurdur. A. meningeae media'nın dalları, bu çukurda, sulci arteriasii denilen izleri yapmaktadır. Bu izler for. spinosum'da birleşmektedir. Çukurun ön tarafında orbita ile birleşen fissura orbitalis superior bulunmaktadır. Fissura orbitalis superior, en büyük ve en üstte yer alan bir yapıdır. Buradan orbita boşluğuna büyük damar ve sinirler geçmektedir. Fissura, alttan ala major'un iç kenarı, üstten ala minor'un alt kenarı, içten os sphenoidale cismi ve dıştan os frontale orbital parçası ile sınırlanmaktadır. Fissura orbitalis superior'un iç ucunun arkasında for. rotundum yer almaktadır. N. maxillaris ve ona eşlik eden damarlar for. rotundum içinden geçerek fossa pterygopalatina'ya açılmaktadır. For. rotundum'un arka ve dış tarafında for. ovale bulunmaktadır. For. ovale, fossa infratemporalis ile bağlantılıdır. For. ovale'nin arka ve dış tarafında yer alan, içinden a. meningeae media ve ona eşlik eden venlerin geçtiği delik for. spinosum'dur. Yetişkin bireylerde for. lacerum kırık hücresel dokuyu içeren bağ dokusu ile kapalı bir yapıdır. For. lacerum'un üst kısmında a. carotis interna bulunmaktadır. Ganglion trigeminale'nin bir kısmı ile n. trigeminus kökleri, fossa cranii media'da dura materin iki yaprağı arasında bulunan cavum trigeminale'de bulunmaktadır. Sulcus cavernosus, önden tuberculum sellae ve proc. clinoideus anterior, arkadan proc. clinoideus posterior ve onun arka ve dış kısmında değişen büyüklükte üç köşeli bir bölge ile kaplı haldedir. Aynı zamanda vertikal plana göre daha önde yer almaktadır. Bu bölge üstten dura materin hemen hemen horizontal tabakası ile kaplıdır, uzunluğu ve genişliği değişmektedir. Dura materin komşu parçası diaphragma sellae'dir. Diaphragma sellae, tuberculum sellae'den proc. clinoideus posterior ve dorsum sellae'nin üst kenarına uzanmaktadır (17, 22-25).

Basis cranii interna'da yer alan üç çukurdan en büyük ve derin olanı fossa cranii posterior'dur. Büyük oranda os occipitale tarafından oluşturulmaktadır. Arka kısmında cerebellum ve lobus occipitalis, ön fossa cranii posterior kısmında pons ve medulla oblongata yerleşmektedir. Os temporale ve os sphenoidale katkıda bulunmaktadır. Os sphenoidale'nin dorsum sellae ile clivus'u; os temporale'nin pars mastoidea'sı ile pars petrosa'nın arka yüzü; os occipitale ve kısmende parietal kemiğin angulus mastoidea'sı oluşturmaktadır (22).

Fossa cranii posterior'u önden dorsum sellae, clivus; yanlarda os temporale'nin bazı kısımları arka kısmı os occipitale ve os parietale'nin angulus mastoideus'u oluşturmaktadır. Çukurluğun ortasındaki büyük delik for. magnum'dur. For. magnum'un ön tarafında clivus yer almaktadır. Pars petrosa ile bu bölüm arasındaki yarığa fissura petrooccipitalis denmektedir. Bu yarıқта sinus petrosus inferiorun oturduğu sulcus sinus petrosi inferioris bulunmaktadır. For. jugulare os occipitale ve os temporale'nin incisura jugularis'lerinin birleşmesi ile oluşmaktadır. Oval veya yuvarlak şekilli olabilmektedir. Bu delikten arkaya doğru uzanan ve sinus transversus ile birleşen oluk sulcus sinus sigmoidei'dir. Sağ ve sol taraftaki sulcus sinus transversus'ların birleşim yerinde bir çıkıntı oluşur buna protuberentia occipitalis interna denmektedir. Bu çıkıntıdan aşağıya doğru uzanan çıkıntılı kenara crista occipitalis interna, yukarıya doğru uzanan oluğa ise sulcus sinus sagittalis superioris denmektedir. Fossa cranii posterior bu oluklar aracılığı ile dört küçük çukur bölgeye ayrılmaktadır (22-23).

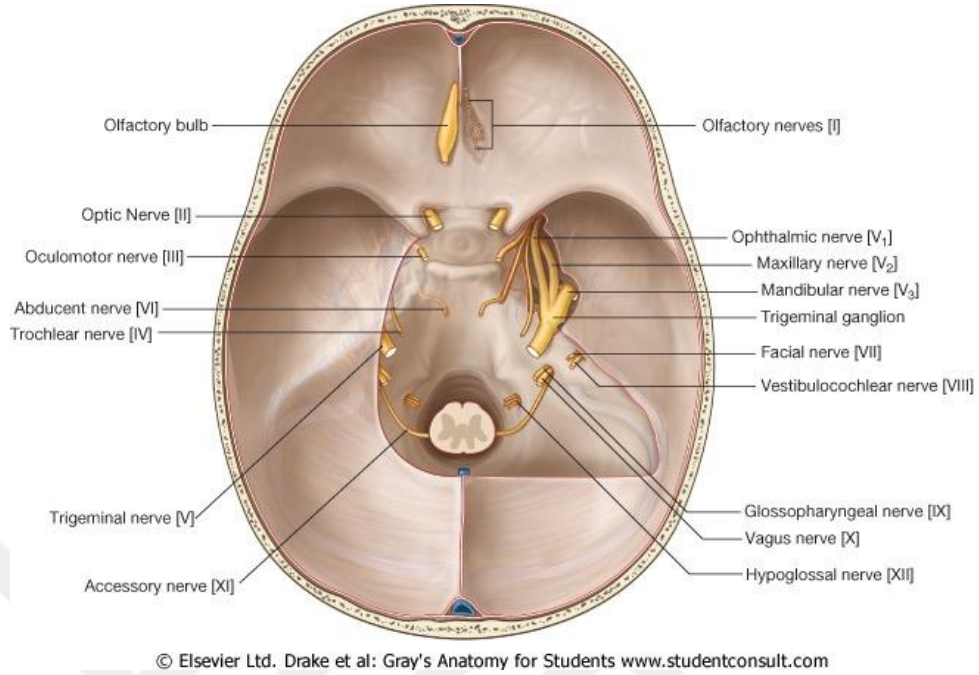
Üstteki iki çukura fossa cerebralis, alttaki çukurluklara fossa cerebellaris adı verilmektedir. For. jugulare'nin arkasında ve sulcus sinus sigmoidei'nin başlangıcındaki geçit canalis condylaris'tir. Aynı olukta ve daha arka üst tarafta yer alan deliğe ise for. mastoideum denmektedir. For. jugulare'nin ön üst kısmında ise meatus acusticus internus bulunmaktadır (22).

Foramen magnum ön arka çapının foramen magnum'u önde kestiği noktaya basion denilmektedir. Basion, kafatasının anteroposterior (AP) ekseninde, medulla oblongata'nın yaklaşık olarak 1 cm önünde yer alan bir kemiksel işaret noktasıdır. Bu işaret, kafa tabanı başlangıç noktasını oluşturmaktadır ve kafa tabanı anatomisinde önemli bir referans noktasıdır. Ayrıca, beyin sapının konumunu ve kafa tabanının eğimini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Arkada kestiği noktaya ise opisthion denilmektedir (22, 23).

Foramen jugulare, foramen magnum'un ön ve yan kısımlarında yer almaktadır. Os occipitale ve os temporale'deki incisura jugularis'lerin birleşmesi ile oluşmaktadır. Bu deliğin ön kısmından n. glossopharyngeus, n. vagus, n. accessorius arka kısmından v. jugularis interna geçmektedir. Tabanında n. vagus'a ait ganglion jugulare bulunmaktadır (22, 27).

Meatus acusticus internus foramen jugulare'nin ön üst kısmında temporal kemiğin pars petrosa'sının üst kısmında yer almaktadır. Buradan n. facialis, n.

vestibulocochlearis, n. intermedius ve a.v. labyrinthi geçmektedir (24, 27). Basis cranii interna'yı oluşturan yapılar Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Basis Cranii Interna (22).

2.4 Cinsiyet Tahmini ve Cinsiyet Tahmini Yöntemleri

Bir insanın tanımlanmasında, taşımakta olduğu tüm özelliklerine kimlik denilmektedir. Yaşayan ya da ölmüş bireylerin kimlik olarak adlandırılan ayırt edici özellikleri kullanılarak tespit edilmesine ise kimliklendirme denmektedir. Adli kimlik; kişinin nüfus kağıdında yazılı olan kimliğidir. Tıbbi kimlik; kişinin dıştan görünüşünün fotoğraf gibi tarifidir yani fiziksel yapılar boy, cinsiyet, vücut ağırlığı, saç ve göz rengi, sakal, bıyık, ağız gibi yüz özellikleri, vücudundaki yara ve yanık izleri, radyolojik görüntülerden elde edilen organların büyüklüğü gibi şekilsel özelliklerini ifade etmektedir (30).

Adli vakalarda, parçalanmış ceset ve ceset kalıntıları incelendiğinde kimlik tespiti büyük önem taşımaktadır. Kemiklerin incelenmesi ve anatomik ölçümleri sadece kökenleri hakkında bilgi vermekle kalmaz; aynı zamanda ataları, cinsiyetleri, boyları ve ölüm yaşları hakkında bilgi vermektedir ve böylece bir bireyin kimliğinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Adli antropologlar bu nedenle ölüm araştırmalarına dâhil olmaktadır ve kişinin, ölüm nedeninin ve ölüm şeklinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (31).

Yaş, cinsiyet, boy ve soy gibi grup özelliklerinin tahmini, bireysel özelliklerin incelenmesinin ardından gelen tanımlama için önemli bir ipucu işlevi

görmektedir. Benler, yaralar, dövme izleri veya çürüme durumundaki bir vücutta veya iskelette görülen herhangi bir anormallik ve deformite gibi kişinin bireysel özellikleri, ölümden önce ve ölümden sonra karşılaştırılmasına yardımcı olmaktadır (32, 33).

Cinsiyet tahmini, iskelet kalıntılarının incelenmesi sırasında güvenilir bir biyolojik profil geliştirmek için ayrılmaz ve en önemli adımdır. Cinsiyetin doğru bir şekilde tahmin edilmesi yaş, soy ve boy tahmininde hayati öneme sahiptir (11).

Puberte öncesi dönemde iskelet morfolojisinde tam anlamıyla ortaya çıkmamış cinsiyet farklılıkları nedeniyle, bir yetişkin iskeletinin cinsiyeti yenidoğan veya genç bir iskelete göre daha uygun ve güvenilir şekilde tespit edilmektedir. Puberte öncesi iskeletin morfolojik özellikleri ile cinsiyetini tahmin etmenin oldukça zor olduğu belirtilmiştir (32, 33, 34).

Pelvisin ardından kafatasının, metrik veya morfolojik yaklaşımlar kullanılarak bir yetişkin veya olgunlaşmamış iskelet kalıntılarının cinsiyetinin tespit edilmesinde en güvenilir kısımlar olduğu bildirilmektedir (35). Pelvis ve kafatası dışında, uzun kemikler en aktif olarak incelenen iskelet kısımlarıdır (36, 37).

Cinsiyet tahmini için yaygın olarak kullanılan yöntemler, genel olarak morfolojik veya metrik yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar, DNA parmak izi gibi moleküler tekniklerin ortaya çıkmasına ve başarısına rağmen, tanımlama sürecinde gereklidir (38). Moleküler yöntemler oldukça karmaşıktır ve yüksek düzeyde beceri, karmaşık ve kompleks ekipmanlar gerektirmektedir. Bu yöntemlerin güvenilirliği daha yüksektir ancak karmaşık, invaziv, oldukça pahalı ve zaman alıcıdır (39, 40).

İskelet yapısındaki popülasyon farklılıkları biyolojik profilin metrik ve morfolojik değerlendirmesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Cesedin yanması gibi bir durumda cinsiyete özgü morfolojik özellikleri tespit etmeyi neredeyse imkânsız hale getirmekte ve deformasyona neden olmaktadır. Cinsiyet belirleme sürecinde, yeni osteometrik referanslarla yüksek doğruluk elde edilebilmektedir. Ancak kötü bir şekilde parçalanmış veya eksik kısımları olduğunda tespit edecek kadar yeterli bilgiyi sağlayamadığı durumlarda, morfolojik yöntemlerin moleküler yöntemlerle desteklenmesi gerekmektedir (41).

Morfolojik yöntemler, hızlı bir ön değerlendirme veren cinsel olarak dimorfik özelliklerin görsel değerlendirmesine dayanmaktadır. Fakat bu şekilde çoğunlukla öznel veriler elde edilmektedir (42-44).

Morfolojik gözlemler yapmak daha kolaydır ancak çoğu kişide morfolojik yapı beslenme, meslek, soy ve coğrafi kökene bağlı olduğu için değerlendirme yapmak daha zordur. Morfolojik değerlendirme, sağlam kemiklerle daha iyi sonuçlar verirken, parçalanmış kemikler veya iskelet kısımları eksik olduğunda doğruluk dereceleri azalma eğiliminde olmaktadır (45).

Metrik yöntemler, kadın ve erkek bireyler arasındaki değişkenlerin nicel olarak değerlendirilmesi ilkesine dayanmaktadır ve bireylerin cinsiyetlerinin tespit edilmesinde kullanılabilecek modeller/denklemeler türetmek için çoğunlukla farklı istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Metrik çalışmalardan elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması daha kolaydır (46-48).

BT ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG), geleneksel antropolojik yöntemlerin sistematik bir şekilde ortaya konulması ve yeniden değerlendirilmesini sağlayan, hayati role sahip olan invaziv olmayan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin kullanımı pahalı olsa bile cinsiyet belirlemede yüksek oranda iyi sonuçlar vermektedir. Volume rendering tekniği ile yapılan çalışmaların adli tıp uzmanları ve antropologlar tarafından, radyolojik incelemelerin cinsiyet tespiti sürecinde doğrudan kemik metrik ölçümlerinden daha doğru ve güvenilir olabileceği belirtilmektedir. Bunun nedeni olarak, kafatası yüzeyinde kemik dışında yer alan diğer dokular mevcut iken radyolojik incelemelerle kemik yapı özelliklerinin net görüntülerinin sağlanabilmesi olduğu belirtilmektedir. Önceki yapılan çalışmalarda kafatası ölçümlerinde genellikle ön arka ve yan sefalometrik radyografileri içeren görüntüleme yöntemleri kullanılmış iken son yıllarda BT gibi üç boyutlu (3B) radyografik görüntülerin kullanımı yaygın hale gelmiştir (49).

Volume rendering tekniğinin ilk uygulaması, 1970'lerde başlamıştır. 3B volume rendering ile görüntüleme klinik ve radyolojik pratiğin önemli alanlarından birini oluşturmaktadır. Görüntü işleme donanımındaki gelişmeler ve yeni veri işleme tekniklerinin entegrasyonu 3B görüntülemede de gelişmelere yol açmıştır. BT ve MRG tarayıcıları gibi tıbbi görüntüleme cihazları gelişmeye devam ettikçe, insan vücudu giderek daha ayrıntılı bir şekilde gözlemlenebilmektedir. İnsan vücudu 3B medikal görüntüleri görselleştirerek gözlemlenebilmekte ve bu teknik artık klinik uygulamalarda önemli bir rol oynamaktadır (50, 51).

Geometrik morfometrik analizin, geleneksel yöntemlerle analiz edilemeyen ve çoğunlukla göz ardı edilen eğrilere ve çıkıntılara sahip katı yapıların morfolojisini ölçmek için kullanılan nispeten yeni bir yöntem olduğu belirtilmiştir. 1980'lerden beri şekli ölçmek için kullanılan bu yöntemler son zamanlarda fiziksel antropolojide popülerlik kazanmıştır (52-55).

İskelet elemanlarının deformasyonundan dolayı bazen morfolojik veya morfometrik yöntemlerle cinsiyet tespit edilmesi mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda moleküler yöntemler araştırmacılar için alternatif bir seçenek olmaktadır (56).

2.5 Makine Öğrenmesi

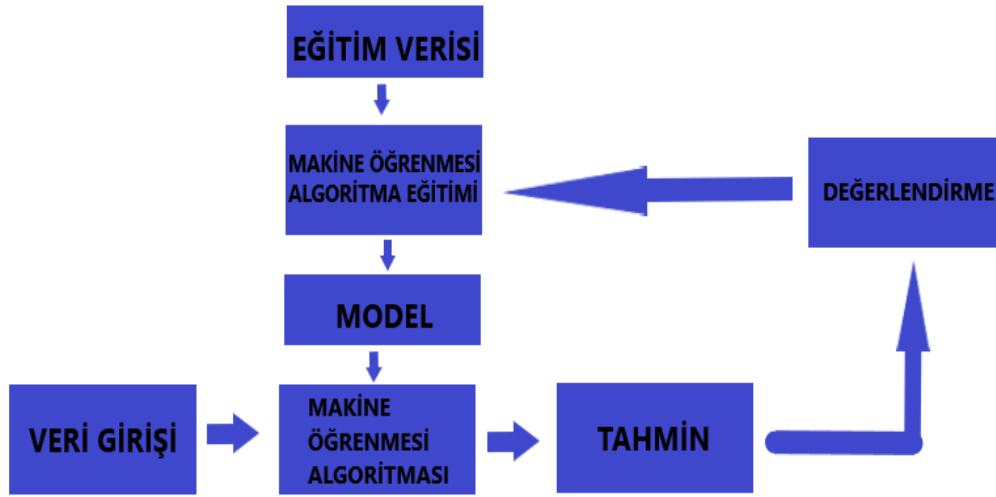
Makine öğrenmesi terimi ilk kez 1959'da Arthur Samuel tarafından ortaya konmuştur (57). Yapay zekâ çalışmalarının büyük bir parçası ve alt alanı olan makine öğrenmesi ile veriler üzerinden matematiksel ve istatistiksel yöntemleri kullanarak model oluşturmak amaçlanmaktadır. Makine öğrenmesi bu modeller ile ele alınan verilerden insan müdahalesi olmadan, insan düşüncelerini taklit ederek çıkarımlar yapan, bilinmeyene dair tahminde bulunan algoritmalarından oluşan yapay zekânın bir parçasıdır. Yapay zekâ, insan zekâsını taklit etmek yerine öğrenme yeteneklerini taklit etmeyi amaçlamaktadır (58).

Yapay zekâ yöntemlerinin kullanımı ile beraberinde hayatın birçok alanında gelişmeler yaşanmıştır. Bu alanların başında sağlık gelmektedir. Sağlık alanında elde edilen veriler ile analiz uzun yıllardır önemli araştırma alanlarından olmuştur. Dijital sağlık verilerindeki aşırı büyüme, sağlık verilerinin sürekli bir artış eğiliminde olması ve dijitalleşmeye başlaması, bu verilerin makineler aracılığı ile analiz edilmesi gerekliliğini düşündürmektedir. Hastalıkların ortaya çıkması yapay zekâ ile elde edilebilecek çıktılara paralel olarak ihtiyacı artırmıştır. Yapay zekânın sağlık sistemine entegre edilmesiyle daha net ve iyi sağlık sonuçlarına ulaşıldığı ve bunlara daha az maliyetle ulaşıldığı çalışmalarda belirtilmiştir ve makine öğrenmesi sayesinde kanıta dayalı olarak daha kesin sağlık sonuçlarına ulaşıldığı çalışmalarda gösterilmiştir (59, 60).

Makine öğrenmesinde bir girdi verilmektedir ve buna uygun çıktıları tahmin etmek için veri kümeleri üzerinde bir algoritma eğitimi gerçekleştirilmektedir. Makine öğrenmesine dair birçok algoritma mevcuttur. Problemin kaynağına ve veri sayısına göre hangisinin kullanılacağına karar verilmektedir. Özgüllük ve duyarlılık değerlerine ya da doğruluk skoruna bakılarak en iyi sonucu veren algoritma tespit

edilebilmektedir. Bu sayede en iyi algoritma tercih edilerek sonuç iyileştirilmektedir, iş yükü ve zaman maliyeti azaltılabilmektedir, verimlilik artışı sağlanmaktadır, görüntülerin daha hızlı ve güvenilir raporlanması sağlanmaktadır (61-63).

