TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# İSKELETTEN CİNSİYET BELİRLEMEDE GEOMETRİK MORFOMETRİ YÖNTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ

**Husniyya ABDULLAYEVA**

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI**
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**
**Prof. Dr. Ayla SEVİM EROL**

**ANKARA**
**2022**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**
**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# İSKELETTEN CİNSİYET BELİRLEMEDE GEOMETRİK MORFOMETRİ YÖNTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ

**Husniyya ABDULLAYEVA**

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI**
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**
**Prof. Dr. Ayla SEVİM EROL**

**ANKARA**
**2022**

# ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne, yüksek lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum "İskeletten Cinsiyet Belirlemede Geometrik Morfometri Yönteminin Uygulanabilirliği" başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Bu çalışma literatüre dayalı bir çalışma olduğu için etik kurul iznine ihtiyaç bulunmamaktadır.

Öğrencinin Adı Soyadı: Husniyya ABDULLAYEVA

Tarih:

İmza:

**KABUL VE ONAY**

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı
Adli Antropoloji Tezli Yüksek Lisans Programında

Hüsniyye ABDULLAYEVA tarafından hazırlanan

"İskeletten Cinsiyet Belirlemede Geometrik Morfometri Yönteminin Uygulanabilirliği" adlı

tez çalışması

aşağıdaki jüri tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak

OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

15.02.2022

Prof. Dr. Ayla SEVİM EROL
Ankara Ü. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi
Jüri Başkanı

Doç.Dr. Yeşim DOĞAN
Ankara Ü. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi
Üye

Doç.Dr. Nalan Damla YILMAZ USTA
Süleyman Demirel Ü.Mimarlık Fakültesi
Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof.Dr. Fügen AKTAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

# İÇİNDEKİLER


| | |
|---|---|
| Kabul ve Onay | **Error! Bookmark not defined.** |
| İçindekiler | iv |
| Önsöz | v |
| Şekiller | vi |
| **1. GİRİŞ** | **1** |
| 1.1. Geometrik Morfometri | 3 |
| 1.1.1. Şekil Analizi | 8 |
| 1.1.2. Landmark ve Semilandmark | 9 |
| 1.2. Kafatası | 12 |
| 1.3. Pelvis | 20 |
| 1.4. Femur ve Tibia | 25 |
| 1.5. Talus | 26 |
| 1.6. Humerus | 27 |
| 1.7. Scapula | 28 |
| **2. GEREÇ VE YÖNTEM** | **30** |
| **3. BULGULAR** | **31** |
| **4. TARTIŞMA** | **32** |
| **5. SONUÇ VE ÖNERİLER** | **36** |
| **ÖZET** | **37** |
| **SUMMARY** | **38** |
| **KAYNAKLAR** | **39** |
| **ÖZGEÇMİŞ** | **44** |

# ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimde ele almış olduğum "İskeletten Cinsiyet Belirlemede Geometrik Morfometri Yönteminin Uygulanabilirliği" konulu bu çalışma, dünyada son yıllarda sıklıkla kullanılan ve geometrik morfometri metodunun değerlendirildiği bir çalışmadır. Günümüzde antropoloji, paleontoloji, arkeoloji, zooloji gibi birçok alanda kullanılan bu metot; ülkemizde çok fazla kullanılmamaktadır. Bu tezde Geometrik Morfometri metodunun adli antropoloji alanında insan iskelet incelemelerinde kullanılabilirliği ele alınmıştır. Dünyada son yıllarda iskeletlerde geometrik morfometri metodu uygulanarak cinsiyet belirlemesi yapıldığı bilinmektedir, ancak ülkemizde henüz çok iyi bilinmemektedir. Biz bu çalışmamızda bu metotla ilgili iskeleti oluşturan farklı kemiklerde yapılmış cinsiyet belirleme çalışmaları bir araya getirilerek incelendikten sonra, bu metodun ülkemizdeki antropolojik çalışmalarda cinsiyet ayırımı yapılırken uygulanabilirliğini değerlendirmeye çalıştık ve metodun ülkemizde kullanılabilmesine yönelik bir kaynak oluşturmayı amaçladık.

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, her konuda desteğini esirgemeyen ve bu tez konusunu çalışmamın her aşamasında yardımcı olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayla SEVİM EROL'a teşekkürlerimi sunarım. Bunun yanı sıra Lisans eğitimim sürecinde desteğini eksik etmeyen, tezin her aşamasında materyal ve bilgileriyle katkı sağlayan Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Dr. Öğr. Üyesi Sayın Ahmet İHSAN AYTEK'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, tez yazım aşamasında tüm destekleriyle yanımda olan çok değerli eşim ve meslektaşım Askar ASGARLİ'ye, düzenlemelere yardımcı olan çok değerli arkadaşım ve meslektaşım Hülya CENGİZ'e, birçok zorluklara rağmen her aşamada yanımda olan aileme, özellikle manevi desteğinden dolayı babaannem Rahila ABDULLAYEVA'ya teşekkür ederim.

# ŞEKİLLER

**Şekil 1.1.** D'Arcy Thompson'un kafatası ile ilgili çalışması 5
**Şekil 1.2.** Lateral (a1, b1) ve anterior (a2, b2) 2 boyutlu koordinatlar 6
**Şekil 1.3.** Anterior açıdan kafatasında 3 boyutlu landmarkların yerleşimi 7
**Şekil 1.4.** Kafatası üzerinde landmarkları gözlemlemek için 3 boyutlu bir sayısallaştırıcı kullanan bir araştırmacı 9
**Şekil 1.5.** 3 boyutlu sayısallaştırıcı ile veri toplama için konumlandırılmış kafatası 10
**Şekil 1.6.** Landmarklar ve Semilandmarklar 11
**Şekil 1.7.** Kraniyofasiyal bölgede landmarkların yerleşimi 16
**Şekil 1.8.** Mandibula'nın lateral görünümü üzerindeki landmarkların yerleşimi 18
**Şekil 1.9.** Sacrum'un auricular yüzeyine landmarkların yerleştirilmesi 24
**Şekil 1.10.** Aksial (A) ve frontal (B) BT görüntülerinde landmarkların konumu 26
**Şekil 1.11.** Sol talus üzerinde landmark ve semilandmarklar 27
**Şekil 1.12.** Proksimal (a) ve distal (b) humerusun radyografisi üzerinde landmarklar 28
**Şekil 1.13.** Üzerinde landmarklar yerleştirilmiş kadına ait sol scapula'nın dorsal görünümü 29

# 1. GİRİŞ

Adli bilimlerin bir dalı olarak son zamanlarda gelişen "Adli Antropoloji" kayıp şahısların iskeletleşmiş veya yarı iskeletleşmiş buluntuları ile bu buluntularla birlikte ele geçen, kişisel eşyalar, bitki ve hayvan kalıntıları, toprak örnekleri ve böcek kalıntıları gibi bulguların birlikte değerlendirilmesiyle kimliklendirme çalışmalarına yardımcı olan bir bilim dalıdır. İskelet çalışmalarının en önemli aşamalarından biri biyolojik profil belirlemektir. Biyolojik profil belirlemenin de ilk basamağını iskeletten biyolojik yaş tahmini ile iskeletten cinsiyet tayini oluşturmaktadır. Tamamen veya kısmen iskeletleşmiş insan kalıntılarının tanımlanması ve araştırılması Biyolojik Antropolojinin bilimsel gelişimine dayanır. Bir yüzyıldan daha fazla süredir insan türünün morfolojik değişkenlerini inceleyen, kemiklerin şekillerinin tanımlanmasında yararlanılan anatomik noktalar arasındaki mesafeyi ve açıları doğru şekilde ölçen bir çok metot geliştirilmiştir (Yermani ve Soto, 2004). Bunların içerisinde en dikkati çeken metotlardan birisi de "Geometrik Morfometri" metodu olmuştur.