Veri setinin bir bölümü, algoritmanın eğitiminde kullanılırken bir kısmı ile algoritmanın performansı değerlendirilmektedir. Genellikle veri setinin %80'i eğitim için %20'si test amacı ile kullanılmaktadır. Model oluşturmak için kullanılan veriler eğitim verisi, karşılaştırma yapmak için kullanılan veriler ise test verisi olarak adlandırılmaktadır (58). Makine öğrenmesi algoritmalarının akış şeması Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Model Kurma Şeması.

Günümüzde makine öğrenmesi için çeşitli metodolojiler ve algoritmalar mevcuttur. Makine öğrenmesi gözetimli, gözetimsiz ve pekiştirmeye dayalı öğrenme olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (58, 64).

Gözetimli öğrenme, algoritmalar sağlanan verilerden elde edilen etiketli örnekleri temel alarak bir tahmin yapmaktadır. Bu teknik, sonucun az çok bilindiği durumlarda kullanılmaktadır (64).

Eğitim sürecinden önce, denetimli veya denetimsiz öğrenme algoritmalarını başlatmak için parametre değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu parametreler, hiperparametre olarak adlandırılmakta ve oluşturulan model üzerinde büyük etkilere sahip olabilmektedir. Modelin başarı oranını artırmak için hiperparametrelerin optimize edilmiş bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Kullanılan modele bağılı olarak bir veya daha fazla hiperparametreye atama yapmak gerekebilmektedir (58).

Bazı durumlarda model eğitim veri setine duyarlı olabilmekte ve yeniden eğitildiğinde bire bir aynı performansı göstermemektedir. Bu sorunu önlemek için model oluştururken tüm veriyi kullanmayı sağlayan bir yöntemlerden çapraz doğrulama yapılmaktadır. Yüksek maliyetli olsa da hata oranı düşüktür. Veriyi k parçaya böler, bir parçasını test için ayırır ve geri kalanını model eğitimi için kullanır. Sınıflandırma ve regresyon algoritmalarında k sayısı genellikle 10 olarak alınmaktadır. Tekrarların performans skorlarının ortalaması ve standart sapmasına göre en uygun model seçilmektedir. Ayrıca klasifikasyon algoritmalarında eğitim ve test doğruluk skorları arasındaki farkın %5'ten az olması hedeflenir. Aksi takdirde aşırı öğrenme veya abartılı taklit olarak değerlendirilmektedir (58).

Lojistik Regresyon, gözetimli öğrenme tekniği kapsamında yer alan en popüler makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Belirli bir bağımsız değişken kümesini kullanarak kategorik bağımlı değişkeni tahmin etmek için kullanılmaktadır. Evet veya hayır, 0 veya 1, kadın veya erkek vb. olabilir, ancak 0 ve 1 olarak kesin değeri vermek yerine, 0 ile 1 arasında kalan olasılıksal değerleri vermektedir. Lojistik Regresyonda, bir regresyon çizgisi uydurmak yerine, iki maksimum değeri 0 veya 1'i içeren S şeklinde bir lojistik fonksiyon eğrisi vardır (65, 66).

Gaussian Naive Bayes algoritması, Bayes teoremine dayalı olasılıksal sınıflandırma yöntemidir. Ön bilgiyi almakta ve yeni bir verinin hangisine ait olduğu olasılığını hesaplamaktadır. Bu sınıflandırma yönteminde nitelikler birbirinden bağımsız olarak kabul edilmektedir. Bayes teoremi, Thomas Bayes tarafından geliştirilmiştir bir rassal değişken için olasılık dağılımı içinde koşullu olasılıklar ile marjinal olasılıklar arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bayes Teoremi, koşullu olasılıkları hesaplamak için kullanılan basit bir matematiksel formüldür. Gaussian Naive Bayes algoritması; koşullu olasılık, başka bir olayın meydana gelmesi durumunda varsayım, iddia veya kanıt yoluyla bir olayın meydana gelme olasılığının bir ölçüsüdür. Çalışma mantığı ilgili veri kümesinde yer alan her bir eleman için her durumun olasılığını hesaplamak ve olasılık değeri en yüksek olana göre sınıflandırmayı gerçekleştirmektir (66, 67).

Destek Vektör Makinesi, Vapnik tarafından geliştirilmiştir. Sınıflandırma probleminin tipine bağılı olarak verileri iki veya daha fazla kategoriye ayırmak için

veriler arasına bir sınır çizerek iki gruba ayırmaktadır. Sınırı çizmek için belirlenen yer iki gruba da uzak olan nokta olarak belirlenmektedir. Sınırı çizmek için iki gruba da yakın ve birbirine paralel iki çizgi çizilmektedir ve bu çizgiler birbirine yaklaştırılarak sınır çizgisi belirlenmektedir. Kullanılacak veri sayısının bir önemi yoktur (66, 68, 69).

K-En Yakın Komşu, veri içerisindeki noktalar kendisine en yakın noktalar ile karşılaştırılmaktadır sonrasında veri kümeleri oluşturulması hedeflenmektedir. K-En Yakın Komşu algoritmasında amaç, yeni noktaya en yakın önceden belirlenmiş sayıda eğitim örneği bulmak ve etiketi bunlardan tahmin etmektir. Bu algoritma verilen k değeri kadar en yakın komşunun sınıfına göre sınıflandırma işlemi yapmaktadır. K-En Yakın Komşu algoritmasında bir vektörün sınıflandırılması, sınıfı bilinen vektörler kullanılarak yapılmaktadır. Test edilecek örnek, eğitim kümesindeki her bir örnek ile tek tek işleme alınmaktadır. Test edilecek örneğin sınıfını belirlemek için eğitim kümesindeki o örneğe en yakın k adet örnek seçilmektedir. Veriler arasındaki mesafeyi ölçmek için Öklit, Manhattan gibi mesafe ölçütleri kullanılmaktadır (70-72). Hesaplanan mesafe yüksek ise toplanan veriler arasındaki benzerlik oranı azalır, düşük ise toplanan veriler benzerlik oranı artar fakat aynı sınıflara dâhil edilemezler. Veriler kendisini en yakın çok tekrar eden olan sınıfa dâhil edilir (66).

Karar Ağacı, gözetimli öğrenme algoritmaları ailesine ait bir algoritmadır. Diğer gözetimli öğrenme algoritmalarından farklı olarak Karar Ağacı algoritması, regresyon ve sınıflandırma problemlerini çözmek için de kullanılabilir. Bir Karar Ağacı kullanmanın amacı, eğitim verilerinden çıkarılan basit karar kurallarını öğrenerek hedef değişkenin sınıfını veya değerini tahmin etmek için kullanabilen bir eğitim modeli oluşturmaktır. Kararları ve bu kararların açıklamalarına yer verdiği için kolay anlaşılan bir algoritmadır. Kategorize edilerek oluşturulmuş sınıflar ağacın yapraklarını, sınıflandırma verileri üzerindeki işlemler ise ağacın dallarını oluşturmaktadır (58, 66).

Rastgele Orman, karar ağaçlarını temel alan hem regresyon hem de sınıflandırma amacıyla kullanılabilen, bir ağaç oluşturmak yerine bir orman oluşturup bu ormandaki ağaçları rastgele düzenlemektedir. Algoritmada ağaç yapısının oluşturulması için her bir düğümde kullanılacak örneklerin sayısı ve oluşturulacak ağaç sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Sınıflandırma sırasında karar ormanı, kullanıcı tarafından belirlenen k adet ağaçtan oluşturulmaktadır. Yeni

bir nesne sınıflandırılacağı zaman bu k adet Karar Ağacı tarafından işleme tabi tutulmaktadır ve her ağaçtan elde edilen oranlar içerisinde en yüksek olanı seçilerek sınıf belirlenmesi yapılmaktadır (66, 73).

Gözetimsiz öğrenmede veri noktaları etiketlenmemektedir. Algoritma, verileri düzenleyerek veya bunların yapısını açıklayarak veri noktalarını etiketlemektedir. Bu teknik, sonucun öngörülemediği durumlarda kullanılmaktadır. Gözetimsiz öğrenme, veri analizi, görüntü işleme, keşifsel analiz ve daha birçok alanda kullanılabilir. Sağlık alanında hastalıkların benzer özelliklere göre gruplandırılması için kullanılabilecek bir yöntemdir (58, 66).

Pekiştirmeye dayalı öğrenme, sonuçlardan öğrenen ve gerçekleştirilecek eylemi kararlaştıran algoritmaları kullanmaktadır. Algoritma, makine eylemler üreterek çevresi ile etkileşime girmektedir, sonuçları gözlemlemekte ve ardından bir sonraki eylemi gerçekleştirirken bu sonuçları dikkate almaktadır ve süreç algoritma gelişip doğru stratejiyi seçene kadar bu şekilde devam etmektedir. Bilgisayar oyunları pekiştirmeye dayalı öğrenmeye örnektir (58, 66).

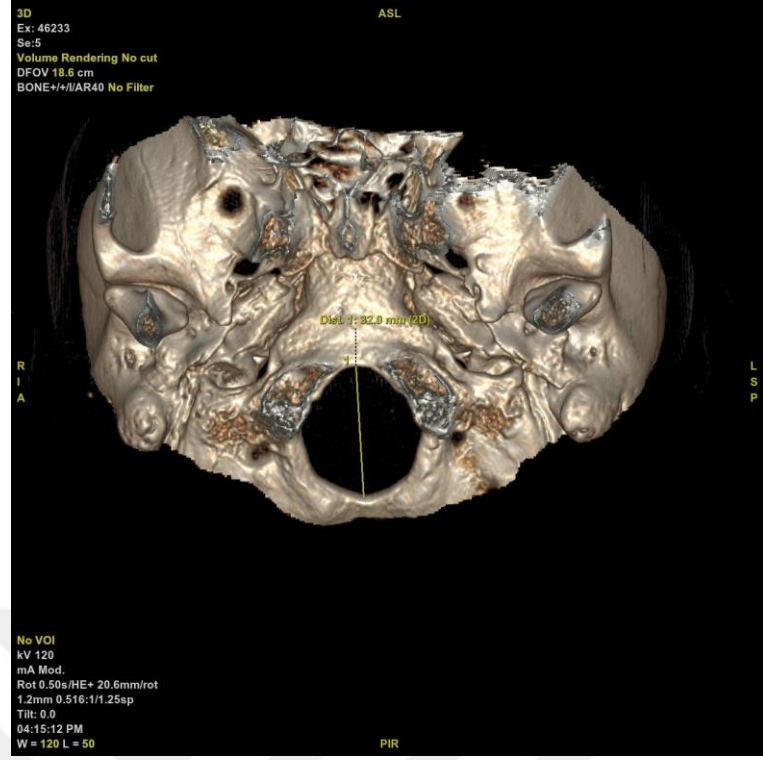
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesinde, GE Revolution Evo 128 kesit (China) BT cihazı ile çekilen beyin BT tetkiklerinden 20-55 yaş aralığında olan, inceleme alanında kırık, konjenital anomali ya da ameliyat öyküsü bulunmayan, 100 erkek 100 kadın toplamda 200 bireyin beyin BT görüntüleri kullanıldı. Görüntüler iş istasyonuna aktararak ölçümler yapıldı. BT görüntüleri volume rendering tekniği ile 3B olarak yeniden yapılandırılarak gerçek kemik yapıya yakın görüntü elde edilerek morfometrik ölçümler yapıldı. Ölçümler mm hassasiyeti ile yapıldı ve virgülden sonraki bir basamak dikkate alındı.

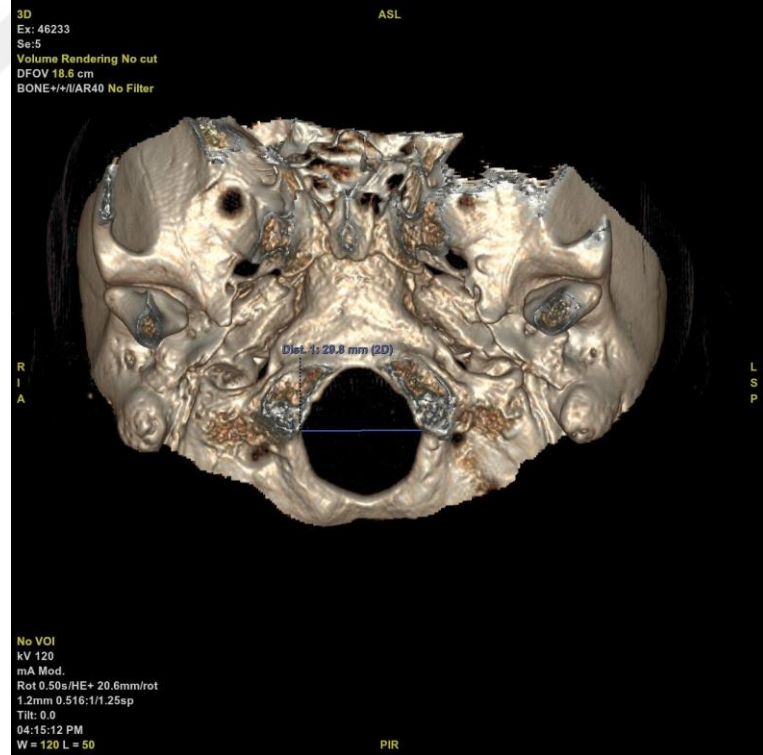
Çalışmaya Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 2022/229 karar numaralı etik kurul izni ile başlandı. Yeniden yapılandırılan 3B görüntülerden alınan morfometrik ölçümler aşağıda verildi:

- Foramen magnum'un anteroposterior çapı (FMAPÇAP): Basion ve opisthion arasındaki mesafe (Şekil 3.1).
- Foramen magnum'un transvers çapı (FMTÇAP): Foramen magnum'un en geniş lateral duvarları arasındaki mesafe (Şekil 3.2).
- Foramen magnum'un çevresi (FMÇEVRE): İş istasyonuna aktarılan görüntüler cihazın teknik özellikleri kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.3).
- Sağ ve sol foramen jugulare'nin anteroposterior çapı (FJAPÇAP): Foramen jugulare'nin ön arka çapının en uzun olduğu mesafe (Şekil 3.4).
- Sağ ve sol foramen jugulare'nin transvers çapı (FJTÇAP): Foramen jugulare'nin en lateral iki noktası arasındaki mesafe (Şekil 3.5).
- Sağ ve sol foramen jugulare'nin çevresi (FJÇEVRE): Foramen jugulare çevresi iş istasyonuna aktarılan görüntüler cihazın teknik özellikleri kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.6).
- Sağ condylus occipitalis'in uzunluğu (RCOU): Sağ condylus occipitalis'in ön arka çapının en uzun olduğu mesafe (Şekil 3.7).
- Sol condylus occipitalis'in uzunluğu (LCOU): Sol condylus occipitalis'in ön arka çapının en uzun olduğu mesafe (Şekil 3.7).
- Sağ condylus occipitalis'in maksimum genişliği (RCOMAXG): Sağ condylus occipitalis'in en geniş iki noktası arasındaki mesafe (Şekil 3.8).

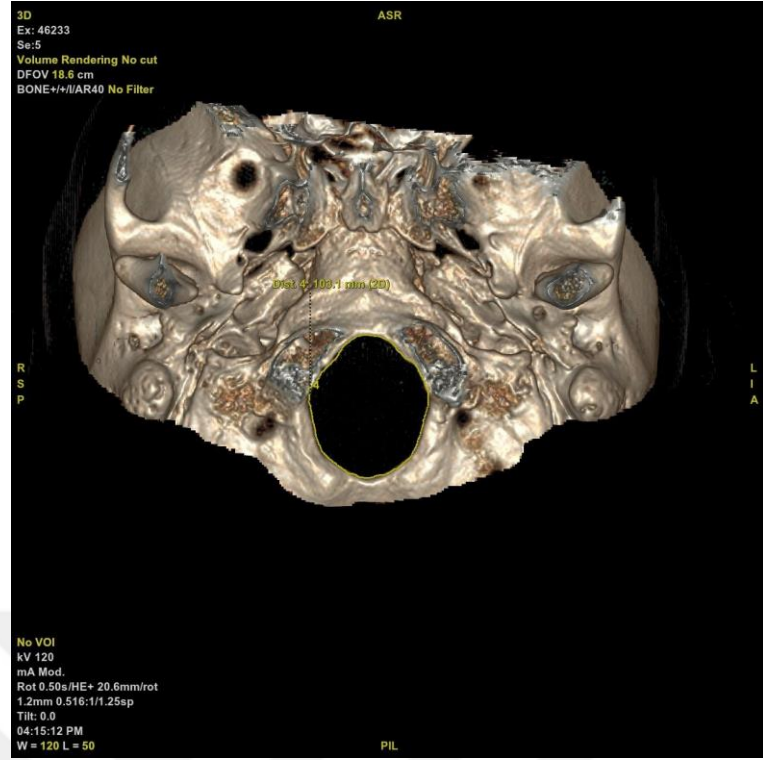
- Sol condylus occipitalis'in maksimum genişliği (LCOMAXG): Sol condylus occipitalis'in en geniş iki noktası arasındaki mesafe (Şekil 3.8).
- Ön interkondiler mesafe (ÖİKM): Sağ ve sol condylus occipitalis'in önde birbirine en yakın iki noktası arasındaki mesafe (Şekil 3.9).
- Arka interkondiler mesafe (AİKM): Sağ ve sol condylus occipitalis'in arkada birbirine en yakın iki noktası arasındaki mesafe (Şekil 3.10).
- Sağ ve sol foramen jugulare arası mesafe (FJ-FJ): Foramen jugulare'lerin internal yüzden birbirlerine en yakın oldukları mesafe (Şekil 3.11).
- Sağ foramen jugulare ile basion arası mesafe (RFJ-BAS): Sağ foramen jugulare ile basion arasındaki mesafe (Şekil 3.12).
- Sol foramen jugulare ile basion arası mesafe (LFJ-BAS): Sağ foramen jugulare ile basion arasındaki mesafe (Şekil 3.12).
- Sağ foramen jugulare ile opisthion arası mesafe (RFJ-OP): Sağ foramen jugulare ile opisthion arasındaki mesafe (Şekil 3.13).
- Sol foramen jugulare ile opisthion arası mesafe (LFJ-OP): Sol foramen jugulare ile opisthion arasındaki mesafe (Şekil 3.13).
- Sağ ve sol meatus acusticus internus arası mesafe (MAİ-MAİ): Meatus acusticus internus'ların internal yüzeyden birbirlerine en yakın oldukları mesafe (Şekil 3.14).
- Sağ meatus acusticus internus ile basion arası mesafe (RMAİ-BAS): Sağ meatus acusticus internus ile basion arasındaki mesafe (Şekil 3.15).
- Sol meatus acusticus internus ile basion arası mesafe (LMAİ-BAS): Sol meatus acusticus internus ile basion arasındaki mesafe (Şekil 3.15).
- Sağ meatus acusticus internus ile opisthion arası mesafe (RMAİ-OP): Sağ meatus acusticus internus ile opisthion arasındaki mesafe (Şekil 3.16).
- Sol meatus acusticus internus ile opisthion arası mesafe (LMAİ-OP): Sol meatus acusticus internus ile opisthion arasındaki mesafe (Şekil 3.16).
- Sağ ve sol canalis nervi hypoglossi arası mesafe (CNH-CNH): Canalis nervi hypoglossi'lerin internal yüzeyden birbirine en yakın oldukları mesafe (Şekil 3.17).