Geleneksel morfometri yönteminde nesnenin boyutuna bağımlılık temel sorunlardan birisidir. Bu nedenle bu tür çalışmalarda şekil analizinde boyut düzeltme faktörleri kullanılmıştır. Fakat kullanılan düzeltme faktörleri aynı analiz için de olsa farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu yöntemdeki diğer bir sorun, homolog noktalar kullanılmadığı için doğrusal mesafelerin homolojisinin belirlenmesinin çok zor olmasıdır. Bu durumda, örneğin minimum ve maksimum genişlikler gibi morfolojik bilgiyi azaltan noktalar arasındaki mesafelerin kullanılması gerekmektedir. Bu analiz teknikleri, landmarklar (yer işaretleri) arasındaki mesafelere bağlı kalınırken nesnenin şekli dikkate alınmaz. Aynı zamanda analiz edilen nesnelerin geometrik ilişkileri korunmadığı için geleneksel morfometri yöntemleri şeklin grafiğinin üretilmesine izin vermemektedir (Yermani ve Soto, 2004).

**Geometrik Morfometri (GM)** olarak bilinen yöntemin geliştirilmesi, şekil varyasyonu çalışmalarında gerçek bir devrim olmuştur. Diğer yöntemlerden farklı olarak bu yöntem, çok değişkenli istatistiksel analiz ve şekil bileşenlerinin varyasyonunun görüntülenmesini içermekle birlikte, nesnelerin geometrik şeklini de verir. Adli araştırmalarda yapılan analizler ve yeni soruların çözülmesini sağlamak için bu yöntemin kullanılması ve Biyolojik Antropolojiyi içeren konulara ışık tutabilmesi adına, hem biyolojik antropolojik hem de adli antropolojik çalışmalarda kullanılması mümkündür (Yermani ve Soto, 2004).

Adli antropolojik çalışmanın temellerinden biri de kayıp kişiye ait iskeletin cinsiyet tayinidir. İskeletten cinsiyet belirleme hem adli bilimlerde, hem de biyo-arkeolojide önemli bir konudur. Cinsiyete dair yüksek düzeyde bilgi elde etme şansı, incelenen iskelet bileşeni ve kullanılan yöntemlerin cinsiyetler arasındaki şekil ve boyut farklılıklarını tanımlamayla ilgilidir (Gonzalez ve ark., 2009).

Biyolojik antropologlar insan iskeletinden cinsiyet belirlemede kullanılması için sürekli yeni yöntemler geliştirmektedirler. İskeletten cinsiyeti belirlenirken, antroposkobik özelliklerden veya osteometrik ölçümlerden ya da DNA analizlerinden yararlanılmaktadır. Ancak iskeletteki bazı özellikler osteometrik olarak değerlendirilemez ve tanımlayıcı özellikler her zaman nesnel olarak karşılaştırılamaz. Bu gibi durumlarda **geometrik morfometri** tanımlayıcı morfolojik özellikleri ölçmek için kullanılan ve bulguları yorumlamak için istatistikler elde ettiğimiz yeni bir yöntemdir (Oettle ve ark., 2009).

İskeletleri tanımlamak için kullanılan yöntemlerin biyolojik antropoloji ve adli antropolojide uzun bir geçmişi vardır. Aynı zamanda kullanılan yöntemlere yapılan güncellemeler yeni yöntemlerin sürekli geliştirildiğini göstermektedir (Franklin ve ark., 2008).

Zooloji gibi alanlarda yaygın olarak kullanılan geometrik morfometri metodu, Dünya'da ve Türkiye'de antropoloji ve adli alanda çok fazla kullanılmamaktadır. Oysa teknolojinin hızla geliştiği bu dönemde bu metodun daha iyi sonuçlar verdiği

yadsınamaz. Günümüz teknolojisiyle bu metot bir araya getirildiğinde çok iyi sonuçlar elde edilmesi olasıdır. Dolayısıyla teknoloji destekli olarak geliştirilecek yeni metotların daha kısa zamanda daha doğru sonuçlar vereceği göz ardı edilmemelidir.

Son yıllarda, insan toplumlarının morfolojik varyasyonunun incelenmesi için yeni yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır. Geometrik morfometri de bu yöntemlerden birisidir. Geleneksel morfometriden geometrik morfometriye evrilen bu yöntem 2 boyutlu ve 3 boyutlu analizler ile gerçekleştirilmektedir. Toplumların demografik yapılarını araştırırken, morfometrik ölçümlerle beraber, geometrik morfometri yönteminin kullanımı da oldukça yaygınlaşmıştır. Dünya`da son zamanlarda sıklıkla kullanılan bu yöntemin Türkiye`de sadece bir kaç çalışmada kullanıldığını görmekteyiz (Aytek, 2016; Barutçu, 2012; Şahiner, 2007). Geometrik morfometri fiziksel varyasyonlarla beraber, işlevsel farklılıkları da ortaya koymaktadır. Bu yüzden ister Dünya`da, ister Türkiye`de araştırmalarda gelişmiş metotların daha çok kullanılması önerilmektedir. Tüm gelişmeler dikkate alınarak geometrik morfometri ile cinsiyet belirleme yönteminin iskelet çalışmalarında kullanılabilirliği bu tez çalışması kapsamında değerlendirilecektir. Bu bağlamda bu tezde amaçlanan, Türkiye`de yavaş yavaş gelişmekte olan geometrik morfometri yönteminin, dünyada bu alanda yapılmış araştırmaları değerlendirdikten sonra, adli antropolojik vakalarda uygulanabilirliği değerlendirilerek iskeletten cinsiyet belirleme yöntemleri arasındaki yerini belirlemek diğer bir amacımızı oluşturmaktadır.

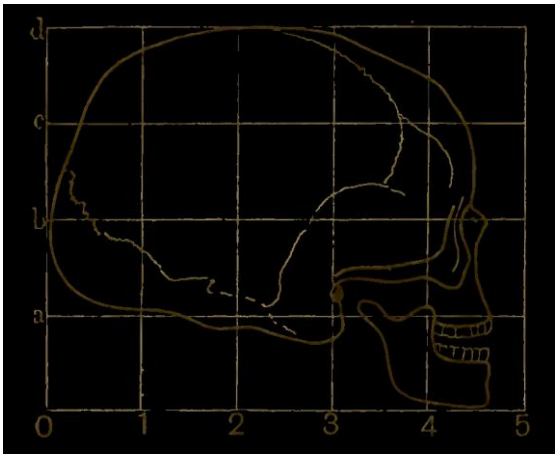
### 1.1. Geometrik Morfometri

İnsan iskelet kalıntılarının incelenmesinde bireyin cinsiyetinin belirlenmesi için pek çok yöntem uygulanmaktadır. Son yıllarda bu yöntemlere "Geometrik Morfometri" yöntemi olarak bilinen yeni bir yöntem daha katılmış bulunmaktadır. Çok az bilinen bu yöntem çok yaygın olarak kullanılmamakla birlikte önemli bir yöntem olduğu düşüncesindeyiz.

Morfometri alanında "Geometrik Morfometri" olarak gelişen bu yöntem, biyolojik formların, organizmaların, materyalin doğru ve kesin tanımlamasını yapabilmek için avantajlar sağlamaktadır. Bu alanın gelişmesi sonuçları görselleştirmeye, yorumlamaya ve açık şekilde iletmeye izin vermektedir. Matematiksel temeli olan bu yöntem istatistiksel hipotezler sunmakla birlikte, karmaşık farklılıkları da görselleştirmeye uygun bir yöntemdir. Geometrik Morfometri, türler içi ve türler arası morfolojik varyasyonun görselleştirilmesi için sağlam analiz ve grafik araçlar sağlayan bir yöntem olarak da bilinmektedir (Sanchez, 2014).