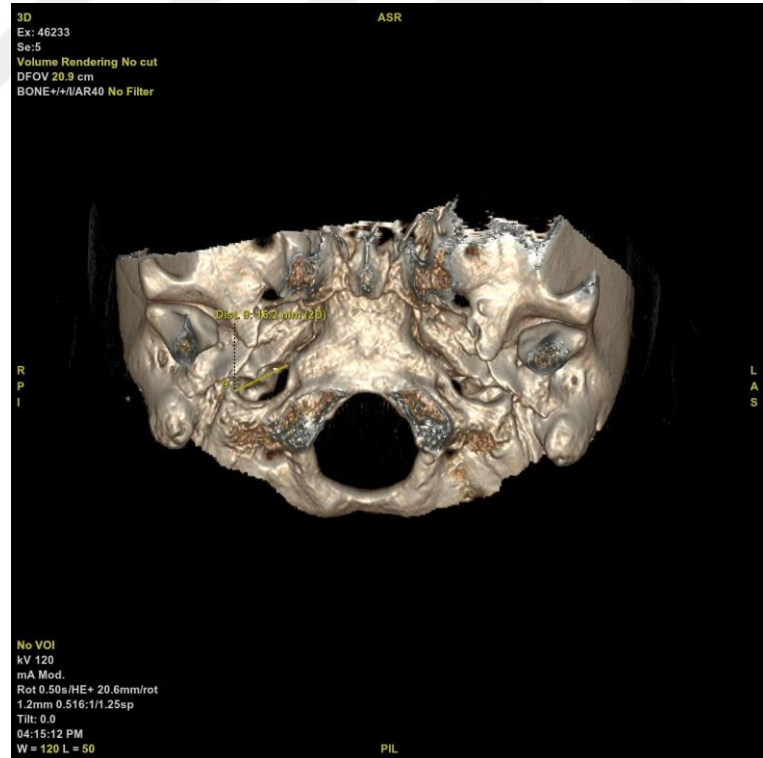
Şekil 3.1. Foramen magnum'un anteroposterior çapı.



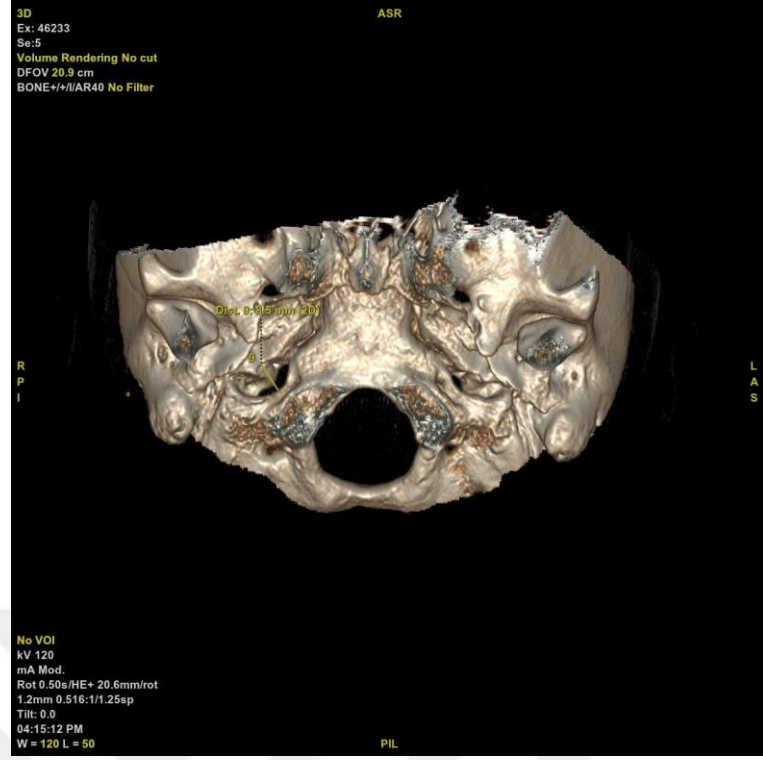
Şekil 3.2. Foramen magnum'un transvers çapı.



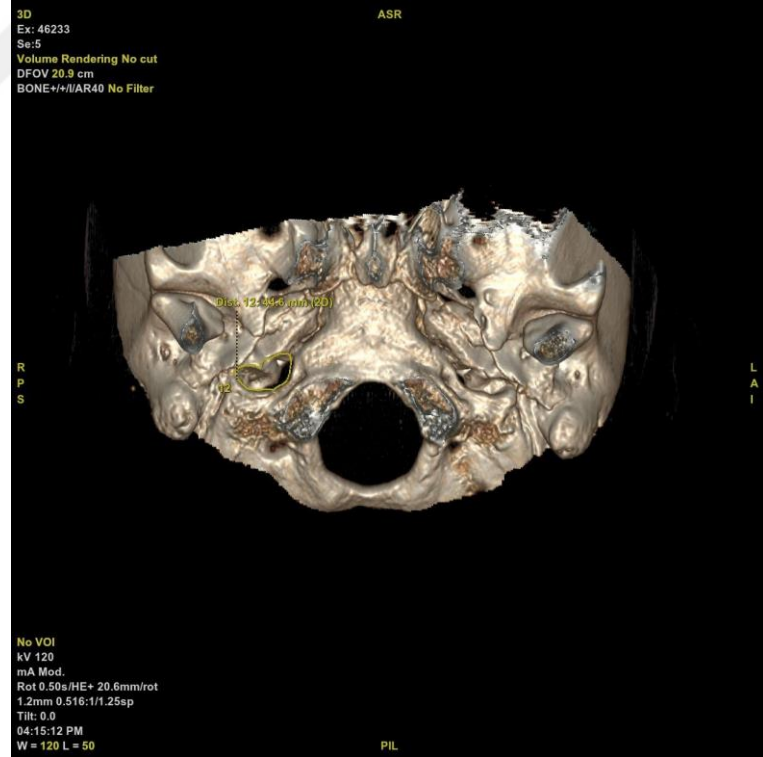
Şekil 3.3. Foramen magnum'un çevresi.



Şekil 3.4. Sağ ve sol foramen jugulare'nin anteroposterior çapı.



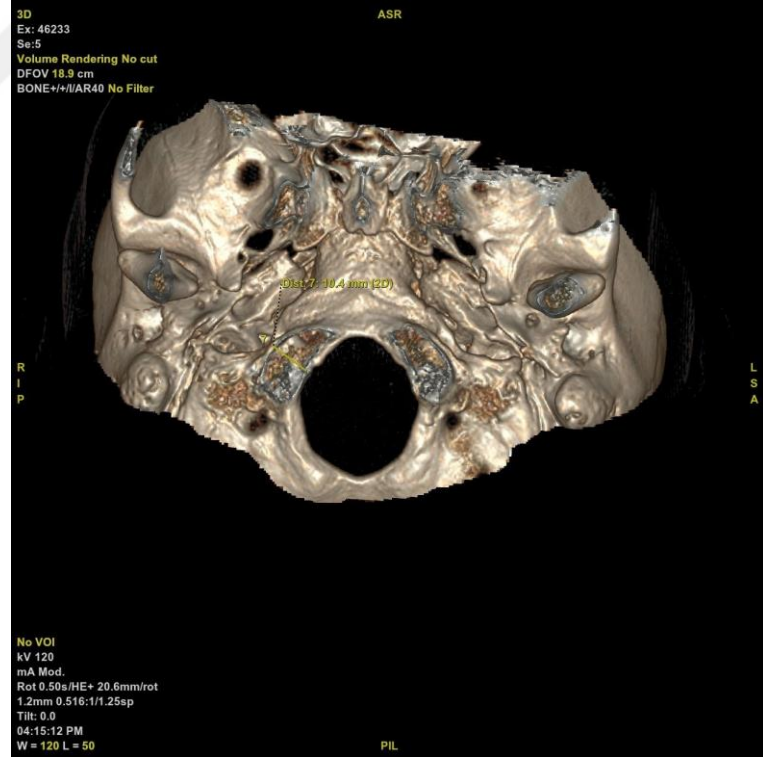
Şekil 3.5. Sağ ve sol foramen jugulare'nin transvers çapı.



Şekil 3.6. Sağ ve sol foramen jugulare'nin çevresi.



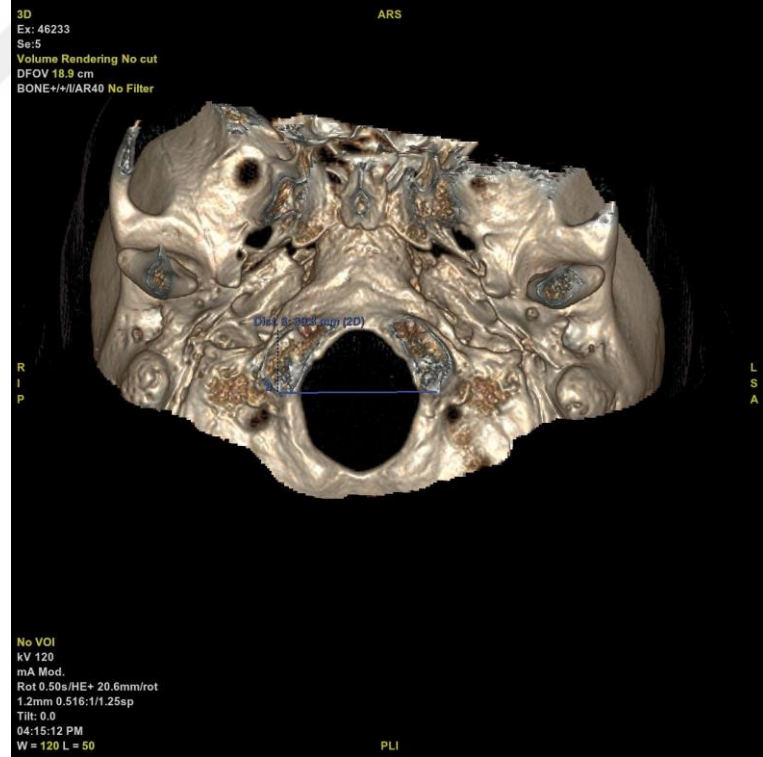
Şekil 3.7. Sağ ve sol condylus occipitalis'in uzunluğu.



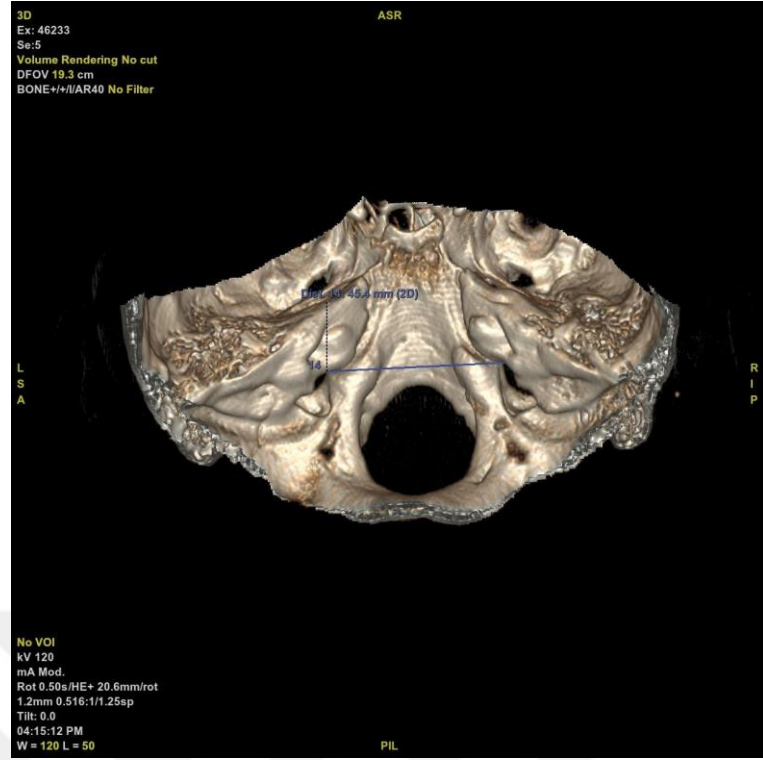
Şekil 3.8. Sağ ve sol condylus occipitalis'in maksimum genişliği.



Şekil 3.9. Ön interkondiler mesafe.



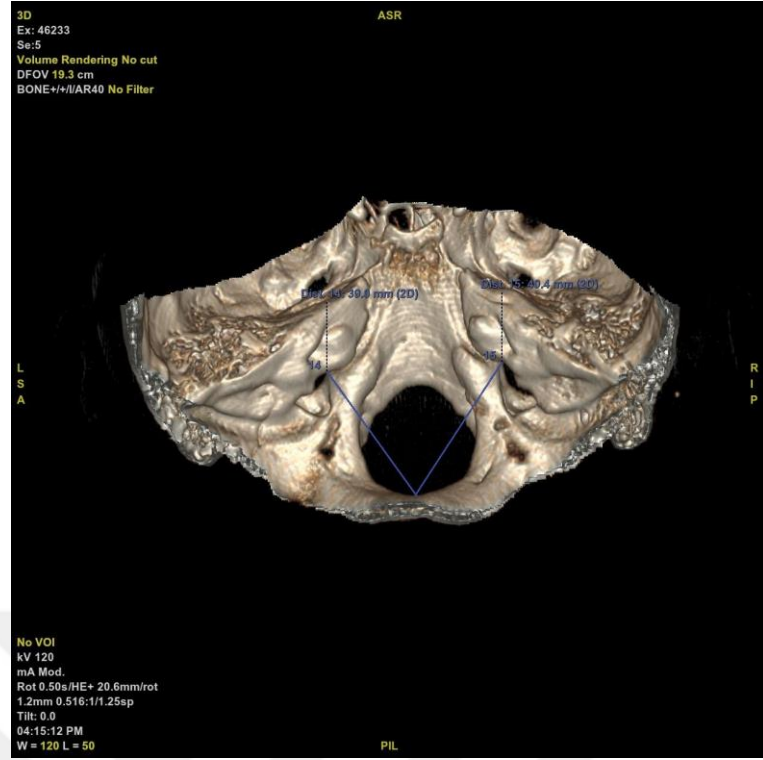
Şekil 3.10. Arka interkondiler mesafe.



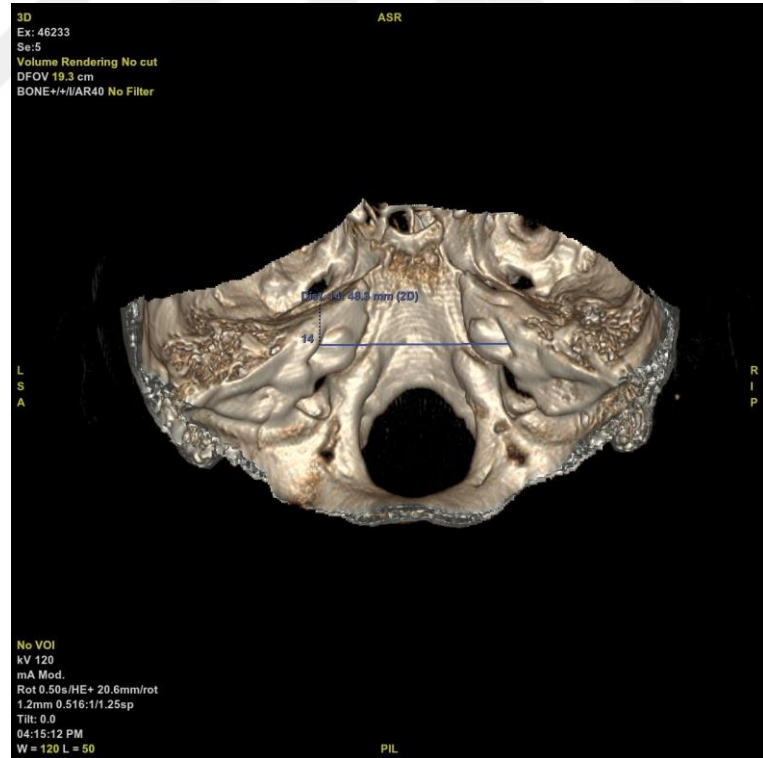
Şekil 3.11. Sağ ve sol foramen jugulare arası mesafe.



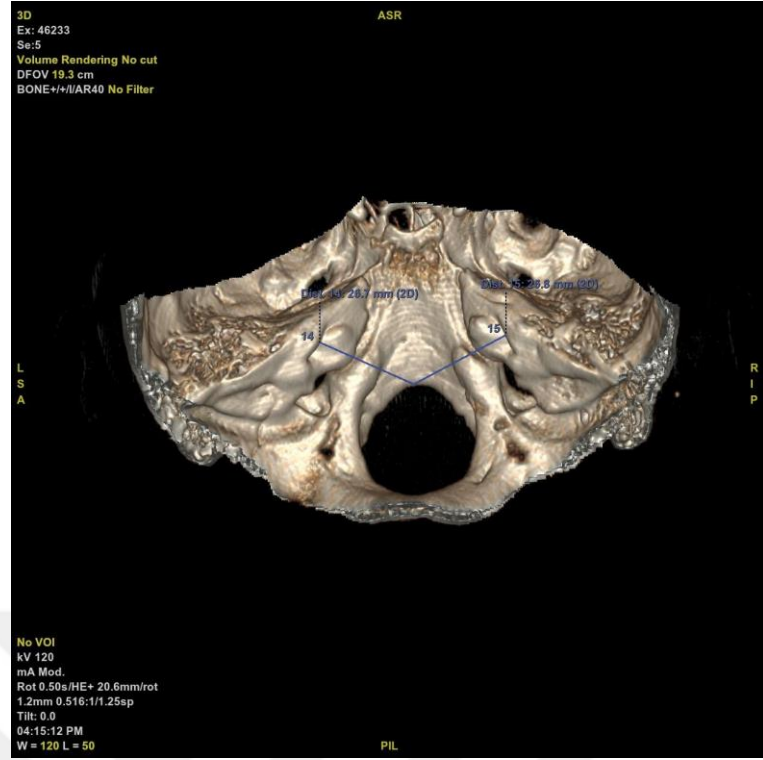
Şekil 3.12. Sağ ve sol foramen jugulare ile basion arası mesafe.



Şekil 3.13. Sağ ve sol foramen jugulare ile opisthion arası mesafe.



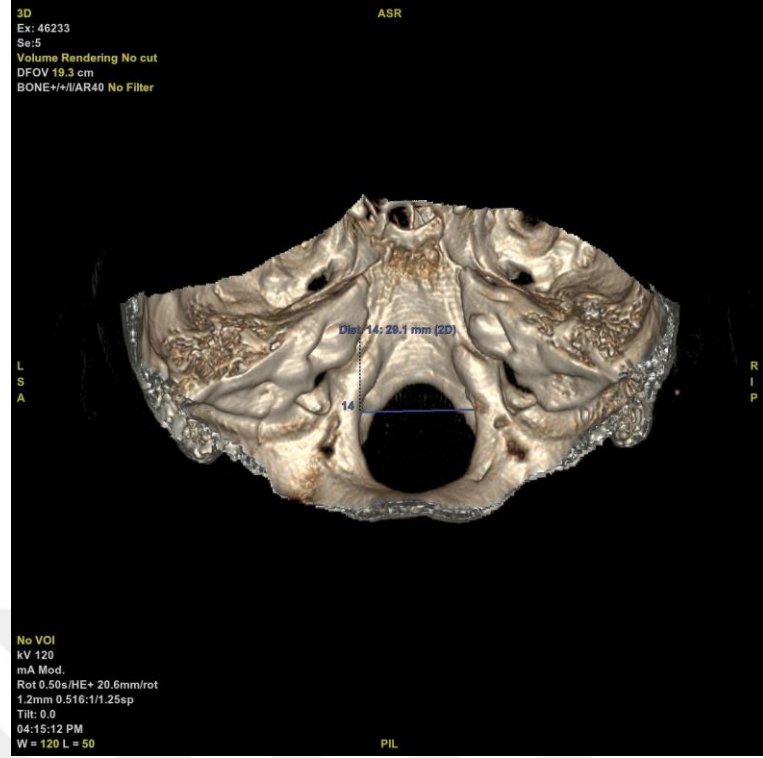
Şekil 3.14. Sağ ve sol meatus acusticus internus arası mesafe.