Bir organizmanın şeklindeki farklılıklar, genelde şekli bilinen geometrik nesnelerin şekline benzetilerek açıklanmaktadır. Böylece bir organizmanın dairesel veya eliptik yapısı tanımlanabilmektedir. Bu karşılaştırmalar, özellikle tanımlanmaya çalışılan şekil karmaşık olduğunda ve eşleştirmeye çalışılan nesnenin şekliyle tam olarak örtüşmediğinde herhangi bir sonuç elde edilemez. En basit şekillerin tanımlanmasında bile, bu yaklaşımlar o cismin ne kadar dairesel olduğunu ifade etmenize izin vermez. Bu nedenle, nitel bir yaklaşım sağlamaktansa daha yüksek bir çözünürlükle küçük değişiklikleri tespit etmek için bir organizmanın şeklini nicel olarak karakterize etmek gerekir (Sanchez, 2014).

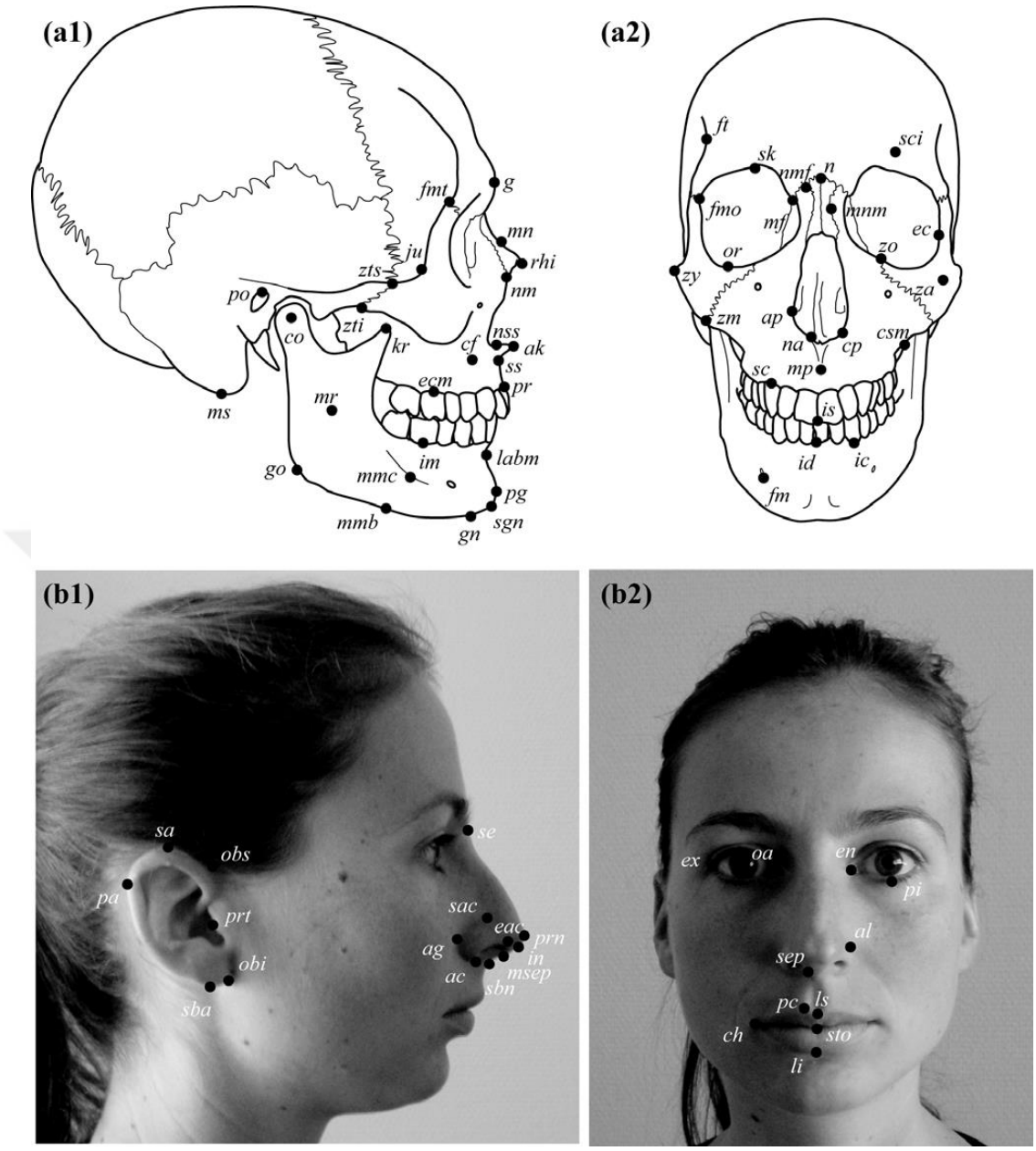
Ressam Albrecht Dürer 1528 yılında geometrik morfometriyi ilk kez kullanarak morfolojik varyasyonları karakterize etmiştir (Dürer, 1525). Dürer'in bu yöntemi uygulama sebebi kafatasının oranlarını ölçmektir. XIX.yüzyılda mevcut morfometrinin bazı ilkelerini ortaya koyan D'Arcy Thompson'un konuyla ilgili çalışmaları (Şekil 1.1) olmuştur (Thompson, 1917).



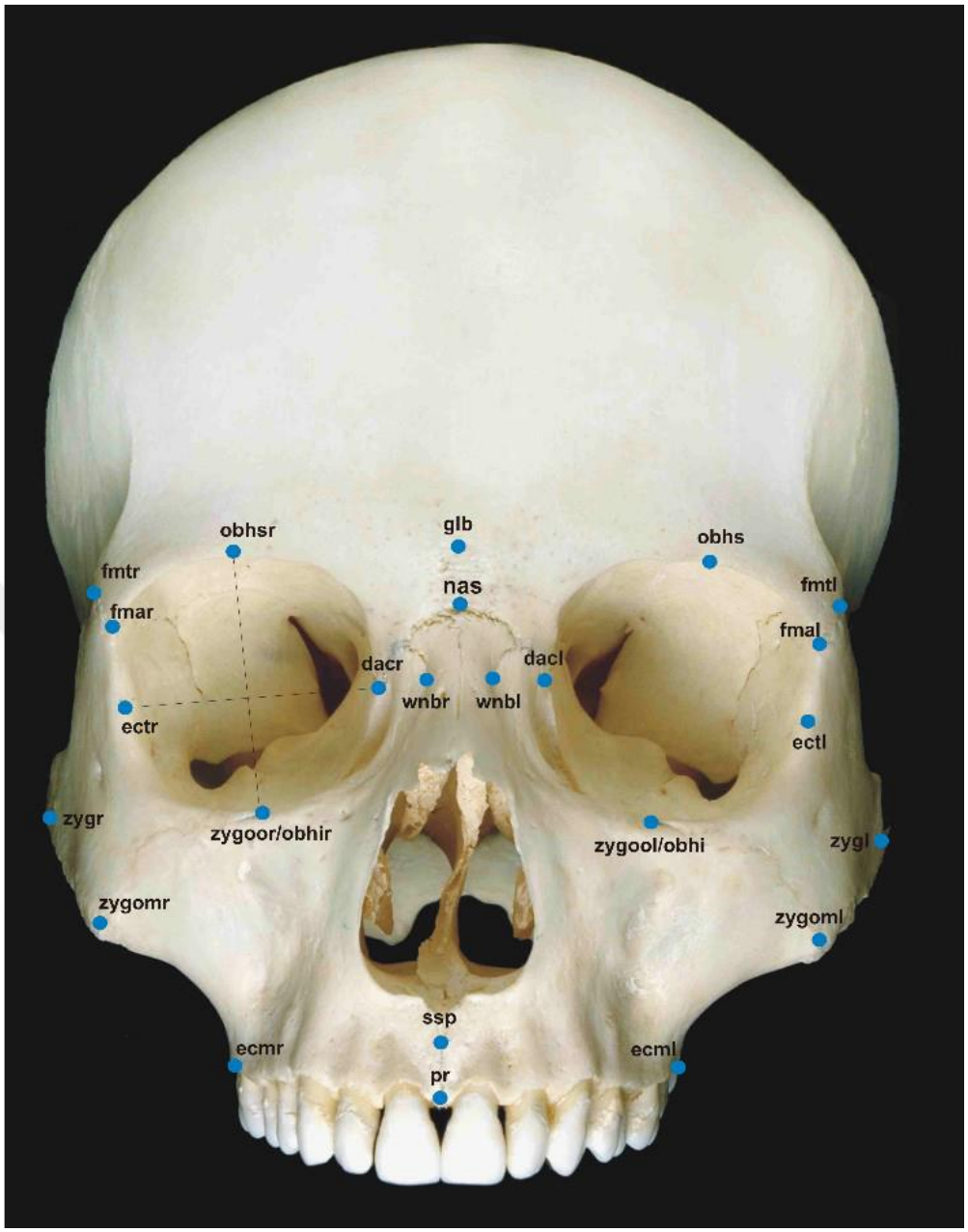

**Şekil 1.1.** D'Arcy Thompson'un kafatası ile ilgili çalışması (Thompson, 1917).

Geometrik morfometri yönteminin XVI. yüzyılda uygulandığından bahsedilse de güncel halinin gelişimi 1980'lerin sonlarına kadar sürmüştür (Bookstein, 1991; Bookstein, 1996).

Geometrik morfometri yöntemiyle bir materyali inceleyebilmek için öncelikle materyalden veriler elde edilmektedir. Bu veriler morfolojik landmark noktalarının 2 boyutlu (Şekil 1.2) ve 3 boyutlu koordinatları (Şekil 1.3) şeklindedir. Koordinatlarla yapılan ölçüm geleneksel ölçümlere göre daha kullanışlıdır (Rohlf ve Marcus, 1993).




**Şekil 1.2.** Lateral (a1, b1) ve anterior (a2, b2) 2 boyutlu koordinatlar (Guyomarc'h ve ark., 2014).




**Şekil 1.3.** Anterior açıdan kafatasında 3 boyutlu landmarkların yerleşimi (Slice ve Ross, 2009).

Geometrik morfometri yönteminde materyal üzerine uygulanan işaretler Kartezyan x, y veya x, y, z (sırasıyla 2 boyutlu ve 3 boyutlu) koordinatlar olarak tanımlanır. Kartezyan koordinatları materyalin sadece konfigürasyonu hakkında değil, boyutu, konumu, yönü hakkında da bilgiler içerir (Goodall, 1991). Her yapı koordinatların değerlerini etkileyen izometrik ve izometrik olmayan dönüşümlerden geçebilir. Sadece izometrik olmayan dönüşümler şekil değişikliklerini etkiler ve bu yüzden geometrik morfometride araştırma konusudur (Bookstein, 1991).

Geleneksel morfometri, materyalde ortaya çıkan değişiklikleri doğrusal boyutlarına göre hesaplar. Alınan sonuçlar şekil değişikliklerini görselleştirmeye ve boyut farklılıklarını tanımlamaya izin vermeyen sayısal verilerden oluşuyor. Bu sebeple geometrik morfometri yönteminin uygulanabilirliği büyük bir gelişimi temsil etmektedir. Yalnızca morfolojik değişiklikleri doğru şekilde tanımlamaz, aynı zamanda nicelleştirmeye ve görselleştirmeye de izin verir (Sanchez, 2014).

Geleneksel morfometri, bir nesnenin uzunluk, genişlik, grubundaki varyasyonları doğrusal boyutlarını kullanarak tanımlayabilmektedir. Bu araçlar bazen aynı noktadan başlayabilecekleri veya örtüşebilecekleri için beklenenden daha az bilgi verebilirler. Bu yüzden geometrik bağımsızlıklarını ön görmek imkansızdır. Aynı eksen boyunca alınan farklı ölçümler çoğu zaman gereksizdir. Diğer yandan geleneksel morfometrik ölçümler geometrik bilgiye sahip olmazlar. Aynı zamanda dezavantajlar içerisinde homoloji problemini de görebilmekteyiz. Yani bir nesne türler arası kıyaslanamayabilir. Klasik ölçüm şeması, matematiksel yapısı değiştirilmeden geometrik morfometri yöntemi uygulanarak önemli ölçüde iyileştirilebilmektedir (Sanchez, 2014).

### 1.1.1. Şekil Analizi

Morfometrik analizde şekil önemli bir unsurdur. Şekil yönünden, konumundan, boyutundan bağımsız olarak nesneyi görüntüleyebilmemizi sağlar (Klingenberg, 2013). 20. yüzyılda şekil parametrelerini nesnel ve nicel olarak tanımlayabilmek için yöntemlerin geliştirilmesi şekil analizine bir çok katkı sağlamıştır. Gelişmeler teknolojinin tanıtılması ve çok değişkenli istatistiklerin geliştirilmesiyle arttı. Modern istatistiksel şekil analizi, tüm bunların ötesine geçerek şekil varyasyonu veya şekil değişiklikleri hem niceliksel, hem de niteliksel olarak uygun istatistiklerle daha rahat bilgi sunabilmek için farklı yöntemler sağlamaktadır (Claude, 2008).

Diğer disiplinlerin de bu yöntemi uygulaması geometrik morfometrinin gelişimini tetiklemiştir. Morfometri yalnızca bir yüzyıl içerisinde gelişerek tek değişkenli, iki değişkenli ve çok değişkenli analizlere dönüşmüştür. Aynı zamanda kendi şekil tanımlayıcılarıyla ortaya yeni çıkan bir disiplin haline gelmiştir (Claude, 2008).

### 1.1.2. Landmark ve Semilandmark

2 boyutlu ve 3 boyutlu görüntüler üzerinden veri elde etmek amacıyla yer işareti dediğimiz landmarklar kullanılmaktadır. Landmarklar şekli ortaya koyabilmek için homolog olmak durumundadır, aynı zamanda güvenilirliği ve tekrar edilebilirliği kendinde birleştirmelidir (Zelditch ve ark., 2004). 3 boyutlu görsel üzerinde landmarkları gözlemlemek için 3 boyutlu sayısallaştırıcılar (Şekil 1.4, Şekil 1.5) kullanılmaktadır.




**Şekil 1.4.** Kafatası üzerinde landmarkları gözlemlemek için 3 boyutlu bir sayısallaştırıcı kullanan bir araştırmacı (McKeown ve Schmidt, 2013).