Şekil 3.15. Sağ ve sol meatus acusticus internus ile basion arası mesafe.



Şekil 3.16. Sağ ve sol meatus acusticus internus ile opisthion arası mesafe.



Şekil 3.17. Sağ ve sol canalis nervi hypoglossi arası mesafe.

Elde edilen ölçümlerden temel istatistiksel metotlarla makine öğrenme algoritmalarının girişinde kullanılacak parametreler tayin edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile analiz edildi. Normal dağılıma uymayan parametrelere Box-Cox dönüşümü yapıldı. Normal dağılıma uyan parametrelerin tanımlayıcı istatistikleri minimum (Min), maksimum (Maks), ortalama (Ort) ve standart sapma (SD) ile gösterilirken normal dağılıma uymayan parametrelerde ortanca ve çeyrekler arası aralık (CAA) kullanıldı. Parametrelerin cinsiyetler arası farklılığı Student's t testi ile analiz edildi. Arada istatistiksel farklılık bulunmayan veriler çıkarıldıktan sonra cinsiyet ile arasında düşük (<%20) ya da yüksek (>%80) korelasyon bulunan parametrelerin dışlanması için Pearson korelasyon testi yapıldı. Kriterleri sağlayan parametrelerden geri yayımlı Lojistik Regresyon modeli kuruldu. Model sonucunda anlamlı olduğu saptanan parametreler 0,2 test ve 0,8 eğitim verisi olacak şekilde rastgele bölündü ve Lojistik Regresyon, Lineer Diskriminat Analizi, Karar Ağacı, Rastgele Orman, K-En Yakın Komşu, Destek Vektör Makinesi ve Gaussian Naive Bayes algoritmaları eğitildi. En iyi hiperparametre on katlı çapraz doğrulama ve doğruluk skoruna göre belirlendi. Analizler en iyi hiperparametre ile tekrarlandı. Makine öğrenmesi algoritmalarının tahminlerinin doğruluk skoru Lojistik Regresyon modeli ile karşılaştırılarak en

etkin algoritma belirlendi. Aynı zamanda analiz süreleri ölçüldü. Analizlerin yapımında ve algoritmaların eğitiminde Python 3.8.8 derleyicisi ve Jupyter Notebook 6.1.8 editörü kullanıldı. Anlamlılık seviyesi $p \leq 0,05$ olarak belirlendi.



4. BULGULAR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesinde son altı ayda çekilen beyin BT görüntüleri kullanıldı. Çalışmaya 20-55 yaş aralığında, dâhil edilme ve dışlanma kriterlerini sağlayan 100 erkek 100 kadın toplamda 200 birey dâhil edildi.

Elde edilen ölçümler, sağ ve sol taraf arasında karşılaştırıldığında FJAPÇAP, FJTÇAP, FJÇEVRE parametrelerinin istatistiksel olarak farklı olduğu görüldü. Normal dağılıma uymayan FJTÇAP, COU, COMAXG parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3'te verildi.

Sağ ve sol tarafa ait ölçümlerden tüm verilerde, kadınlarda ve erkeklerde ayrı ayrı bakılması ile elde edilen istatistiksel sonuçlardan FJAPÇAP ve FJÇEVRE parametrelerinin sağ tarafta cinsiyet fark etmeksizin anlamlı düzeyde daha büyük olduğu çıkarımında bulundu.

Tablo 4.1. Normal dağılıma uymayan, tüm ölçümlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri.

	Tüm Veriler (Sağ)				Tüm Veriler (Sol)				Z	p
	Min	Maks	Ortanca	ÇAA	Min	Maks	Ortanca	ÇAA		
FJTÇAP	4,4	15,4	8,7	2,90	3,3	14,2	7,0	2,22	11117,50	<0,001
COU	17,4	29,1	20,6	1,82	17,2	28,6	20,7	1,62	20737,00	0,524
COMAXG	8,5	13,7	11,0	1,30	7,6	21,1	10,9	1,50	18411,00	0,169

Tablo 4.2. Normal dağılıma uymayan, kadınlara ait ölçümlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri.

	Kadınlar (Sağ)				Kadınlar (Sol)				Z	p
	Min	Maks	Ortanca	ÇAA	Min	Maks	Ortanca	ÇAA		
FJTÇAP	4,4	15,4	8,40	2,84	3,3	10,6	6,90	2,05	2995,50	<0,001
COU	17,4	23,9	20,25	1,60	17,2	23,8	20,55	1,60	5237,50	0,561
COMAXG	9,1	13,3	10,85	1,23	7,6	21,1	10,60	1,40	4792,00	0,611

Tablo 4.3. Normal dağılıma uymayan, erkeklere ait ölçümlerden elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri.

	Erkekler (Sağ)				Erkekler (Sol)				Z	p
	Min	Maks	Ortanca	ÇAA	Min	Maks	Ortanca	ÇAA		
FJTÇAP	4,5	15,4	8,80	2,57	3,6	14,2	7,15	2,13	2565,00	<0,001
COU	18,8	29,1	20,85	1,80	18,1	28,6	21,00	1,92	5166,00	0,685
COMAXG	8,5	13,7	11,35	1,40	8,2	13,7	11,05	1,62	4406,00	0,146

Normal dağılıma uyan FJAPÇAP, FJÇEVRE, FJ-BAS, FJ-OP, MAİ-BAS, MAİ-OP parametrelerine ait tanımlayıcı istatistiklere Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6’da yer verildi.

Tablo 4.4. Normal dağılıma uyan, tüm ölçümlerden elde edilen verilere ait tanımlayıcı istatistikleri.

	Tüm Veriler (Sağ)				Tüm Veriler (Sol)				t	p
	Ort	SD	Min	Maks	Ort	SD	Min	Maks		
FJAPÇAP	14,76	2,33	6,7	20,7	12,63	2,13	6,7	19,4	9,536	<0,001
FJÇEVRE	37,37	5,50	23,4	52,1	32,62	5,30	18,7	45,3	8,795	<0,001
FJ-BAS	24,03	2,13	18,3	30,3	23,92	2,07	18,4	29,5	0,522	0,602
FJ-OP	41,39	3,26	32,8	49,6	41,43	3,41	32,1	50,7	-0,096	0,924
MAİ-BAS	29,57	2,85	23,0	37,5	30,20	2,78	23,3	37,6	-2,233	0,026
MAİ-OP	49,06	3,40	41,7	56,7	49,24	3,65	39,6	59,2	-0,521	0,602

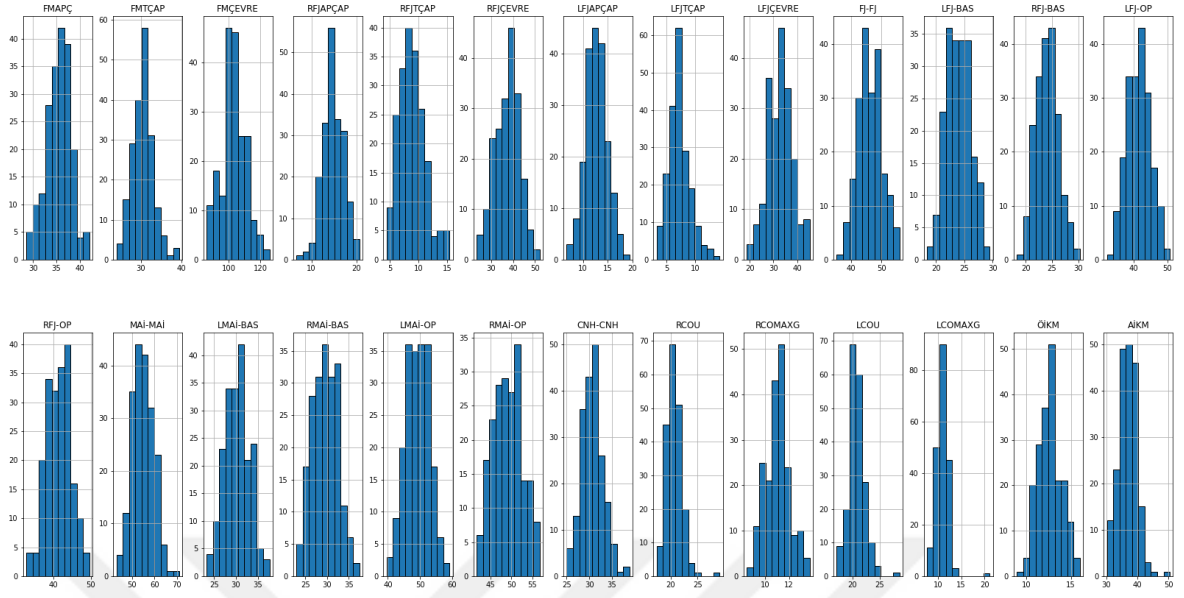
Tablo 4.5. Normal dağılıma uyan, kadınlardan elde edilen verilerin ait tanımlayıcı istatistikleri.

	Kadınlar (Sağ)				Kadınlar (Sol)				t	p
	Ort	SD	Min	Maks	Ort	SD	Min	Maks		
FJAPÇAP	14,45	2,38	6,7	20,7	12,54	2,12	7,6	17,6	5,995	<0,001
FJÇEVRE	36,52	5,04	25,0	48,4	32,17	5,44	20,0	44,6	5,866	<0,001
FJ-BAS	23,10	1,86	18,3	30,3	23,08	1,95	18,4	28,1	0,070	0,944
FJ-OP	40,28	2,76	32,8	47,2	40,03	3,08	32,1	46,2	0,620	0,536
MAİ-BAS	28,26	2,51	23,0	35,2	28,90	2,42	23,3	36,1	-1,833	0,068
MAİ-OP	47,47	2,87	41,7	54,5	47,46	3,26	39,6	54,4	0,035	0,972

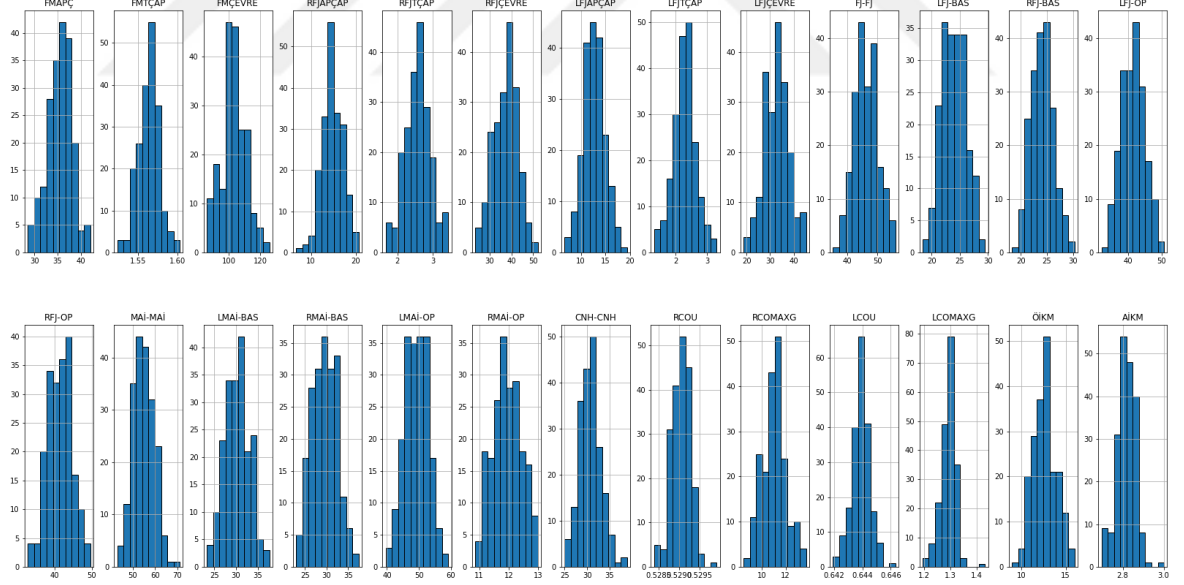
Tablo 4.6. Normal dağılıma uyan, erkeklerden elde edilen verilerin ait tanımlayıcı istatistikleri.

	Erkekler (Sağ)				Erkekler (Sol)				t	p
	Ort	SD	Min	Maks	Ort	SD	Min	Maks		
FJAPÇAP	15,06	2,25	8,7	20,2	12,72	2,15	6,7	19,4	7,547	<0,001
FJÇEVRE	38,23	5,83	23,4	52,1	33,07	5,15	18,7	45,3	6,627	<0,001
FJ-BAS	24,97	1,97	20,2	30,1	24,77	1,83	21,2	29,5	0,744	0,458
FJ-OP	42,50	3,36	33,7	49,6	42,82	3,15	35,4	50,7	-0,695	0,488
MAİ-BAS	30,89	2,57	24,6	37,5	31,50	2,49	24,5	37,6	-1,728	0,085
MAİ-OP	50,64	3,16	41,9	56,7	51,02	3,12	42,7	59,2	-0,862	0,390

Parametrelerin normal dağılıma uygunluğuna Shapiro-Wilk testi ile bakıldığında RFJTÇAP, LFJTÇAP, RMAİ-OP, RCOU, LCOU, LCOMAXG, AİKM parametrelerinin normal dağılıma uymadığı görüldü ve Box-Cox dönüşümü yapıldı. Dönüşüm sonrasında normal dağılıma uymayan LCOMAXG ve AİKM analizden çıkarıldı. Dönüşüm öncesi ve sonrası histogramlar Şekil 4.1 ile Şekil 4.2’de gösterildi.



Şekil 4.1. Morfometrik ölçümlerin Box-Cox dönüşümü öncesi dağılımı.

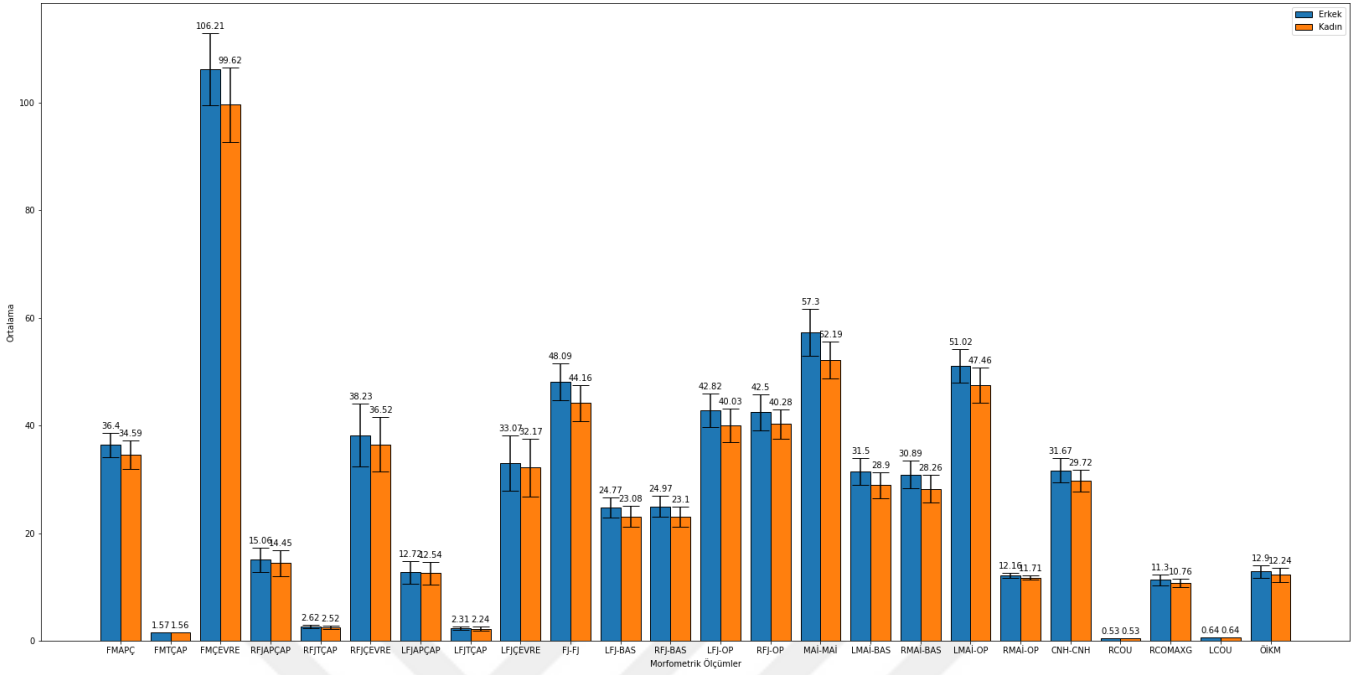


Şekil 4.2. Morfometrik ölçümlerin Box-Cox dönüşümü sonrası dağılımı.

Normal dağılıma uyan parametrelerin cinsiyetler arasında karşılaştırıldığında FMAPÇAP, FMTÇAP, FMÇEVRE, FJ-FJ, LFJ-BAS, RFJ-BAS, LFJ-OP, RFJ-OP, MAİ-MAİ, LMAİ-BAS, RMAİ-BAS, LMAİ-OP, RMAİ-OP, CNH-CNH, RCOU, RCOMAXG, LCOU ve ÖİKM değerleri arasında anlamlı fark olduğu görülmüştür. Tüm karşılaştırma sonuçları Tablo 4.7 ve Şekil 4.3'te verildi.

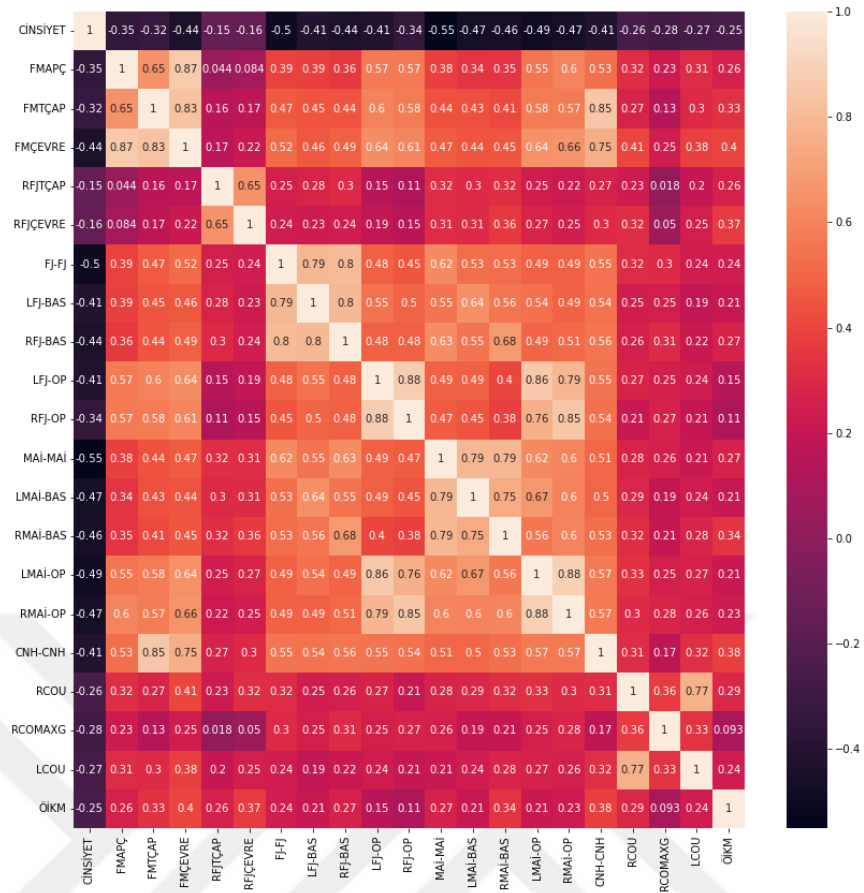
Tablo 4.7. Parametrik Verilerin Gruplara Göre Analizi.