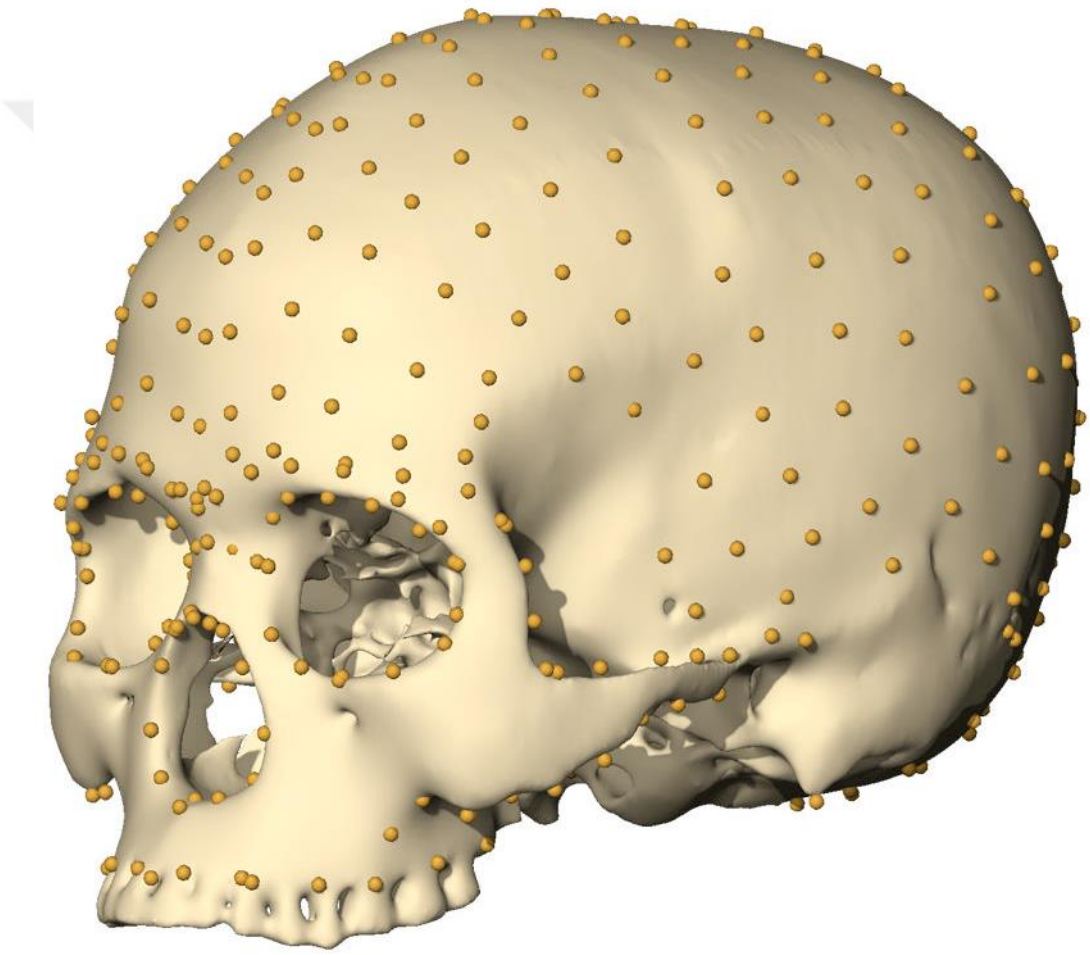

**Şekil 1.5.** 3 boyutlu sayısallaştırıcı ile veri toplama için konumlandırılmış kafatası (McKeown ve Schmidt, 2013).

Bookstein (1991) landmarkları 3 tipe göre sınıflandırmıştır. Tip I landmarklar klasik homoloji kriterlerine göre oluşturulur. Örneğin, belirli tendonların kemiğe bağlanma noktalarında sabitlenen landmarklardır. Tip II landmarklar noktaları sabitlemek için kullanılır – örneğin, işaretlerin herhangi bir konturun en büyük eğriliğinin belirli noktalarına yerleştirilmesi. Tip III landmarklar geometrik olarak tanımlanırlar. Örneğin eğrinin konturunun bazı uç noktalarına yerleştirilirler (Bookstein, 1991). Karşılaştırılabilir Tip I ve Tip II landmarklar homolog olarak kabul edilebilirken, Tip III landmarklar neredeyse homolog değildir – basitçe eşdeğerdir (Macleod, 2002).

3 boyutlu materyalin birden fazla düzleminden landmark elde etmek ve incelemek için bir çok teknik vardır. Ancak araştırmacılara, 3 boyutlu veri toplamak için kullanılan teknoloji pahalı gelebilir. Bu yüzden 3 boyutlu bir materyali 2 boyutlu düzleme yansıtılabilir. Yansıtmadan kaynaklı bozulma olasılığını en aza indirgemek

için materyal, kamera açısında doğru şekilde yönlendirilmelidir. Bu yönlendirme uygun bir düzlemde yapılmalıdır (Zelditch ve ark., 2004).

İstatistiksel araçlarda bilgi elde edebilmek için landmarkların homolog olması gerekmektedir. Lakin bazı eğriler ve yüzeyler üzerinde bilgi almak için homolog noktalar bulunmayabilir, bu yüzden "eksik","yarı işaret" veya "semilandmark" (Şekil 1.6) dediğimiz noktalar araştırmaya yön verebilmektedir (Gunz ve ark., 2005).



**Şekil 1.6.** Landmarklar ve Semilandmarklar (Gunz ve Mitteroecker, 2013).

### 1.2. Kafatası

Biyolojik antropolojinin adli antropoloji, biyoarkeoloji, paleoantropoloji gibi alanlarında iskeletle cinsiyet belirlenmesi önemli bir yer almaktadır. Biyolojik profil oluşturmak için biyolojik yaş, boy uzunluğu, vücut kitlesi tahmini gibi bir çok standart cinsiyete özgü özelliklerdir. Kafa iskeletinde, biyolojik yaş, sağlık durumu, etnik köken gibi bilgilerle kilit bir bileşen oluşturulmaktadır ve iskelette, bireyin cinsiyetinin belirlenmesinde pelvisten (kalça iskeletinden) sonra ikinci en önemli morfolojik farklılıklar içeren bölümü olarak kabul edilmektedir (Bove ve ark., 2019).

İnsan iskeletindeki bazı özellikler sadece morfolojik olarak değerlendirilebilir. Mandibular ramusun eğilimi bu tür özelliklerden biridir ve bir çok araştırmacı bu morfolojik özelliği kullanarak çok farklı sonuçlar elde etmişlerdir (Oettle ve ark., 2005).

Yermani ve Soto (2004) kafatası üzerinde seksüel dimorfizmi incelemek için 2 boyutlu geometrik morfometri yöntemini uygulayarak Şili popülasyonuna ait 131 kafatasının ön ve sol lateral görünümlerini incelemişlerdir. Kafanın önden görünümünden kadın ve erkek cinsiyeti arasında önemli derecede farklılıklar belirlenmiştir. Bu çalışmada erkeklerde yüz bölgesinin dikey ve yatay genişlemesine karşın, kadınlarda ise bunun aksine yüz bölgesinin dikey olarak genişlediği ve yatay olarak daraldığı sonucuna varılmıştır. Bu araştırmaya göre kafatasının lateral görünümü boyut değişkeni için önemli farklılıklar göstermiştir (Yermani ve Soto, 2004).

Robin J. Hennessy ve diğerleri (2002) Serebro-Kraniyofasiyal Morfogenezin bir indeksi olarak Kraniyofasiyal şekle 3 Boyutlu Lazer Yüzey Taraması ve Geometrik Morfometri Analizini uygulayarak seksüel dimorfizm üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Sayısallaştırma (dijitalleştirme) teknolojileri artık kraniyofasiyal yüzey işaretlerinin 3 boyutlu kaydına ve geometrik morfometri yöntemini kullanarak kraniyofasiyal şekil farklılıklarının modellenmesine izin vermektedir.

Seksüel dimorfizm üzerinden yapılan bu araştırmada örnek olarak, taşınabilir ve elde taşınabilir lazer tarayıcısı vasıtasıyla, 82 kadın ve 49 erkek olmak üzere toplam 131 Tıp Fakültesi çalışanının yüzlerindeki belirli yüzeyler 3 boyutlu olarak kaydedilmiştir. Daha sonra geometrik morfometri yöntemi kullanılarak bu 3 boyutlu koordinat verileri analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda erkek ve kadınlarda kraniyofasiyal analizi belirgin şekilde farklılık gösterdiği, şekil değişkenliğinin 16 temel bileşeninin lojistik regresyon analizi, toplam örnek varyansının %84,9'unu açıklarken, anlamlı ve bağımsız ayırıcı olarak 8 temel bileşen ortaya çıkarılmıştır. Görselleştirmede, kadın yüzü daha geniş ve daha düz; gözler daha lateral, önde ve daha uzaktadır, burun köprüsü arkada ve daha küçüktür; dudaklar ise daha dolgun, çene daha öndedir. **Bu bulgular serebral yapılardaki seksüel dimorfizmi ön plana taşıyacak niteliktedir** (Hennessy ve ark., 2002). Aynı şekilde kafatasının iskelet oluşumu da bu belirginliklere yön vermektedir. Bu yüzden bu araştırmayı iskelet üzerinde yapılan Geometrik Morfometri uygulaması olarak ele almak mümkündür.

Geometrik Morfometri yöntemi ile ilgili antik toplumlara ait iskeletler üzerinde yapılan araştırmalar çok az sayıdadır. Türkiye'de yapılan araştırmalardan birisi ise Ahmet İhsan Aytek'in (2016) doktora tezi araştırmasıdır. Bu çalışma, Anadolu'nun ayrı-ayrı bölgelerinden 8 farklı arkeolojik kazılardan elde edilen 120 kafatası üzerinde yapılmıştır, ancak bulunan kafataslarının bazıları tam şeklini koruyamadığı için kafatasının arka ve üst, yan ve yüz şekillerinde belirli landmarklar ele alınmıştır (Aytek, 2016).

Kafatasının arka ve üst tarafındaki şekilleri cinsiyetler arasında önemli sayılacak bir fark göstermemekle birlikte, yan ve ön yüz tarafındaki şekillerin farklı sonuçlar vermesi, bu bölgelerde şekli oluşturan öğe sayısının daha fazla olması ile açıklamak mümkündür. **Şekil farklılıklarının ortaya çıktığı noktalar, genellikle cinsiyet**

**belirlemede kullanılan morfolojik özelliklerin yerleştiği noktalar ile de kesişmektedir** (Aytek, 2016).

Kafatasından cinsiyet belirleme geometrik morfometri yöntemiyle yapıldığında nesnel; kafatasının morfolojisine dayalı olarak yapıldığında öznel sonuçlar ortaya konmaktadır. Nesnel sonuçlar iskeletten cinsiyet belirlemede somut veri sağlamakta ve adli antropolojik materyalede de uygulanabilecek bir yöntem niteliği taşmaktadır (Aytek, 2016).

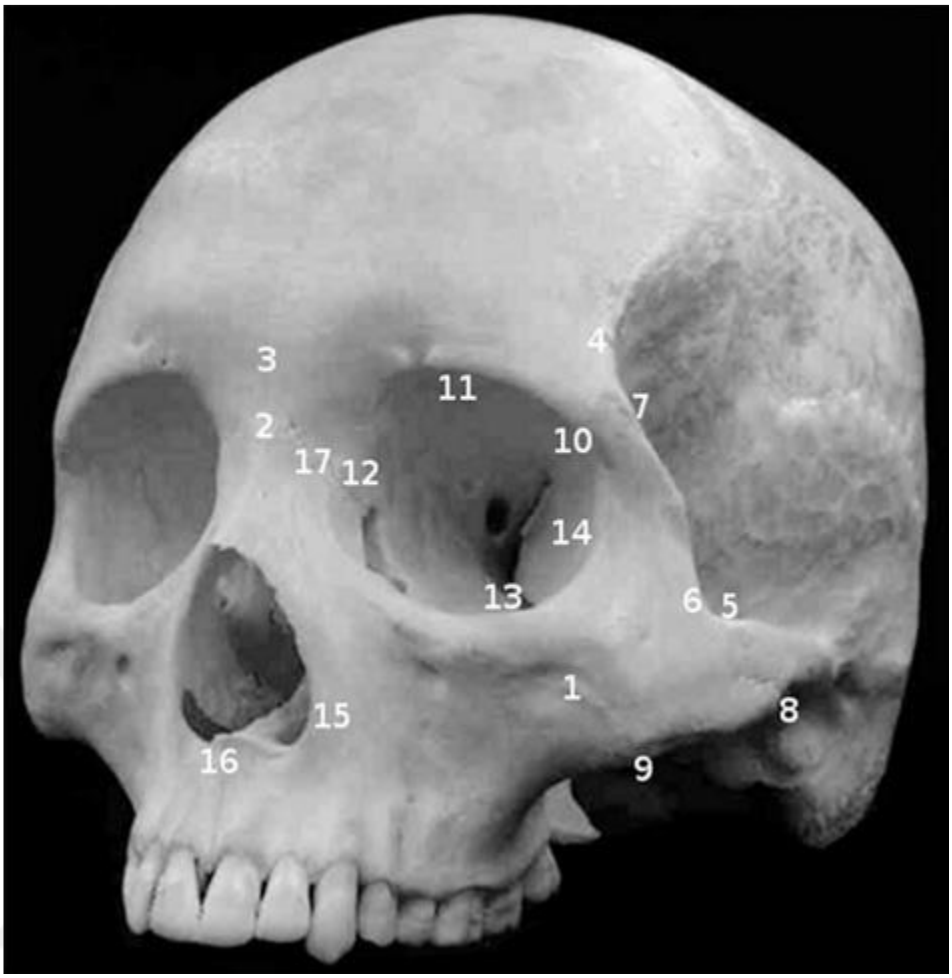
Gonzalez ve diğerleri (2009) Geometrik Morfometri yöntemi kullanarak Kraniyofasiyal özelliklerin seksüel dimorfizminin kafatası üzerindeki analizini yapmışlardır. Bu çalışmada, geometrik morfometri yönteminin uygulandığı insan iskeleti örneklerinde kraniyal seksüel dimorfizm durumu değerlendirilmiştir. Coimbra kolleksiyonundan cinsiyeti bilinen 125 erişkin kafatasında yapılan bu araştırmada: glabella, mastoid, frontal ve zigomatik çıkıntıları tanımlamak için bir dizi koordinat noktası seçilmiştir. Temel bileşen analizi (PCA) her iki cinsiyette yüksek derecede üst üste binme göstermiş ve bu nispeten düşük derecede dimorfizm olduğu sonucuna varılmıştır. Tersine, yani merkez boyutu temel bileşen analizine dahil edildiğinde kadınlar ve erkekler birinci bileşen boyunca büyük bir ayrılma sergilemişler. Diskriminant ve k-ortalama kümeleme analizi doğru atamanın yüksek değerlerini elde etmelerini sağlamıştır. Yani analiz edilen özellikler erkeklerin daha büyük ve daha sağlam özellikleriyle ilgili belirgin cinsiyet farklılıkları gösterdiğini ortaya çıkarmıştır (Gonzalez ve ark., 2009). Kısaca, sonuçlar cinsiyet belirlemede geometrik morfometri yönteminin uygulanmasının görsel ve geleneksel yöntemlere göre bazı avantajları olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, farklı popülasyonlardaki seksüel dimorfizmin derecesini ve modelini ayırt edip nesnel olarak karşılaştırmak için uygun bir yöntemdir (Gonzalez ve ark., 2009).

Bove ve diğerleri (2019) 163 kafatasının (75 kadın, 88 erkek) kalvaryumunu analiz ederek hangi kraniyal bölgelerin cinsiyete göre daha dimorfik olduğunu tespit etmeye çalışmışlardır. Bu araştırmacıların 50 landmark ve 500 semilandmark üzerine yaptıkları araştırmada Morpho, Arothon ve geomorph R paketlerini uygulayarak bu

koleksiyonda kadın ile erkek kalvaryumundaki seksüel dimorfizmin belirgin olduğunu ortaya koymuşlardır (Bove ve ark., 2019).

Semin Barutçu'nun (2012) Cr6bInd tekniği ile kimliği bilinmeyen 24 kafatası (12 kadın, 11 erkek) üzerinde cinsiyeti belirlemeye yönelik yapmış olduğu çalışmasında: İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Modern Türk toplumuna ait 19 kafatası ve İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Laboratuvarında ders materyali olarak 5 kafatası değerlendirmiştir. Bu materyalin 12 si kadın, 11 i erkek olarak tanımlanırken, 1 kafatasının analizi yapılamamıştır. Bu çalışmaya göre kullanılan yöntem ile kısa zamanda doğru ve güvenilir sonuca ulaşılabileceği anlaşılmıştır (Barutçu, 2012).