	Erkek				Kadın				t	p
	Ort	SD	Min	Maks	Ort	SD	Min	Maks		
FMAPÇAP	36,40	2,25	30,60	42,10	34,59	2,64	28,60	39,80	5,2	<0,001
FMTÇAP	1,57	0,01	1,54	1,60	1,56	0,01	1,52	1,59	4,824	<0,001
FMÇEVRE	106,21	6,69	87,60	125,60	99,62	6,88	86,00	117,90	6,873	<0,001
RFJAPÇAP	15,06	2,25	8,70	20,20	14,45	2,38	6,70	20,70	1,877	0,062
RFJTÇAP	2,62	0,35	1,70	3,43	2,52	0,36	1,67	3,43	2,12	0,035
RFJÇEVRE	38,23	5,83	23,40	52,10	36,52	5,04	25,00	48,40	2,22	0,028
LFJAPÇAP	12,72	2,15	6,70	19,40	12,54	2,12	7,60	17,60	0,591	0,555
LFJTÇAP	2,31	0,36	1,42	3,30	2,24	0,34	1,32	2,87	1,419	0,157
LFJÇEVRE	33,07	5,15	18,70	45,30	32,17	5,44	20,00	44,60	1,209	0,228
FJ-FJ	48,09	3,43	41,00	55,90	44,16	3,38	35,40	53,80	8,157	<0,001
LFJ-BAS	24,77	1,83	21,20	29,50	23,08	1,95	18,40	28,10	6,308	<0,001
RFJ-BAS	24,97	1,97	20,20	30,10	23,10	1,86	18,30	30,30	6,881	<0,001
LFJ-OP	42,82	3,15	35,40	50,70	40,03	3,08	32,10	46,20	6,35	<0,001
RFJ-OP	42,50	3,36	33,70	49,60	40,28	2,76	32,80	47,20	5,11	<0,001
MAİ-MAİ	57,30	4,31	45,40	71,10	52,19	3,43	43,00	63,20	9,273	<0,001
LMAİ-BAS	31,50	2,49	24,50	37,60	28,90	2,42	23,30	36,10	7,504	<0,001
RMAİ-BAS	30,89	2,57	24,60	37,50	28,26	2,51	23,00	35,20	7,325	<0,001
LMAİ-OP	51,02	3,12	42,70	59,20	47,46	3,26	39,60	54,40	7,898	<0,001
RMAİ-OP	12,16	0,44	10,89	12,99	11,71	0,41	10,86	12,69	7,394	<0,001
CNH-CNH	31,67	2,24	27,00	38,90	29,72	2,07	25,00	36,30	6,395	<0,001
RCOU	0,53	0,00	0,53	0,53	0,53	0,00	0,53	0,53	3,733	<0,001
RCOMAXG	11,30	1,03	8,50	13,70	10,76	0,84	9,10	13,30	4,10	<0,001
LCOU	0,64	0,00	0,64	0,65	0,64	0,00	0,64	0,65	3,88	<0,001
ÖİKM	12,90	1,16	8,90	16,00	12,24	1,34	9,90	15,90	3,68	<0,001



Şekil 4.3. Morfometrik ölçümlerin cinsiyete göre dağılımı.

Arada istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmayan RFJAPÇAP, LFJAPÇAP, LFJTÇAP, LFJÇEVRE analizden çıkarıldıktan sonra parametreler arasındaki çoklu ya da düşük korelasyon gösteren değişkenleri saptamak amacıyla Pearson Korelasyon analizi yapıldı. RFJTÇAP, RFJÇEVRE parametreleri arasında düşük korelasyon olduğu saptandı. Analize alınan tüm parametrelere ait korelasyon katsayıları Şekil 4.4’te verildi.

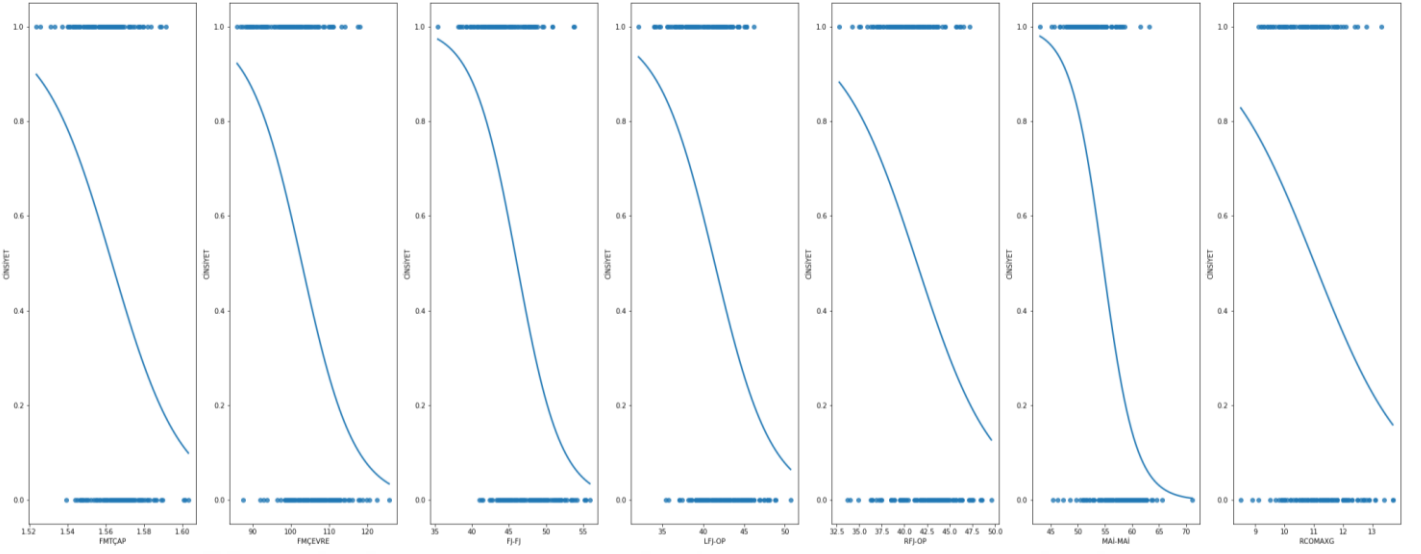


Şekil 4.4. Morfometrik ölçümlerin korelasyon analizi.

RFJTÇAP, RFJÇEVRE parametreleri çıkarıldıktan sonra kurulan Lojistik Regresyon modeli FMTÇAP, FMÇEVRE, FJ-FJ, LFJ-OP, RFJ-OP, MAİ-MAİ, RCOMAXG değerleriyle cinsiyetin istatistiksel açıdan anlamlı olarak tahmin edebileceği görüldü. Regresyon katsayıları Tablo 4.8’de verildi. Model çalıştırıldıktan sonra elde edilen Lojistik Regresyon eğrileri Şekil 4.5’te gösterildi.

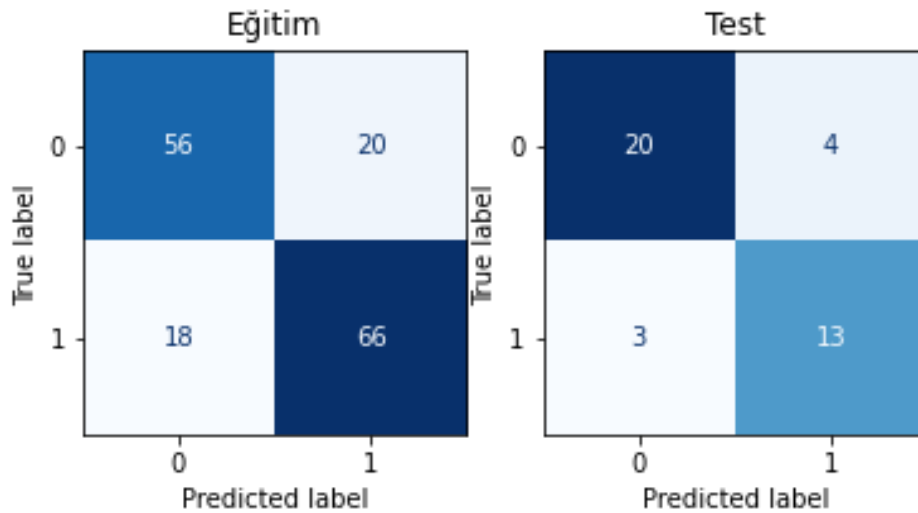
Tablo 4.8. Lojistik Regresyon modelinin sonucu.

Değişken	Katsayı	Standart Hata	z	p> z	[0,025	0,975]
FMTÇAP	22,6627	3,372	6,722	<0,001	16,054	29,271
FMÇEVRE	-0,1086	0,037	-2,927	0,003	-0,181	-0,036
FJ-FJ	-0,1401	0,066	-2,108	0,035	-0,270	-0,010
LFJ-OP	-0,2863	0,128	-2,239	0,025	-0,537	-0,036
RFJ-OP	0,2983	0,127	2,357	0,018	0,050	0,546
MAİ-MAİ	-0,2479	0,060	-4,115	<0,001	-0,366	-0,130
RCOMAXG	-0,4351	0,218	-1,999	0,046	-0,862	-0,008



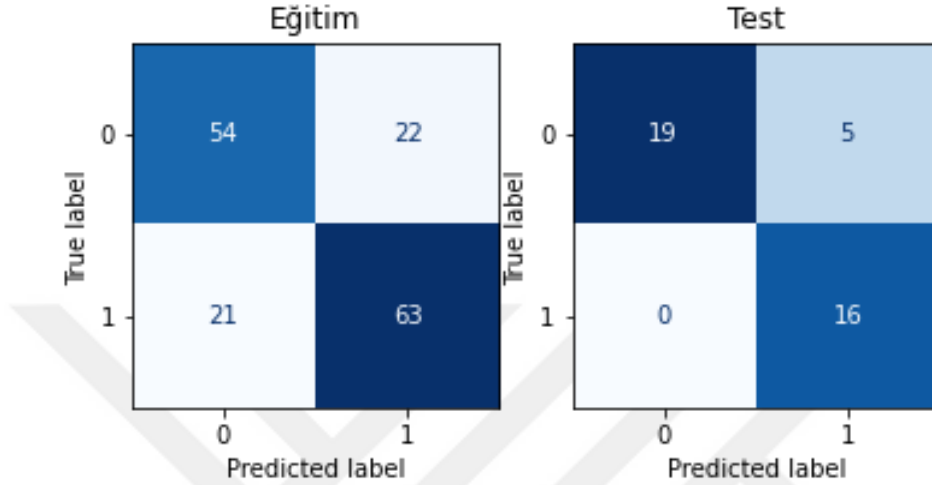
Şekil 4.5. Lojistik Regresyon eğrileri.

Lojistik Regresyon analiziyle etkinliği saptanan parametreler kullanılarak makine öğrenmesi modelleri oluşturuldu. Oluşturulan modellerden Lojistik Regresyon algoritması için geçen süre 0:00:05.4995 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,762) C: 0,01, penalty: l2, solver: liblinear hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. Lojistik Regresyon algoritmasına ait konfüzyon matrisi Şekil 4.6’da gösterildi.



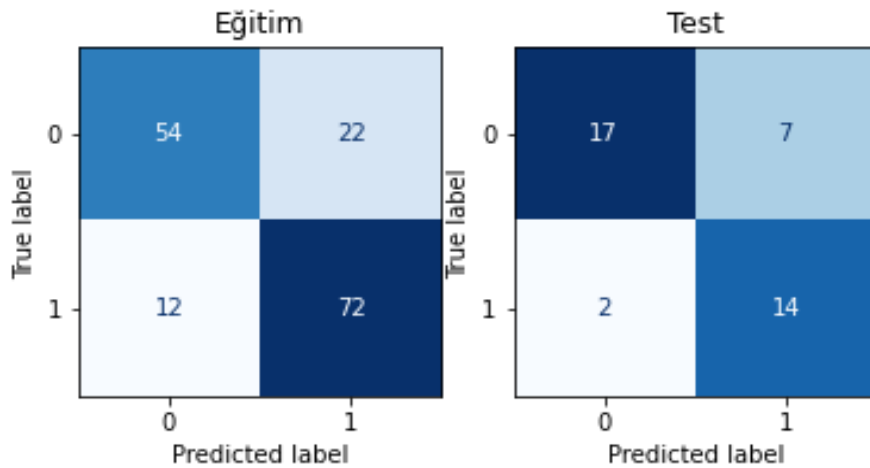
Şekil 4.6. Lojistik Regresyon algoritmasının konfüzyon matrisi.

Doğrusal Diskriminant Analizi için geçen süre 0:00:00.15928 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,731), n_components: 1 hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. Doğrusal Diskriminant Analizine ait konfüzyon matrisi şekil 4.7’de gösterildi.



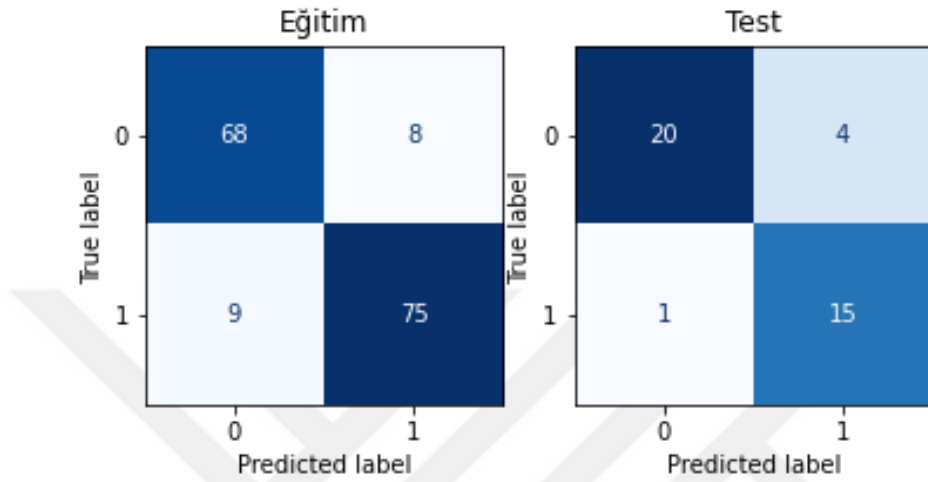
Şekil 4.7. Doğrusal Diskriminant Analizinin konfüzyon matrisi.

Karar Ağacı modeli için geçen süre 0:03:59.225095 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,788); max_depth: 2, max_features: auto, max_leaf_nodes: 5, min_samples_leaf: 2, min_samples_split: 5, random_state: 42, splitter: best hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. Karar Ağacı modeline ait konfüzyon matrisi şekil 4.8’de gösterildi.



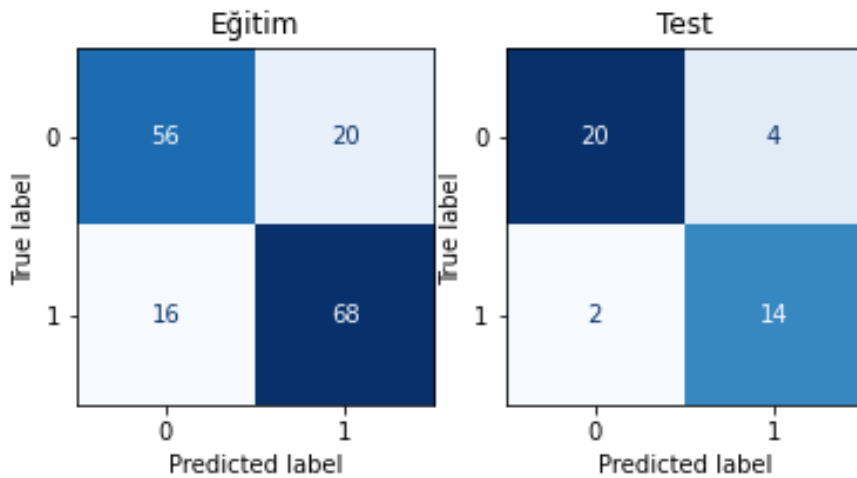
Şekil 4.8. Karar Ağacı modelinin konfüzyon matrisi.

Rastgele Orman modeli için geçen süre 0:02:42.692692 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,894) max_features: sqrt, min_samples_leaf: 3, min_samples_split: 9, n_estimators: 20, random_state: 42 hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. Rastgele Orman modeline ait konfüzyon matrisi şekil 4.9’da gösterildi.



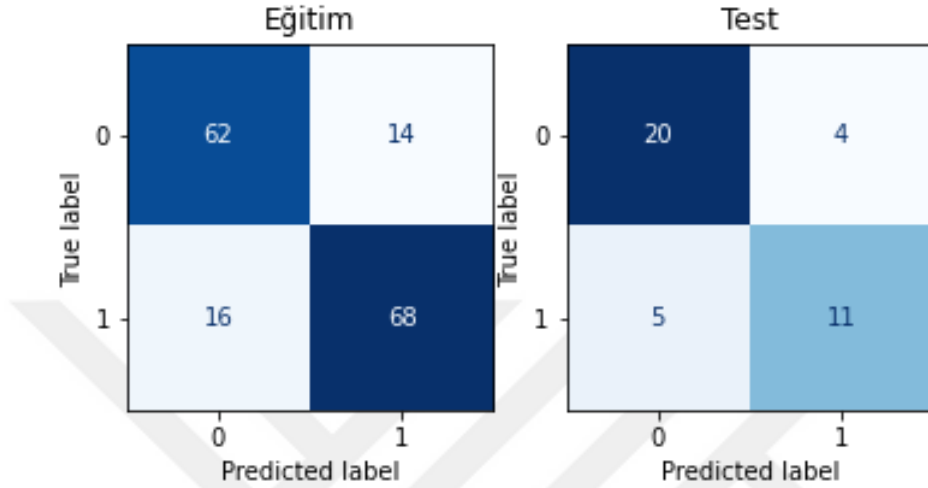
Şekil 4.9. Rastgele Orman modelinin konfüzyon matrisi.

Destek Vektör Makinesi modeli için geçen süre 0:00:01.145528 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,775) C: 0.1, gamma: scale, kernel: rbf hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. Destek Vektör Makinesi modeline ait konfüzyon matrisi şekil 4.10’da gösterildi.



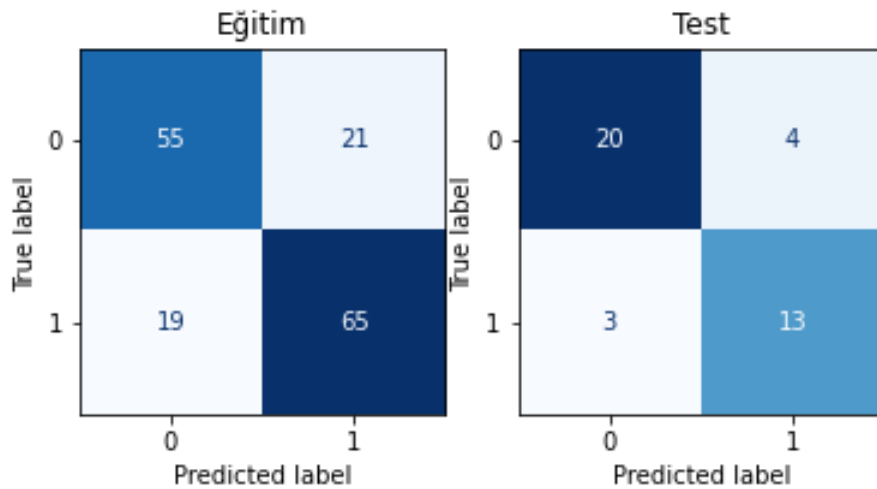
Şekil 4.10. Destek Vektör Makinesi modelinin konfüzyon matrisi.

K-En Yakın Komşu modeli için geçen süre 0:00:03.294035 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,812) algorithm: auto, metric: minkowski, n_neighbors: 5, weights: uniform hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. K-En Yakın Komşu modeline ait konfüzyon matrisi şekil 4.11’de gösterildi.



Şekil 4.11. K-En Yakın Komşu modelinin konfüzyon matrisi.