Chovalopoulou ve diğerleri (2016) 20.Yüzyılda Yunanistan'da yaşamış olup cinsiyeti bilinen 176 kafatası (94 erkek, 82 kadın) üzerinde yapmış oldukları araştırmada **MicroScribe 3DX kontak sayısallaştırıcı** kullanmışlardır. Kadınlar ve erkekler arasındaki istatistiksel şekil farklılıklarını ortaya koymak için Goodall`ın F testi, istatistiksel analiz için şekil ve boyut değişkenlerini elde etmek için Genelleştirilmiş Procrustes Analizi (GPA) uygulanmıştır. 31 ekto-kraniyal yer işaretinin (Şekil 1.7) 3 boyutlu koordinatlarına esasen yapılan araştırmanın sonuçlarına göre, yüzün üst kısmında ve orbital bölgelerde cinsiyetler arasında şekil farklılıkları görülmüştür. En yüksek oran ise yüzün üst kısmındaki bölgeden elde edilmiştir. Bu çalışmaya göre kraniyofasiyal ve orbital bölgelerin sendroid boyutu erkeklerde kadınlara oranla daha büyük bulunmuştur. Çalışmada seksüel dimorfizm için yüzün üst kısmındaki boyutun da önemli olduğu vurgulanmıştır (Chovalopoulou ve ark., 2016).




**Şekil 1.7.** Kraniyofasiyal bölgede landmarkların yerleşimi (Chovalopoulou ve ark., 2016).

Şahiner (2007) araştırmasında 15-17 yaşlarında voleybolla ilgilenen genç 12 erkek ve 13 kadının sol lateral kraniyofasiyal ve mandibular röntgenlerini kullanarak Genel Procrustes Analizi (GPA), sonrasında Temel Bileşen Analizi (PCA) uygulamıştır. Homolog landmarklar erkekler ve kadınlarda karşılaştırıldığı zaman geometrik farklılıklar tespit edilmiştir (Şahiner, 2007).

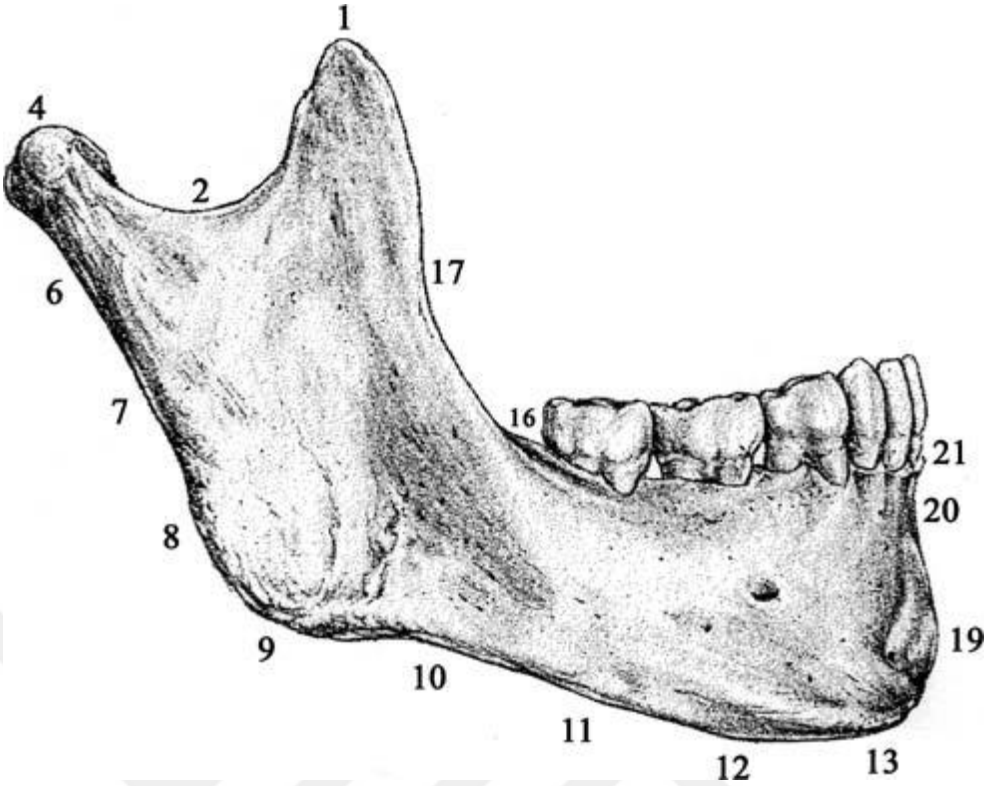
Perlaza (2014) erkekler için ortalama 28 (±4), kadınlar için ortalama 30 (±6) yaşlarda, yaşları 18-40 arası değişen 30 erkek, 30 kadın lateral radyografisini kullanarak frontal kemiğin Geometrik Morfometri yöntemiyle cinsiyet tayini araştırmasını yapmıştır. İnce plaka spline'lar, erkeklerde glabella bölgesinin güçlü bir şekilde genişlemesini , kadınlarda ise daralma olduğunu kanıtlamıştır. Boyut açısından cinsiyetler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bulgular, cinsiyet tayininde nicel bir yöntem olarak geometrik morfometri yönteminin kullanımını yeniden

doğrulamanın yanı sıra, glabella bölgesinde şekil ve boyutta farklılıklar olduğunu öne sürmektedir (Perlaza, 2014).

Nor ve diğerleri (2020) seksüel dimorfizmi incelemek için 113 yetişkin (48 kadın, 65 erkek) mandibulanın 2 boyutlu görüntüleri üzerine 12 işaret yerleştirmiş ve Morphoj yazılımı ile analiz etmeye başlamışlardır. İlk beş temel bileşen, %83.64 kümülatif varyansla morfolojik varyansı temsil edecek şekilde alınmıştır. Sınıflandırma doğruluğu %91.96 olarak elde edilmiş ve varyans görselleştirmesi, kadınlar ile erkekler arasında önemli derecede farklılıklar olduğunu öne sürmüştür. Geometrik morfometri yöntemi mandibulanın seksüel dimorfizmini incelemek için iyi bir yöntemdir. (Nor ve ark., 2020).

Oettle ve diğerleri (2009) Güney Afrika'dan kökeni Afrika olan yetişkin 28 kadın, 46 erkek mandibulası üzerinde seksüel dimorfizmi belirleme amaçlı geometrik morfometri yöntemini uygulamışlar. Dijital kamerayla sabit pozisyonda gonial eversiyon görünecek şekilde mandibulaların arka yüzü çekilmiş, istatistiksel analizden sonra kadınların %71.4'ünün ve erkeklerin %73,9'unun doğru bir şekilde cinsiyetlerinin belirlenebileceğini ortaya koymuşlardır (Oettle ve ark., 2009).

Franklin ve diğerleri (2008) cinsiyeti ve yaşı bilinen, yetişkin olmayan Güney Afrika Bantu ve Afrika kökenli Amerikalı 79 bireyin iskelet kalıntılarından ölüm yaşını tahmin etmek için mandibula üzerinde geometrik morfometri yöntemini (Şekil 1.8) uygulamışlar. Cinsiyetleri bir araya getirmeden önce yetişkin olmayan örnekte bulunan seksüel dimorfizm derecesini değerlendirmek için yaklaşık 15 yaşına kadar kayda değer bir dimorfizm belirlenememiştir. Bu nedenle, mevcut çalışma ile ilgili olarak, örneklem sayını artırmak ve nispeten homojen bir örneklemde cinsiyet belirleme daha iyi sonuçlar verebilir (Franklin ve ark., 2008).




**Şekil 1.8.** Mandibula'nın lateral görünümü üzerindeki landmarkların yerleşimi (Franklin ve ark., 2008).

Oettle ve diğerleri (2005) bilgisayarlı geometrik morfometri yöntemini kullanarak Afrika kökenli 28 kadın ve 43 erkek bireyin mandibular rami kısmını fotoğraflayarak incelemiş ve grafikte kadınların şekil olarak daha değişken, erkeklerin ise şekil olarak daha sabit olduğunu ortaya çıkarmışlar. Kadınlara ait mandibular rami'nin erkeklere oranla düz olma eğilimi göstermesi cinsiyetler arasında önemli örtüşme olduğunu göstermiştir. Lakin bu farklılıklar tek bir bireyin cinsiyetini belirlemek için yeterli değildir (Oettle ve ark., 2005).