Gaussian Naive Bayes modeli için geçen süre 0:00:03.294035 olarak tespit edildi. GridSearch analizi sonucunda en yüksek eğitim skorunun (doğruluk: 0,750) var_smoothing: 1e-10 hiperparametre seçimi ile elde edildiği görüldü. Gaussian Naive Bayes modeline ait konfüzyon matrisi şekil 4.12’de gösterildi.



Şekil 4.12. Gaussian Naive Bayes modelinin konfüzyon matrisi.

Fossa cranii posterior bölgesindeki parametrelerden cinsiyeti tahmin etmek için 7 farklı makine öğrenme algoritması kullanıldı. Her bir algoritmanın eğitim ve test verilerine göre performansı değerlendirildiğinde şu sonuçlar elde edildi:

Lojistik Regresyon algoritması, eğitim verilerinde %76,2 doğruluk skoru, test verilerinde ise %82,5 doğruluk skoru elde etmiştir. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %81,2 olarak bulundu.

Doğrusal Diskriminant Analizi algoritması, eğitim verilerinde %73,1 doğruluk skoru, test verilerinde ise %87,5 doğruluk skoru elde edildi. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %100 olarak bulundu.

Karar Ağacı modeli ile, eğitim verilerinde %78,8 doğruluk skoru, test verilerinde ise %77,5 doğruluk skoru elde edildi. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %87,5 olarak bulundu.

Rastgele Orman modeli ile, eğitim verilerinde %89,4 doğruluk skoru, test verilerinde ise %87,5 doğruluk skoru elde edildi. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %93,8 olarak bulundu.

Destek Vektör Makinesi modeli ile, eğitim verilerinde %77,5 doğruluk skoru, test verilerinde ise %85,0 doğruluk skoru elde edildi. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %87,5 olarak bulundu.

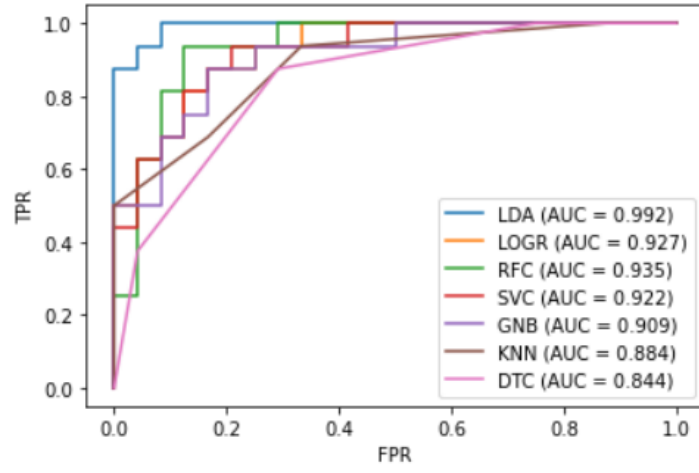
K-En Yakın Komşu modeli ile, eğitim verilerinde %81,2 doğruluk skoru, test verilerinde ise %77,5 doğruluk skoru elde edildi. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %68,8 olarak bulundu.

Gaussian Naive Bayes modeli ile, eğitim verilerinde %75,0 doğruluk skoru, test verilerinde ise %82,5 doğruluk skoru elde edildi. Hassasiyet değeri ise eğitim verilerinde %81,2 olarak bulundu.

Sonuçlar incelendiğinde, farklı algoritmaların farklı performanslar sergilediği görülmektedir. Rastgele Orman modeli hem eğitim hem de test verileri üzerinde en yüksek doğruluk skorlarına ve hassasiyet değerlerine sahip olan algoritma olarak öne çıkmaktadır. Bu, Rastgele Orman modelinin fossa cranii posterior bölgesindeki parametreleri kullanarak cinsiyeti tahmin etme konusunda diğer algoritmalarından daha başarılı olduğunu göstermektedir. Makine öğrenmesi modellerinin sonuçları Tablo 4.9'da ve Şekil 4.13'te gösterildi.

Tablo 4.9. Makine öğrenmesi modellerinin sonuçları.

Model	Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk (Eğitim)	Doğruluk (Test)
LOGR	0,812	0,833	0,762	0,825
LDA	1,000	0,792	0,731	0,875
DTC	0,875	0,708	0,788	0,775
RFC	0,938	0,833	0,894	0,875
SVC	0,875	0,833	0,775	0,850
KNN	0,688	0,833	0,812	0,775
GNB	0,812	0,833	0,750	0,825



Şekil 4.13. AUC Grafiği.

5. TARTIŞMA

Yetişkin kadın ve erkek bireyler arasındaki cinsiyete bağlı farklılıkları araştıran ve cinsiyet tahmini yapmak çeşitli yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır (3, 74, 75). Cinsiyet belirleyici özellikler ergenlik dönemiyle beraber ortaya çıkmaya başlamaktadır ve antropolojik açıdan en doğru cinsiyet tahmin yöntemleri genellikle yetişkin bireyler için oluşturulmaktadır (76).

Adli tıp, anatomi, patoloji, arkeoloji, biyoloji, odontoloji, osteoloji, paleontoloji, tafanomi, antropoloji ve birçok alan için cinsiyet tespitinin yapılabilmesi önemlidir (77, 78). Cinsiyetin tespiti için DNA, parmak izi gibi moleküler teknikler neredeyse yüzde yüze yakın doğruluk oranı ile uygulanmaktadır fakat moleküler yöntemlerin yüksek düzeyde beceri, uzmanlık bilgisi ve gelişmiş ekipman gerektirdiği ayrıca yüksek güvenilirlik oranına sahip olmasına rağmen karmaşık, invaziv, yüksek maliyetli ve zaman alıcı olduğu belirtilmiştir (4). Bu sebeplerden dolayı morfolojik ve metrik yöntemler günümüzde önemini korumaktadır.

Cinsiyet tespiti amacıyla kafatasının morfolojik özelliklerinin değerlendirilmesinde BT görüntüleme yöntemlerinin kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. BT görüntülerinden oluşturulan 3B rekonstrüksiyonların analizinden elde edilen bilgiler kimliklendirme amacıyla kullanılabileceği çalışmalarda gösterilmiştir (79, 80).

BT taramaları sadece insan iskeletindeki patolojiyi ve/veya travmayı değerlendirme imkânı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda standartların formüle edilmesi için kullanılabilecek çağdaş popülasyon spesifik verilerini elde etme fırsatını da sunmaktadır. BT gibi radyolojik yöntemlerden yararlanarak kemikler üzerinde morfometrik ölçümler yapmak temizlenme gerektirmemesi ve kemiğe zarar vermeyen bir işlem olması, geniş ve modern bir veri kaynağı sunması, rekonstrüksiyon imkanına sahip olması, yaş yanlılığından daha az etkilenmesi, anatomik yapıların doğruya en yakın şekilde kullanımına imkân vermesi gibi avantajlarından dolayı cinsiyet tahmininde ön plana çıkmaktadır. Geleneksel antropolojik yöntemlerin sistematikleşmesini sağlayarak daha hassas ölçüm imkânı sağlamaktadır. Ayrıca maliyet ve iş gücü açısından en verimli seçeneklerden biri olduğu belirtilmiştir (13, 14, 81). Biz çalışmamızda da BT görüntülerini kullandık.

Zaafrane ve ark. cranium'dan BT tarama analizi ile cinsiyet tespiti çalışmasında dokuz değişkenin olduğu bir modelle %90, altı değişkenli modelle %85,9 doğruluk oranının olduğunu tespit etmişlerdir (82).

Franklin ve ark. yaptığı bir çalışmada 3B BT görüntülerini kullanmışlar ve bir Batı Avustralya popülasyonunda cinsiyetin %90 doğruluk oranıyla farklılaştığını bulmuşlardır (83).

Rocha ve ark. tarafından kadavralarda yapılan bir çalışmada 3B BT kullanılarak sert ve yumuşak doku ölçümlerinin hassas bir şekilde yapılabileceğini göstermişlerdir (84).

Dedoutit ve ark. klinikte kullanılan BT verilerinden 3B sanal kemik modelleri üretilerek sanal iskelet modelleme örnekleri oluşturmuşlardır. 3B sanal kemik modellerinin doğruluğunu araştırmışlar ve olumlu sonuçlar verdiğini göstermişlerdir (85).

Cinsiyet tahmini için BT görüntülerinin kullanıldığı morfometrik analiz çalışmalarında, sonuçların klasik antropolojik yöntemlerle benzer olduğunu göstermişlerdir (86, 87).

Sukumar ve ark. yaptıkları çalışmada, 3B BT verilerinden cinsiyet belirleme üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada 32 erkek 22 kadın bireyin frontal nazal açı, foramen magnum anteroposterior çapı ve transvers çapını kullanmışlardır. Foramen magnum ölçümlerinin kadın ve erkek bireyler arasında farklılık gösterip göstermediğini değerlendirmişlerdir. Uzunluk ve genişlik ölçümlerinin erkeklerde kadınlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulmuşlardır ($p < 0,001$) (88).

Galdames ve ark. tarafından 144 erkek, 71 kadın insan kuru kafatası üzerinden yaş ve cinsiyeti belirlemek amacıyla foramen magnum uzunluk ve genişliğini dijital kaliper yardımıyla ölçmüşlerdir. Tüm değerlerin erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğunu bulmuşlardır ($p < 0,001$) (89).

Buridan ve ark. 142 erkek 171 kadın 3B BT görüntüleri kullanarak foramen magnum uzunluğu ve genişliğini değerlendirmişlerdir. Erkeklerde ortalama foramen magnum ölçümlerini kadınlara göre anlamlı düzeyde yüksek bulmuşlardır ($p < 0,001$) (90).

Atreya ve ark. ölçümlerde, yaşları 20 ile 85 arasında değişen 136 erkek ve 125 kadın Nepalli bireyin kafa tabanının taramasından elde edilen BT görüntülerini kullanmışlardır. 3B BT görüntüleri kullanılarak foramen magnum cinsiyet tahmini için morfometrik ölçümler yapmışlardır. Foramen magnum'un uzunluk ve

genişliği, sağ ve sol condylus occipitalis uzunluk ve genişlikleri ile maksimum ve minimum interkondiler mesafeleri ölçmüşlerdir. Maksimum interkondiler mesafe dışında tüm parametreler için ortalama değerleri erkeklerde kadınlardan daha yüksek bulmuşlardır ($p<0,001$). Diskriminant Fonksiyon Analizi ile yapılan cinsiyet tahminini %70,5-%71 doğrulukla yapmışlardır (91).

Aljarrah ve ark. bir Suudi Arabistan popülasyonu üzerinde cinsiyet tahmini için BT görüntüleri kullanılarak foramen magnum ve condylus occipitalis morfolometrik analizinin kullanıldığı bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmaya 236 kadın ve 236 erkek hastanın cranium BT görüntüleri dâhil edilmişlerdir. Çalışma sonucunda, erkeklerde kadınlara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek foramen magnum uzunluğu ve genişliği değerleri bildirmişler ve foramen magnum uzunluğu ve genişliği için genel cinsiyet tespiti doğruluğunun her birini %62,5 bulmuşlardır (92).

Tellioglu ve ark. yaptığı çalışmanın tüm verilerini, Adnan Menderes Üniversitesi Hastanesi Radyoloji Bölümünde baş boyun bölgesi BT çekilen 50 erkek, 50 kadın hastadan retrospektif olarak elde etmişlerdir. Foramen magnum'un ön-arka çapını, transvers çapını, foramen magnum'un alanı ve çevresini ölçmüşler. Bu çalışmada erkeklerin kadınlara göre daha yüksek bir ortalama değere sahip olduğunu bulmuşlardır. Student's t testi sonuçlarına göre; Ölçülen tüm parametrelerde cinsiyetler arasında anlamlı fark olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0,05$). Dört ölçümün tümü için Çok Değişkenli Diskriminant Fonksiyon testi yapıldığında, cinsiyet tespit oranını tüm kadınlar için %64, tüm erkekler için %70 ve her iki cinsiyet için %67 bulmuşlardır (93).

Darwish ve ark. yaşları 18 ila 60 arasında değişen 80 erkek ve 70 kadın Mısırlı bireyin çok dedektörlü BT görüntülerinde 12 kraniofasial ölçüm kullanarak cinsiyet tespiti amacıyla çalışmayı yapmışlardır. Sonuçlar, kadınlara kıyasla erkeklerde tüm kraniofasial ölçümlerin ortalamasının daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur ($p <0,05$). Bizigomatik genişliğin, %74 doğrulukla en ayırt edici tek dimorfik parametre olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen veriler sonucunda, çok dedektörlü BT görüntülerinden elde edilen cranium ölçümlerinin Mısırlılarda özellikle iskelet kalıntılarında adli cinsiyet tayininde yararlı olabileceği sonucuna varmışlardır (94).

Uthman ve ark. yaptığı bu çalışmaya 20-49 yaş aralığında 43 erkek ve 45 kadın hasta dâhil etmişlerdir. Foramen magnum sagital çapı, transvers çapı, alanı,

çevresi ve baş çevresi ve baş genişliğini ölçmüşlerdir. Foramen magnum çevresi ve alanı, sırasıyla %67 ve %69,3'lük bir genel doğrulukla cinsel dimorfizmi incelemek için kullanılabilecek en iyi ayırt edici parametreler olduğu belirtmişlerdir. Tüm ölçümleri erkeklerde kadınlardan önemli ölçüde daha yüksek bulmuşlardır ($p<0,001$) (95).

Uysal ve ark. yaptığı çalışmada 3B BT kullanılarak foramen magnum ölçümlerinin değerini ve doğruluğunu araştırmışlardır. Olguları, Radyoloji Bölümünde temporal BT çekilen 48 erkek, 52 kadın hasta olarak belirlemişlerdir. 3B görüntüler üzerinde foramen magnum'un yedi ölçümünü yapmışlardır. Fisher'in Lineer Diskriminant Fonksiyon testi kullanılarak, sağ condylus occipitalis uzunluğu ve genişliği ile foramen magnum çaplarının ve genişliğinin her cinsiyette istatistiksel olarak farklı olduğunu ($p<0,001$) %81 doğrulukla bulmuşlardır (96).

Günay ve ark. bu çalışmayı parçalanmış kafataslarında foramen magnum bölgesinin cinsiyet tayini için yararlı bir kriter olup olmadığını belirlemek amacıyla 170 erkek ve 39 kadın cranium'da foramen magnum'un uzunluğu ve genişliği ölçülmüş; içindeki alan, hesaplama için yarıçap olarak çapların ortalamasını kullanarak belirlemişlerdir. Foramen magnum alanı ortalaması (Erkeklerde $909,91\pm126,02$, kadınlarda $819,01\pm117,24$) olarak ölçülmüştür. Student's t testi sonucu ($p<0,001$) bulunmuştur. Sonuçlar, kadınlarda ortalama foramen magnum alanının erkeklerden daha düşük olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, foramen magnum alanının, cinsiyet tespiti için çok yararlı bir gösterge olmadığı ve yalnızca bazı durumlarda destekleyici bir bulgu olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir (97).

Toneva ve ark. foramen jugulare'de yaptıkları morfolojik bir çalışmada RFJ-BAS, RFJ-OP, LFJ-BAS, LFJ-OP, FJ-FJ değerlerine dair ölçümde bu parametreler istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,001$) bulmuşlardır. RFJAPÇAP: 0,106, RFJTÇAP: 0,002, LFJAPÇAP: 0,622 LFJTÇAP ($p<0,001$) parametrelerine ait sonuçlar da bu şekilde verilmiştir. Biz de çalışmamızda RFJ-BAS, RFJ-OP, LFJ-BAS, LFJ-OP, FJ-FJ değerleri aynı şekilde anlamlı ($p<0,001$) bulduk. RFJAPÇAP: 0,062, RFJTÇAP: 0,035, LFJAPÇAP: 0,555 LFJTÇAP: 0,157 parametrelerinde de çok benzer sonuçlar bulduk (98).

Foramen jugulare boyutunun bilateral asimetrisi, bu yapıların el tercihi ve asimetrisi arasında bir ilişki olabileceği görüşü nedeniyle antropologların ilgisini çekmiştir (99, 100, 101).

Daha önce yapılan çalışmalarda, baskın kullanımın boyutu arttığı öne sürülmüştür. Örneğin baskın taraf üst ekstremitede kas kütlelerinin daha fazla olduğu ve venöz sistemde bir geri basınç oluşturduğu ve ipsilateral tarafta sinus sigmoideus genişlemesine neden olduğu belirtilmiştir (99). Bu teori, hastaların incelenmesi sonucunda foramen jugulare boyutu ile el hakimiyeti arasındaki ilişkiyi desteklemektedir.

Dias ve ark. superior sagittal venöz sinüs (SSVS) asimetrisinin foramen jugulare boyutuyla ilişkili olup olmadığını araştırmak için 240 kafatasını çalışmaya dâhil etmişlerdir. Daha büyük foramen jugulare ve SSVS lateralitesi arasında anlamlı bir ilişki görülmüştür, cinsiyetin herhangi bir değişken üzerinde etkisinin olmadığı göstermişlerdir. Bulgular, ipsilateral SSVS drenaj lateralitesi ile daha büyük bir foramen jugulare arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur ve sağ foramen jugulare'yi sol foramen jugulare'den daha büyük bulmuşlardır ($p < 0,001$). Foramen jugulare'deki asimetri bulgularının önceki çalışmalarda gösterilen asimetri bulguları ile benzer olduğunu belirtmişlerdir. Sağ taraftaki lineer ölçümlerin daha büyük olmasının foramen jugulare'yi geçen vasküler yapıların etkisine işaret ettiği belirtilmiştir. Bunun, sağ internal juguler venin baskınlığı gibi halihazırda yerleşik drenaj modelleriyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir (102).

Alabi ve ark. çalışmayı Nijerya'nın iki eyaletinden elde edilen kurutulmuş insan kafataslarını kullanarak erkek ve kadın foramen jugulare'leri arasındaki morfometrik varyasyonu belirlemek amacıyla yapmışlardır. Bu çalışma için Nijerya'da bir osteoloji koleksiyonunda bulunan toplam 93 kuru insan kafatasını kullanmışlardır. Dijital bir kumpas kullanılarak çeşitli morfometrik özellikleri ölçmüşlerdir. Ölçümler sonucunda sağ lateromedial uzunluğun erkekler ve kadınlar arasında anlamlı düzeyde farklı olmadığını bulmuşlardır ($p > 0,057$). Benzer şekilde sol lateromedial uzunluk karşılaştırıldığında anlamlılık düzeyi ($p > 0,815$) görülmüştür. Erkek ve kadınlarda sağ anteroposterior uzunluk karşılaştırıldığında ($p > 0,683$) anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Benzer şekilde sol anterioposterior uzunluk ($p > 0,596$) bulmuşlardır. Hem erkek hem de kadın foramen jugulare'leri arasında anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir (103).

Barros ve ark. çalışmaya 60 erkek, 37 kadın kafatasını dâhil etmişlerdir. Doğrusal ölçümlerle ilgili olarak, sadece sol foramen jugulare'nin lateromedial eksenini cinsiyetler arasında bir fark gösterdiğini saptamışlardır. Ortalama olarak, erkeklerde sağ foramen jugulare'nin lateromedial ekseninin kadınlardakinden 0,87 mm daha büyük olduğu, erkeklerde sol foramen jugulare'nin lateromedial ekseninin kadınlardakinden 1,2 mm daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Cinsiyete göre foramen jugulare indeksleri ve CI ortalamalarında fark bulamamışlardır (104).

Gupta ve ark. 50 kuru kafatasından alınan 100 foramen jugulare üzerinde çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Tüm kafatasları yetişkin tipinde ve herhangi bir deformasyonu olmayanları seçmişlerdir. Lateromedial çap, anteroposterior çap, foramen jugularenalanı, septasyonlar, kubbe varlığı, foramen jugulare genişliği ve derinliği çalışılan parametrelerdir. Sağ ve sol bölge ve foramen jugulare anteroposterior çapları arasında ($p<0,05$) olarak anlamlı fark bulmuşlardır. Ancak sağ ve sol foramen jugulare lateromedial çapları arasında ($p>0,05$) olarak anlamlı fark bulmamışlardır. Foramen jugulare sağ ve sol genişliği arasında da ($p<0,05$) olarak anlamlı bir fark tespit etmişlerdir. Ancak foramen jugulare'nin sağ ve sol derinliği arasında ($p>0,05$) olarak anlamlı fark olduğunu göstermemişlerdir. Ölçümlerde genel olarak sağ tarafın sol taraftan daha büyük olduğunu saptamışlardır (105).

Foramen jugulare'nin boyutları, dikkate alınan örneğe bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik göstermektedir ancak foramen jugulare'nin asimetrisi hakkında bir fikir birliği vardır, doğrusal ölçümlerde sağ tarafın daha büyük olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (106-113).

Biz de çalışmamızda literatürle uyumlu olarak cinsiyet fark etmeksizin sağ foramen jugulare boyutlarının sol foramen jugulare'den daha büyük olduğunu bulduk. FJAPÇAP ($p<0,001$), FJTÇAP ($p<0,001$), FJÇEVRE ($p<0,001$). Sağ tarafta ölçülen foramen jugulare parametreleri ortalamalarının RFJÇEVRE (37,37 mm), RFJAPÇAP (14,76 mm), RFJTÇAP (8,83 mm) ve sol tarafta LFJÇEVRE (32,62mm), LFJAPÇAP (12,63 mm) LFJTÇAP (7,18 mm) olduğunu tespit ettik.

Literatür incelendiğinde, yapay zekânın yaklaşık yirmi yıldır günümüz teknolojik gelişmeleri ışığında devamlı geliştiği ve özellikle makine öğrenmesinin olası yaygın toplumsal etkilere sahip alanlardan birinin sağlık sektörü olduğu ve son yıllarda tüm dünyada ivme kazandığı görülmektedir (114). Dünya çapında

salgınları izlemek ve tahmin etmek için çeşitli makine öğrenmesi teknolojileri kullanılmaktadır. Sağlık alanında hızlı karar vermek, teşhis ve tedavi sürecinde en objektif ve doğru çıktıyı elde etmek önemlidir ve sağlık alanının teknolojinin bir parçası olmasının kaçılmaz olduğu bilinmektedir (115).

Yapay zekânın sağlık sistemine entegre edilmesiyle daha net ve iyi sağlık sonuçlarına ulaşıldığı ve bunlara daha az maliyetle ulaşıldığı çalışmalarda belirtilmiştir ve makine öğrenmesi sayesinde kanıta dayalı olarak daha kesin sağlık sonuçlarına ulaşıldığı çalışmalarda gösterilmiştir (59, 60).

Kartal ve ark. yaptığı bir çalışmada, foramen magnum ölçümlerinden Diskriminant Analizi ve Yapay Sinir Ağları kullanılarak bir Doğu Türk popülasyonu örneğinde cinsiyet tahmini yapmışlardır. Çalışmayı 360 erkek ve 360 kadın olgunun BT görüntüleri üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Diskriminant Analizi ile doğruluk oranını %86,7 bulmuşlardır. Yapay Sinir Ağları ile %88,2 oranında cinsiyet tahmin doğruluğu elde etmişlerdir (116).

Pozzi ve ark. cranium'da çeşitli ölçümleri kullanılarak, cinsiyet tahmininde makine öğrenimi yöntemleri daha geleneksel Lineer Diskriminant Analizi yöntemiyle karşılaştırmışlardır. Sardinyalılarda ve Bolonyalılarda ayrı ayrı bakmışlardır. Karar Ağacı, Destek Vektör Makinesi, K-En Yakın Komşu algoritmalarını kullanarak iki popülasyonun cinsiyet tahminini yapmışlardır. Cranium'da 17 ölçümü içeren ve foramen magnum'un çaplarının ölçüldüğü iki veri setini kullanmışlardır. Ölçümleri, kumpas kullanılarak almışlardır. K-En Yakın Komşu yöntemi kullanılarak eğitilen modellerin, her iki popülasyonda da Lineer Diskriminant Analizi'nden yalnızca %1-2 oranında daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Karar Ağacı kullanılarak elde edilen sonuçların, Bolonya'da cinsiyeti belirlemede Lineer Diskriminant Analizi yöntemleriyle karşılaştırılabileceği ancak %83,3'e kıyasla %81 Lineer Diskriminant Analizi'nin Karar Ağacı algoritmasından daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Sardinyalılar örneğinde cinsiyet sınıflandırmasında Karar Ağacı algoritmasını çok daha az doğru olduğunu bulmuşlardır. Makine öğrenimi yöntemleri ile geleneksel yöntemler karşılaştırıldığında ve makine öğrenimi ve doğrusal diskriminant analizinin genellikle benzer doğruluğa sahip olmasına rağmen, makine öğrenimi modellerinin daha tutarlı doğruluk gösterdiğini bulmuşlardır (117).

Curate ve ark. ile Portekiz popülasyonunda cinsiyet belirlemek için makine öğrenmesi kullandıkları araştırmalarında 100 kadın ve 100 erkeğe ait femura ait 15 parametreyi değerlendirmişlerdir. Lojistik Regresyon, Lineer Diskriminant Analizi, Destek Vektör Makinesi ve Azaltılmış Budama Hatası Ağaçları ile cinsiyet sınıflandırması için modeller uygulamışlardır. Araştırmalarının sonucunda çok değişkenli modeller kullanarak %84,0-92,5 arasında değişen vakaların cinsiyetinin doğru şekilde sınıflandırılabilceğini bildirmişlerdir (118).

Toneva ve ark. çalışmaya 169 erkek ve 224 yetişkini dâhil etmişlerdir. BT yöntemiyle doğrusal mesafeleri, açıları, üçgen alanlarını ve yükseklikleri içeren toplam 64 ölçüm ve 22 indeksi hesaplamışlardır. En iyi performansı, Destek Vektör Makinesi ile elde etmişlerdir. Dokuz veri kümesinden Destek Vektör Makinesi, yedisinde en yüksek doğruluğu elde etmişlerdir. Lojistik Regresyon sınıflandırıcısı ikinci sırada yer almıştır. İki veri setinde en yüksek doğruluğu elde etmişlerdir. 5 veri setinde ise ikinci sırada yer almıştır ve iki durumda sonuncu olmuştur. Üç sınıflandırma yöntemi Destek Vektör Makinesi, Yapay Sinir Ağları, Lojistik Regresyon kullanmışlardır. Üç veri setinin tamamında %90'ın üzerinde genel doğruluk oranları sağlamıştır. En iyi doğruluk ($\%96,1 \pm 0,5\%$) Destek Vektör Makinesi ile elde etmişlerdir (119).

Navega ve ark. cinsiyeti tahmin etmek için 18 ölçüm yapmışlardır. Tarsal genişlik, uzunluk ve yüksekliği değerlendirmişlerdir. Diskriminant Fonksiyon Analizi, Lojistik Regresyon, Karar Ağacı ve Yapay Sinir Ağları gibi istatistiksel ve makine öğrenimi algoritmasına dayalı cinsiyet tahmin modellerini kullanmışlardır. Tüm algoritmalar, her iki cinsiyet için çok benzer tahmin değerine veya kesinliğe sahip modellerle sonuçlanmışır. Cinsiyet tahmininde en sık kullanılan teknikler olan Diskriminant Fonksiyon Analizi ve Lojistik Regresyon, bu çalışmada kullanılan hemen hemen her algoritmada daha iyi performans göstermiştir (120).

Islam ve ark. Bangladeş popülasyonunda farklı el boyutlarını kullanarak cinsiyeti belirlemek için makine öğrenmesini kullanmışlardır. El uzunluğu, el genişliği, maksimum el genişliği, avuç içi uzunluğu, baş parmak uzunluğu, işaret parmağı uzunluğu, orta parmak uzunluğu, yüzük parmağı uzunluğu ve küçük parmak uzunluğu gibi dokuz el ölçüsünü incelemişlerdir. Yaşları 18 ile 60 arasında değişen Bangladeşli yetişkin 145 erkek ve 147 kadın çalışmaya dâhil etmişlerdir. Cinsiyeti tahmin etmek için Doğrusal Diskriminant Analizi ve Lojistik Regresyon yöntemlerini kullanmışlardır. On katlı bir çapraz doğrulama kullanmışlardır. Tüm

özellikler bir arada ele alınırken, sol el ölçümleri için Lojistik Regresyon algoritması maksimum doğruluk %91,10, sağ el ölçümleri için ise Doğrusal Diskriminant Analiz algoritması maksimum %91,40 doğruluk göstermiştir. Tek bir özellik olarak avuç içi uzunluğu, tüm algoritmalar için her iki elde de maksimum doğruluk bulmuşlardır. Sağ el ölçümleri için tamamen Doğrusal Diskriminant Analizi algoritması maksimum %91,40 doğruluk oranını bildirmişlerdir. Tek bir özellik olarak avuç içi uzunluğu, tüm algoritmalar için her iki elde de maksimum doğruluğu gösterdiğini saptamışlardır. Sağ el ölçümleri için tamamen Doğrusal Diskriminant Analizi algoritması maksimum %91,40 doğruluk gösterdiği tespit etmişlerdir. Avuç içi uzunluğu, tüm algoritmalar için her iki elde de maksimum doğruluğu gösterdiğini bulmuşlardır (121).

Nogueira ve ark. çalışmaya 36 erkek ve 42 kadın sol radius'u dâhil etmişlerdir. Radius'un proksimal kısmında, distal kısmında ve kemiğin tamamında yapılan on altı ölçümü içermektedir. Doğrusal Diskriminant Analizi, Esnek Diskriminant Analizi, Düzenlendirilmiş Diskriminant Analizi, Cezalandırılmış Lojistik Regresyon, Rastgele Orman ve Destek Vektör Makinesi içermektedir. Farklı istatistiksel modeller, %94'ün üzerinde bir sınıflandırma doğruluğu bulduklarını bildirmişlerdir (122).

Etli ve ark. yaptıkları çalışmada, BT ile sacrum ve coxae'dan elde edilen 21 parametre ile 480 hastaya ait veri kullanılarak cinsiyet tespiti yapmışlardır. Bu amaçla, Univaryant Diskriminant Analizi, Doğrusal Diskriminant Fonksiyon Analizi, Adım Adım Diskriminant Fonksiyon Analizi ve Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları kullanmışlardır. Univaryant Diskriminant Analizi için maksimum %67,1 doğruluk oranı, Doğrusal Diskriminant Fonksiyon Analizi için %82,5, Adım Adım Diskriminant Fonksiyon Analizi için %78,8 ve Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları için %86,3 doğruluk oranları elde etmişlerdir (123).

Coelho ve ark. Coimbra iskelet koleksiyonunda yer alan 256 kişiye ait pelvis üzerinden makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak cinsiyet tespiti çalışması yapmışlardır. Doğrusal Diskriminant Analizi algoritmasını kullanarak %92, K-En Yakın Komşu algoritmasını kullanarak %92, Karar Ağacı algoritmasını kullanarak %81, Rastgele Orman algoritmasını kullanarak %87 doğruluk oranı bulmuşlardır (124).

Biz de yapmış olduğumuz çalışmada fossa cranii posterior bölgesinde belirlediğimiz parametreler ile cinsiyet tahmini yapmayı amaçladık. Makine

öğrenmesi modellerimizi, Student's t testi ve Pearson korelasyon analizi sonucundan cinsiyet ile ilişkili olduğunu istatistiksel olarak ispatladığımız FMTÇAP, FMÇEVRE, FJ-FJ, LFJ-OP, RFJ-OP, MAİ-MAİ, RCOMAXG parametreleriyle kurduk.

Eğitim ve test değerlerine bakılarak, overfitting ile underfitting durumunu göz önünde bulundurduğumuzda en iyi sonucu veren algoritmanın 0,894 eğitim, 0,875 test ile Rastgele Orman olduğu görüldü. Onu 0,775 test skoru ile K-En Yakın Komşu ve Karar Ağacı modelleri izlemektedir. Diğer algoritmaların eğitim ve test skorlarının uyumsuz olduğu görüldü.

Çalışmamızda aynı zamanda foramen jugulare boyutunun bilateral asimetrisini de değerlendirdik. Foramen jugulare çap ve çevre ölçümlerinde hem erkek hem de kadın bireylerde sağ ve sol taraf arasında $p < 0,001$ seviyesinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğunu tespit ettik. Sonuçlarımız Toneva ve ark. tarafından yapılan çalışma ile benzerdi.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırık, konjenital anomali ya da ameliyat öyküsü bulunmayan yetişkinlerin cinsiyetini fossa cranii posterior'a özgü morfometrik parametrelerden alınan ölçümlerle tahmin etmek amacıyla tasarladığımız çalışmanın sonucunda;

1. Foramen jugulare'nin çap ve çevre ölçümlerin sağ ve sol taraf arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak farklılık gösterdiği,
2. Cinsiyetin FMTÇAP, FMÇEVRE, FJ-FJ, LFJ-OP, RFJ-OP, MAİ-MAİ, RCOMAXG parametreleri kullanılarak %87,5 doğrulukla tahmin edilebileceği,
3. Makine öğrenmesi algoritmalarından Rastgele Orman ve K-En Yakın Komşu ve Karar Ağacı modellerinin cinsiyeti tahmin etme konusunda Lojistik Regresyon, Doğrusal Diskriminant Analizi, Destek Vektör Makinesi ve Gaussian Naive Bayes modellerine göre daha iyi olduğu görüldü.
4. Denek sayısının artmasının sonuçları olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında Vancouver atıf sistemi kullanılmıştır.)

1. Vodanovic M. Odontometrics: a useful method for sex determination in an archaeological skeletal population. *Journal of Archaeological Science*. 2007; 34.
2. Gonzalez PN, Bernal V, Perez SI. Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic science international*. 2009;189(1-3), 68-74.
3. Karakas HM, Harma A, Alicioglu B. The subpubic angle in sex determination: anthropometric measurements and analyses on Anatolian Caucasians using multidetector computed tomography datasets. *Journal of forensic and legal medicine*. 2013;20(8), 1004-1009.
4. Krogman WM, Iscan MY. *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. 1986. 2nd Edition, Charles C. Thomas, Springfield.
5. Mahakkanukrauh P, Ruengdit S, Tun MS, Case DR, Sinthubua A. Osteometric sex estimation from the os coxa in a Thai population. *Forensic Science International*. 2017;271(127), e1-e7.
6. Steyn M. Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks. *Forensic Science International*. 2008; 179(1), 86.e1-86.e6.
7. Güneş B, E. Vatansever A. Türk Toplumunda Foramen Magnum ve Kafa Tabanındaki Oluşumların İlişkileri. *Kafkas Journal of Medical Sciences*. 2018; 8(3): 207-213.
8. Krishan K, Chatterjee P. M. , Kanchan T. , Kaur S. , Baryah N. , Singh R. A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework. *Forensic Science International*. 2016;261:165-e1.
9. Çetin, Esra. Yedinci Servikal Vertebra'nın Antropometrik Ölçümleri ile Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Cinsiyet Tayini Üzerine Bir Çalışma. Diss. 2021.
10. Thurzo A, Kosnáčová HS, Kurilová V, et al. Use of Advanced Artificial Intelligence in Forensic Medicine, Forensic Anthropology and Clinical Anatomy. *Healthcare (Basel)*. 2021;9(11):1545.
11. Seveli, Onur. Göğüs Kanseri Teşhisinde Farklı Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Performans Karşılaştırması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 16 2019; 176-185.
12. Ucuzal, Hasan. Yapay Zekâya Dayalı Anlamsal Video İşleme Yöntemlerinin Tıpta Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ms Thesis. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2020.
13. Grabherr S. , Cooper C. , Ulrich-Bochsler S. , Uldin T. , Ross S. , Oesterhelweg L. , Thali M. J. Estimation of sex and age of virtual skeletons –a feasibility study. *European radiology*. 2009;19(2), 419-429.
14. Decker SJ. , Davy-Jow SL , Ford JM , Hilbelink D. R. Virtual determination of sex: metric and nonmetric traits of the adult pelvis from 3D computed tomography models. *Journal of forensic sciences*. 2011; 56(5), 1107-1114.
15. Sadler TW. *Langman's medical embryology*. 12th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
16. Fix JD, Brueckner JK. *High-Yield Neuroanatomy*. 5th ed.
17. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. *Clinically oriented anatomy*. 8th ed. Wolters Kluwer; 2017.

18. L.C. Junqueira, J. Carneiro, R.O. Kelley. Temel Histoloji. Barış Kitabevi; 1993.p. editör Aytekin Y.
19. Williams P. L., Warwick R., Dyson M., Bannister L. H. Gray's Anatomy .Thirty-seventy edition, Churchill Livingstone Londra, (1989).
20. Selçuki M ve Özdemir S. Kalvaryum'un Embriyolojik Gelişimi. Türk Nöroşir Dergisi, (2017).
21. Shellshear J. Topographic and clinical anatomy of the head and neck. 1st ed. Wiley-Blackwell; 2015.
22. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice, 41st Edition, Susan Standring (Ed.).
23. Netter's Atlas of Human Anatomy, 7th Edition, Frank H. Netter.
24. Arıncı K, Elhan A. Anatomi 1. cilt. Güneş Kitabevi, Ankara, (1995).
25. Cumhur M. Temel Anatomi, Birinci baskı, Ankara, (2001).
26. Traylor, K.S., Branstetter B.F., Cranial Nerve Anatomy , Neuroimaging Clinics of North America, Volume 32, Issue 3, Pages 565-576, (2022).
27. Mahadevan V. Anatomy of the cranial nerves. Surgery (Oxford).2012; 30(3), 95- 98.
28. Wang C, Lockwood J, Iwanaga J, Dumont AS, Bui CJ, Tubbs RS. Comprehensive review of the mastoid foramen. Neurosurgical Review. 2021 Jun;44(3):1255-1258.
29. Hampl M, Kachlik D, Kikalova K, Riemer R, Halaj M, Novak V, Stejskal P, Vaverka M, Hrabalek L, Krahulik D, Nanka O. Mastoid foramen, mastoid emissary vein and clinical implications in neurosurgery. Acta. 2018 Jul 1;29.
30. Ceza Muhakemesi Kanunu Kanun No. 5271, Kabul Tarihi: 4.12.2004.
31. D.W. Steadman, W.D. Haglund, The scope of anthropological contributions to human rights investigations, J. Forensic Sci., 50 (1) 2005.
32. Yerli Y, Özkoçak V, Koç F. Adli Antropolojide Kimliklendirme Çalışmalarında Yeni Yaklaşımlar. Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences. 2021;7(39):846-856.
33. Biggerstaff RH. Craniofacial characteristics as determinants of age, sex and race in forensic dentistry. Dent Clin North Am. 1977 Jan;21(1).
34. Krishan K, Kanchan T, Passi N, DiMaggio J. Sexual dimorphism in foot length ratios among North Indian adolescents. J Forensic Leg Med. 2015;36.
35. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=uvujDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Forensic+Anthropology++Current+Methods+and+Practice&ots=9_hmz5btqj&sig=uwm1yVPazT_qy3wzc5j8gNi1Po4&redir_esc=y#v=onepage&q=Forensic%20Anthropology%20%20Current%20Methods%20and%20Practice&f=false 19.09.2022).
36. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=BhziCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&ots=MWyetQ_96Z&sig=iiVA9Bw56a4yxk4beIwMCKAUqR8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false 19.09.2022
37. Steyn M, Iscan MY. Sex determination from the femur and tibia in South African Whites. Forensic Sci Int. 1997;90.
38. Kemkes-Grottenthaler A. The reliability of forensic osteology - a case in point case study. Forensic Sci Int. 2001;117.

39. Rosing FW, Grawb M, Marre B, RitzTimmed S, Rothschild MA, Rotzcher K, Schmeling A, Schroder I, Geserick G. Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *HOMO*. 2007;58(1).
40. Lachenbruch PA, Goldstein M. Discriminant analysis perspectives in biometry. *Biometrics*. 1979;35(1).
41. Rosing FW, Grawb M, Marre B, RitzTimmed S, Rothschild MA, Rotzcher K, Schmeling A, Schroder I, Geserick G. Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *HOMO*. 2007;58(1).
42. Mahfouz M, Badawi A, Merkl B, Fatah EE, Pritchard E, Kesler K, Moore M, Jantz R, Jantz L. Patella sex determination by 3D statistical shape models and nonlinear classifiers. *Forensic Sci Int*. 2007;173.
43. Bulut Ö, Hızlıol İ. Adli Antropolojik İncelemelerde "Bütünsel Yaklaşım": Multidisipliner Bir Çalışma. *Antropoloji*. 2014;(28):43-66.
44. Kemkes-Grottenhaler A, Löbig F, Stock F. Mandibular ramus flexure and gonial eversion as morphologic indicators of sex. *HOMO*. 2002;53.
45. Kranioti EF, Iscan MY, Michalodimitrakis M. Craniometric analysis of the modern Cretan population. *Forensic Sci Int*. 2008;180.
46. Lachenbruch PA, Goldstein M. Discriminant analysis perspectives in biometry. *Biometrics*. 1979;35(1).
47. Steyn M, Iscan MY. Sexual dimorphism in the crania and mandibles of South African whites. *Forensic Sci Int*. 1998;98.
48. Iscan MY, Steyn M. Craniometric determination of population affinity in South Africans. *Int J Leg Med*. 1999;112.
49. Adel R, Ahmed HM, Hassan OA, Abdelgawad EA. Assessment of Craniometric Sexual Dimorphism Using Multidetector Computed Tomographic Imaging in a Sample of Egyptian Population. *Am J Forensic Med Pathol*. 2019 Mar;40(1):19-26.
50. Cardiac imaging using 256-detector row four-dimensional CT: preliminary clinical report. Kido T, Kurata A, Higashino H, et al. *Radiat Med*. 2007;25:38-44.
51. Recent advances in contrast-enhanced magnetic resonance angiography. Meaney JF, Goyen M. *Eur Radiol*. 2007;17:2-6.
52. M. Steyn, E. Pretorius, L. Hutten, "Geometric morphometric analysis of the greater sciatic notch in South Africans ", *HOMO*, 54 (2004).
53. Kimmerle EH, Ross A, Slice D. Sexual dimorphism in America: geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *J Forensic Sci*. 2008;53(1).
54. Oettle AC, Pretorius E, Styen M. Geometric morphometric analysis of mandibular ramus flexure. *Am J Phys Anthropol*. 2005;128.
55. Hennessy RJ, Stringer CB. Geometric morphometric study of the regional variation of modern human craniofacial form. *Am J Phys Anthropol*. 2002;117.
56. Bauer CM, Niederstatter H, McGlynn G, Stadler H, Parson W. Comparison of morphological and molecular genetic sex-typing on mediaeval human skeletal remains. *Forensic Sci Int Gen*. 2013;7.
57. Samuel A. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development*. 1959;3(3):210-229.
58. Engin S. Python ile Makine Öğrenmesi. Nisan 2021. Abaküs.

59. Ahmed Z., Mohamed K., Zeeshan S. ve Dong X Artificial intelligence with multi-functional machine learning platform development for better healthcare and precision medicine. Database, 2020; 1- 35.
60. Mekov E., Miravittles M. ve Petkov R. Artificial intelligence and machine learning in respiratory medicine. Expert Review of Respiratory Medicine. 2020;14(6), 559-564.
61. Karakoyun M. HacibeyoğluM. Biyomedikal Veri Kümeleri ile Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmalarının İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması.DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2014; Cilt: 16 Sayı: 48 sh. 30-41.
62. Chubak J, Pocobelli G, Weiss NS. Tradeoffs between accuracy measures for electronic health care data algorithms. J Clin Epidemiol. 2012 Mar;65(3):343-349.e2.
63. Kido T, Kurata A, Higashino H, et al. Cardiac imaging using 256-detector row four-dimensional CT: preliminary clinical report. Radiat Med. 2007;25:38-44.
64. Krems RV. Bayesian machine learning for quantum molecular dynamics. Phys Chem Chem Phys. 2019;21(25):13392-13410.
65. Tektaş N. Classification performance comparison of discriminant analysis and logistic regression analysis. Turkish Studies International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic. 2014;9(2):1517-1527.
66. Scikit-learn [İnternet]. Scikit-learn: Python'da Makine Öğrenimi. [alıntılanma tarihi: 18 Mayıs 2023]. Erişim adresi: <https://scikit-learn.org/stable/>
67. Rennie J. An Introduction to Naive Bayes Classification. Machine Learning Research. 2003.
68. Cortes C, Vapnik V. Support-Vector Networks. Machine Learning. 1995;20:273-297.
69. Learning and Soft Computing, Support Vector Machines, Neural Networks, and Fuzzy Logic Models, Vojislav Kecman; MIT Press, Cambridge, MA, 2001, ISBN 0-262-11255-8, 2001; pp. 578.
70. Stoltzfus JC. Logistic Regression: A Brief Primer. Academic Emergency Medicine. 2011;18:1099-1104.
71. Jiang Y, Zhou ZH. Editing training data for kNN classifiers with neural network ensemble. Lect Notes Comput Sci. 2004;3173:356-361.
72. Cover TM, Hart PE. Nearest Neighbor Pattern Classification. IEEE Transactions on Information Theory. 1967;13:21-27.
73. Pal M. Random forest classifier for remote sensing classification. International Journal of Remote Sensing. 2005;26(1):217-222.
74. Ferembach D, Schwindezy I, Stoukal M. Recommendations for Age and Sex Diagnosis of Skeletons. Journal of Human Evolution. 1980; 9:517-549.
75. Gonzalez PN, Bernal V, Perez SI. Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. Forensic Science International. 2021;189(1-3):68-74.
76. Gómez-Valdés JA, Ramírez GT, Molgado SB, Sain-Leu PH, Caballero JLC, Sanchez-Mejorada G. Discriminant Function Analysis for Sex Assessment in Pelvic Girdle Bones: Sample from the Contemporary Mexican Population. Journal of Forensic Sciences. 2011;56(2):297-301.
77. Bristow J, Simms Z, Randolph-Quinney PS. Taphonomy. In: Black S, Ferguson E (eds). Forensic Anthropology 2000-2010. Boca Raton, FL: CRC Press; 2011. pp. 279-318.
78. Özer İ. İnsan İskeletlerinde Cinsiyet Tahmini. Türkiye Klinikleri J Foren Med-Special Topics. 2017;3(1):38-42.

79. Cekdemir, Y. E. Estimation of sex using morphometric measurements performed on cranial computerized tomography scans. *La radiologia medica*. 2021;126, pp. 306–315.
80. Dereli A. K. Sex determination with morphological characteristics of the skull by using 3D modeling techniques in computerized tomography. *Forensic Science, decker Medicine, and Pathology*.2018;14, pp. 450–459.
81. Tetiker H, Gençer CU. 3 Boyutlu Bilgisayarlı Tomografi ile 3B Rendering Tekniği Kullanarak Skapula Ölçümlerinden Anadolu Popülasyonunda Cinsiyet Tahmini. *The Bulletin of Legal Medicine*; 2020; 25:223-229.
82. Zaafrane M, Ben Khelil M, Naccache I, Ezzedine E, Savall F, No T, Mnif N, Hamdoun M. Sex determination of a Tunisian population by CT scan analysis of the skull. *International Journal of Legal Medicine*. 2018.
83. Franklin D, Cardini A, Flave A, Kuliukas A. B. Sexual dimorphism of crania in a Romanian population: Discriminant function analysis approach for sex estimation. *Romanian Journal of Legal Medicine*. 2013; 229:158. e1–8.
84. Rocha Sdos S., Ramos D.L. ve Cavalcanti M G.Applicability of 3D-CT facial reconstruction for forensic individual identification. *Pesqui Odontol Bras*.2003; 17, ss.24- 28.
85. Dedouit F., Savall F., Mokrane F. Z., Rousseau H., Crubézy E., Rougé D., Telmon N. Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT. *The British journal of radiology*. 2014; 87(1036), 20130468.
86. Abdel Fatah EE, Shirley NR, Jantz RL, Mahfouz MR. Improving sex estimation from crania using a novel three-dimensional quantitative method. *J Forensic Sci*. 2014.
87. Ekizoglu, O. et al. Assessment of sex in a modern Turkish population using cranial anthropometric parameters, *Legal Medicine*.2016; 21, pp. 45–52.
88. Sukumar S, Yadav S. 3D reconstruction computer tomography of foramen magnum and fronto nasal junction for sex determination in South Indian population. *Int J Pharm Bio Sci* 2012; 3(4): 615-9.
89. Galdames ICS, Russo PP, Matamala DAZ, Smith RL. Sexual dimorphism in the foramen magnum dimensions. *Int J Morphol* 2009; 27(1): 21-3.
90. Burdan F, Szumiło J, Walocha J, Klepacz L, Madej B, Dworzański W, Klepacz R, et al. Morphology of the foramen magnum in young Eastern European adults. *Folia Morphol* 2012; 71(4): 205-16.
91. Atreya A, Shrestha R, Bhandari K, Malla SK, Acharya S, Menezes RG. Morphometric analysis of the foramen magnum in sex estimation: An additional 3DCT study from Nepal on a larger sample. *Health Sci Rep*. 2022 Dec 16;6(1): e999.
92. Aljarrah K, Packirisamy V, Al Anazi N, Nayak SB. Morphometric analysis of foramen magnum and occipital condyle using CT images for sex determination in a Saudi Arabian population. *Morphologie*. 2022.
93. Tellioglu AM, Durum Y, Gok M, Karakas S, Polat AG, Karaman CZ. Suitability of foramen magnum measurements in sex determination and their clinical significance. *Folia Morphol (Warsz)*. 2018;77(1):99-104.
94. Darwish R, Salama N, Elsirafy M, Kholeif W. Identification of sex from foramen magnum of Egyptian skulls using three dimensional computed tomography. *Ain Shams J Forensic Med Clin Toxicol*. 2014.
95. Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Timimi JF. Evaluation of foramen magnum in gender determination using helical CT scanning. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012 Mar;41(3):197-202.

96. Uysal S, Gokharman D, Kacar M, Tuncbilek I, Kosa U. Estimation of sex by 3D CT measurements of the foramen magnum. *J Forensic Sci.* 2005 Nov;50(6):1310-4. PMID: 16382824.
97. Günay Y, Altinkök M. The value of the size of foramen magnum in sex determination. *J Clin Forensic Med.* 2000 Sep;7(3):147-9.
98. Toneva D, Nikolova S, Zlatareva D, Hadjidekov V. Morphological Study of Jugular Foramen in Bulgarian Adults. 2019; 26:97-108.
99. Hrdlicka A. *Physical Anthropology of the Lenape or Delawares, and of the Eastern Indians in general.* Salzwasser Verlag, Munich, 1915; pp. 45–46.
100. Glassman D.M. and Bass W.M. Bilateral asymmetry of long arm bones and jugular foramen: implications for handedness. *Journal of Forensic Sciences.* 1986; 31: 589–595
101. Glassman D.M. and Dana S.E. Handedness and the bilateral asymmetry of the jugular foramen. *Journal of Forensic Sciences* 1998; 37: 140–146.
102. Dias G.J., Perumal V., Smith C., Cornwall J. The relationship between jugular foramen asymmetry and superior sagittal venous sinus laterality *Anthropol. Sci.*, 122 (2014), pp. 115-120, 10.1537/ase.140615.
103. Alabi AS, Ekundayo AS, Oyewopo AO, Kareem SB, Amedu NO, Lewu FS, Akintunde KA, Opayemi RS. Morphometric study of the jugular foramen and sexual dimorphism using dried skull obtained in two Nigerian States. *Research Journal of Health Sciences.* 2018;6(4):182.
104. Barros DPM, Nascimento JJC, Ribeiro ECO, Palmeira RGS, Silva LMCP, Silva-Neto EJ. Relationship between jugular foramen dimensions and neurocranium shape. *Translational Research in Anatomy.* 2021;24.
105. Gupta C, Kurian P, Seva KN, Kalthur SG, D'Souza AS. A morphological and morphometric study of jugular foramen in dry skulls with its clinical implications. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2014 Jul;5(3):118-21.
106. Singla A, Sahni D, Aggrawal A, Gupta T, Kaur H. Morphometric study of the jugular foramen in North West Indian population. *J Postgrad Med Educ Res* 2012; 46:165-71
107. Pereira GA, Lopes PT, Santos AM. Morphometric aspects of the jugular foramen in dry skulls of adult individuals in Southern Brazil. *J Morphol Sci* 2010; 27:3-5.
108. Vlaković S, Vasović L, Daković Bjelaković M, Stanković S, Popović J, Čukuranović R. Human bony jugular foramen: some additional morphological and morphometric features. *Med Sci Monit.* 2010;16.
109. S. Kotgirwar, S. Athavale Morphometric study of jugular foramen in adult South Indian skulls *J. Anat. Soc. India*, 62 2013; pp. 166-169, 1
110. Mahajan A, Verma R, Kumar S, Mehra RD. Evaluation of osteologic parameters of jugular foramen and its significance with respect to expanded endoscopic endonasal approach. *Eur J Anat.* 2017;21:225-233.
111. Navsa N, Kramer B. A quantitative assessment of the jugular foramen. *Ann Anat.* 1998; 180:269-273.
112. Hussain Saheb S, Mavishetter GF, Thomas ST, Prasanna LC, Muralidhar P. Morphometric study of the jugular foramen in human adult skulls of south India. *J Biomed Sci Res.* 2010; 2:240-243.
113. Hossain SMA, Hossain SMM, Banna FAMH. Variations in the structure of the jugular foramen of human skull. *Bangladesh J Anat.* 2012; 10:45-49.

114. Thurzo A., Svobodová Kosnáčová H., Kurilová V., Kosmel S., Beňuš R., Moravanský N., Kováč P., Mikuš Kuracinová K., Palkovič M., ve Varga. 2021. "Use Of Advanced Artificial Intelligence In Forensic Medicine ", Forensic Anthropology And Clinical Anatomy.Healthcare (Basel).Published Online.
115. Sharma M, Savage C, Nair M, Larsson I, Svedberg P, Nygren JM. Artificial Intelligence Applications in Health Care Practice: Scoping Review. J Med Internet Res. 2022 Oct 5;24(10): e40238.
116. Kartal E, Etli Y, Asirdizer M, Hekimoglu Y, Keskin S, Demir U, Yavuz A, Celbis O. Sex estimation using foramen magnum measurements, discriminant analyses and artificial neural networks on an eastern Turkish population sample. Leg Med (Tokyo). 2022 Nov;59:102143
117. Pozzi, A., Raffone, C., Belcastro, M.G., Camilleri-Carter, T.L. Sex estimation in cranial remains: A comparison of machine learning and discriminant analysis in Italian populations. May 01, 2020.
118. Curate F, Umbelino C, Perinha A, Nogueira C, Silva AM, Cunha E. Sex determination from the femur in Portuguese populations with classical and machine-learning classifiers. J Forensic Leg Med. 2017;52:75-81.
119. Toneva D, Nikolova S, Agre G, Zlatareva D, Hadjidekov V, Lazarov N. Machine learning approaches for sex estimation using cranial measurements. Int J Legal Med. 2021 May;135(3):951-966.
120. Navega D, Vicente R, Vieira DN, Ross AH, Cunha E. Sex estimation from the tarsal bones in a Portuguese sample: a machine learning approach. Int J Legal Med. 2015 May;129(3):651-9.
121. Islam MZ, Supto MR, Asadujjaman M, Chakraborty RK. Sex Identification From Hand Measurements Using Machine Learning. International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS). Greater Noida, India; 2021; pp. 536-540.
122. Nogueira L, Santos F, Castier F, vb. Sex assessment using the radius bone in a French sample when applying various statistical models. Int J Legal Med. 2023;137(4):925-934.
123. Yasin Etli, Mahmut Asirdizer, Yavuz Hekimoglu, Siddik Keskin, Alpaslan Yavuz. Sex estimation from sacrum and coccyx with discriminant analyses and neural networks in an equally distributed population by age and sex. Forensic Science International. 2019;303:1-10.
124. Coelho, J.D.O., Curate, F. An interactive machine-learning approach for sex estimation with the pelvis. Forensic science international. 2019; 302: 109873.

8. EKLER

EK 1



BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU ONAYI
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY CLINICAL RESEARCHES ETHICS COMMITTEE APPROVAL

Sayı : 344

7.1.9/2022

Konu: Kararlar

BAŞVURU BİLGİLERİ (APPLICATION INFORMATION)	ARAŞTIRMANIN ADI (TITLE OF THE PROJECT)	Fossa Cranii Posterior'dan Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Cinsiyet Tahmini.
	ARAŞTIRMANIN İNGİLİZCE ADI (TITLE OF THE PROJECT)	Sex Estimation from posterior Cranial Fossa with Machine Learning Algorithms.
	SORUMLU ARAŞTIRMACI (PRINCIPAL INVESTIGATOR)	Dr. Öğr. Üyesi Murat DIRAMALI
	DİĞER ARAŞTIRMACILAR (OTHER INVESTIGATORS)	Yüksek Lisans Öğr. Fzt. Emine İPEK Dr. Öğr. Üyesi Sıddıka HALICIOĞLU
	ARAŞTIRMA MERKEZİ (RESEARCH CENTER)	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İzzet Baysal Eğitim ve Araştırma Hastanesi.

KARAR (DECISION)	Karar no (Decision No): 2022/229	Tarih (Date) 23.08.2022
	Dr. Öğr. Üyesi Murat DIRAMALI'nın sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma dosyası ve ilgili belgelerin incelenmesi sonucunda araştırmanın gerçekleştirilmesinde etik yönden sakınca olmadığına mevcudun oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

Üyeler	Uzmanlık alanı	Kurumu
Prof. Dr. Mehmet Hayri ERKOL (Başkan)	Genel Cerrahi	BAİBÜ Tıp Fakültesi
Prof. Dr. Mehmet Hamid BOZTAŞ (Başkan Yardımcısı)	Ruh Sağlığı Hastalıkları	BAİBÜ Tıp Fakültesi
Doç. Dr. Akif Hakan KURT (Bildirimlerden Sorumlu Üye)	Farmakoloji	BAİBÜ Tıp Fakültesi
Doç. Dr. Hamit YOLDAŞ (Üye)	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	BAİBÜ Tıp Fakültesi
Doç. Dr. Aslı ÇELEBİ TAYFUR (Üye)	Çocuk Sağlığı Hastalıkları /Nefroloji Bilim Dalı	BAİBÜ Tıp Fakültesi
Doç. Dr. Tuba TASLAMACIOĞLU DUMAN (Üye)	İç Hastalıkları Anabilim Dalı	BAİBÜ Tıp Fak.
Doç. Dr. Makbule TOKUR KESGİN (Üye)	Hemşirelik	BAİBÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi
Doç. Dr. Abdulgani KAYMAZ (Üye)	Göz Hastalıkları	BAİBÜ Tıp Fakültesi
Doç. Dr. Kübra DEĞİRMENCİ (Üye)	Protetik Diş Tedavisi	BAİBÜ Diş Hekim. Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba KOCAAĞA (Üye)	Antrenörlük Eğitimi	BAİBÜ Spor Bilimleri Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Aysu KIYAN (Üye)	Halk Sağlığı	BAİBÜ Tıp Fakül.
Dr. Hatice Selen SÖYLEMEZ (Üye)	Farmakolog/Eczacı	Özel Eczane (BOLU)
Uzm. Dr. Hümeysra ÇELİK (Üye)	Fizyoloji	BAİBÜ Tıp Fak.
Av. Huri Hülya GÜNEŞ COŞKUN (Üye)	Avukat	Özel Hukuk Bürosu (BOLU)
Ramazan KAYNARPINAR (Sivil-Üye)	Esnaf	Serbest Me: (BOLU)