Chovalopoulou ve diğerleri (2013) 20. Yüzyılda Yunanistan'da yaşamış olan ve cinsiyeti bilinen 176 kafatası (94 erkek, 82 kadın) üzerinde 3 boyutlu geometrik morfometri yöntemini uygulayarak damak ve kraniyal taban kısmındaki seksüel dimorfizmi değerlendirmişlerdir. 30 ektokraniyal yer işaretinin üç boyutlu koordinatları ele alınarak, MicroScribe 3DX yazılımıyla sayısallaştırılmış ve sonrasında Genelleştirilmiş Procrustes Analizi (GPA) yapılmıştır. Erkeklerde damak

daha derin ve uzun olarak belirlenmiş, kraniyal taban damağa kıyasla daha iyi sınıflandırma sonuçları vermiştir. Sonuçlar cinsiyetler arasında seksüel dimorfizm olduğunu göstermiştir (Chovalopoulou ve ark., 2013).

Franklin ve diğerleri (2007) cinsiyetler ve popülasyonlar arasındaki şekil varyansyonunun önemini değerlendirmek için Güney Afrika ve Amerika kökenli iki farklı popülasyondan alınan 70 mandibula üzerinden 38 çift taraflı 3 boyutlu landmark alınmış ve Microscribe G2X ve morphologika yazılımı vasıtasıyla incelenmiştir. Bantu popülasyonunda kadın mandibulaları erkeklere nispeten kısa ramusa ve düşük korpus yüksekliğine, daha arkada yerleşen kondile, nispeten kısa koronoid çıkıntıya; Kafkasyalı popülasyonda erkek mandibulaları kadınlara nispeten daha dikey kondile, yüksek ramusa sahip olduğu belirtilmiştir. İki popülasyon birlikte incelendiğinde ise Bantu popülasyonuna ait mandibula nispeten kısa, ramus kısmının geniş olması, mandibular çentiğin genişliği ile karakterize edildiği gözlemlenmiştir. Kafkas popülasyonuna ait mandibula "sivri çene" özelliği ile karaterize edilmiştir. Her iki popülasyonda kondil ve ramus daha fazla seksüel dimorfizmi ortaya çıkarmıştır (Franklin ve ark., 2007).

Kimmerle ve diğerleri (2008) 118 Amerikalı Beyaz ve Siyah erkek ve kadınlar üzerinde 16 standart kraniyofasiyal işaretin 3 boyutlu koordinatları, Microscribe 3DX ve MANCOVA prosedürünü uygulayarak şekil farklılıklarını test etmişlerdir. Cinsiyetin hem Amerikalı Beyazlar, hem de Siyahlar için şekil üzerinde önemli bir etkisi vardı (Kimmerle ve ark., 2008).

Claes ve diğerleri (2012) genç yetişkinlerden (18-25 yaş) oluşan örneklem üzerinde yaptıkları araştırmaya göre erkek yüzünde kadınlara göre daha fazla farklılıklara rastlanılmıştır. İstatistiksel anlamda önemli derecede seksüel dimorfizm söz konusu olmuştur (Claes ve ark., 2012).

Bigoni ve diğerleri (2010) kafatasında seksüel dimorfizmin belirgin olduğu bölgeleri tanımlamak amacıyla 20.Yüzyılın ilk yarısında Bohemya'da yaşamış cinsiyeti bilinen 139 kafatası (73 erkek ve 66 kadın) üzerinde orta sagital eğrini

kapsayan 82 ekto-kraniyal landmark ve 39 semilandmarkın 3 boyutlu koordinatlarını Microscribe G2X kullanarak incelemişlerdir. Buna göre kafatasını bir bütün olarak incelemek yerine bölünebilir kısımlarını incelemenin daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Kafatasının orta sagital eğrisi, yüzün üst kısmı, burun bölgesi, orbital kısımlar ve damak kısmında seksüel dimorfizm olduğu belirlenmiştir (Bigoni ve ark., 2010).

Franklin ve diğerleri (2007) yetişkin olmayan bireylerde mandibulanın cinsiyet belirlemede kullanılıp kullanılamayacağını araştırmak amacıyla yaşı ve cinsiyeti bilinen 96 yetişkin olmayan örnek üzerinden 38 landmarkın 3 boyutlu koordinatlarını Morphologika kullanarak analiz etmişler, sonuçlar ise yetişkin olmayan bireylere ait mandibulaların dimorfik olmadığını göstermiştir (Franlin ve ark., 2007)

Green ve Curnoe (2009) Güneydoğu Asya kafataslarında seksüel dimorfizmi ölçmek amacıyla 144 kafatasında (89 erkek, 55 kadın) toplam 35 tek taraflı ve orta hat dönüm noktası koordinatlarını Morphologika kullanarak incelemişlerdir. Elmacık ve orbital sonrası bölgeler boyunca göreceli yüz genişliği ve kraniyal kubbe genişliğini belirtmişlerdir. Boyutlardakı farklılıklarla beraber, seksüel dimorfizm olduğu da görülmüştür (Green ve Curnoe, 2009).

Franklin ve diğerleri (2012) Avustralyalılarda cinsiyeti belirlemek için kraniyal formu kullanmanın doğruluğunu araştırmak üzere OsiriX kullanılarak 200 yetişkin bireyin kafatasından 46 landmark elde etmişlerdir. Araştırma kafatası şekli ve boyutunda seksüel dimorfizmin olmasıyla sonuçlanmıştır (Franklin ve ark., 2012).

### 1.3. Pelvis

Cinsiyet belirleme, kadın ve erkeklerin sahip olduğu farklı kemik morfolojilerine bağlıdır. Üreme nedeniyle her iki cinsiyet tüm pelvis, özellikle coxae kemiğinde farklı

özellikler gösterir (Gonzalez ve ark., 2017). Pelviste yer alan büyük siyatik çentik genişliği de cinsiyeti belirlemek için kullanılan yaygın bir özelliktir (Steyn ve ark., 2004). Büyük siyatik çentiğin objektif olarak değerlendirilmesi zorluklardan uzak değildir (Veleminska ve ark., 2013). Adli tıpta ilia analizi de yaşı ve cinsiyeti bilinmeyen bireyler için kullanılır (Estevez ve ark., 2017).

San-Millan ve diğerleri (2017) İber Yarımadası'ndan belgelenmiş üç farklı iskelet kolleksiyonundan 682 os coxae üzerinde asetabulumun yaş ve cinsiyete bağlı şekil değişikliğini araştırmayı amaçlamış ve iki landmark, otuz iki semi-landmark elde edilerek geometrik morfometrik inceleme yapılmıştır. Sonuçlar boyut, yaş ve cinsiyetin asetabular şekil varyasyonunu önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Seksüel dimorfizm 65 yaşından küçük bireylerde daha fazla gözlemlenmiş ve geniş asetabular kenar, daha dar asetabular çentikler, küçülmüş asetabular fossa erkeklerle karakterize edilmiştir (San-Millan ve ark., 2017).

Bytheway ve Ross (2010) 200 Afrika kökenli Amerikalı ve Avrupa kökenli Amerikalı yetişkin erkek ve kadına ait os coxae üzerinde 36 landmark belirlemiştir. MANCOVA sonuçları cinsiyet ve boyutun Avrupa kökenli Amerikalılar için şekil üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Diskriminant analiz Avrupa kökenli Amerikalılar için cinsiyet belirleme doğruluğunun hem erkekler hem de kadınlar için %98, Afrika kökenli Amerikalı kadınlar için %98 ve Afrika kökenli Amerikalı erkekler için %100 olarak sonuçlanmıştır (Bytheway ve Ross, 2010).

Gonzalez ve diğerleri (2017) İspanyol arkeolojik koleksiyonundan toplam 46 yetişkine ait os coxae'nı geometrik morfometri yöntemini kullanarak incelediler. Sonuçlar erkek koksa kemiği üzerinde geniş varyasyon sunarken, kadın koksa kemiğinin şekli üzerinde kısıtlama olduğu görülmüştür. 24 sol ve 22 sağ koksa kemik örneği üzerinde farklı yöntemler kullanan üç araştırmacı da 25 erkek ve 21 kadın koksa kemiği için aynı fikirdeydi. DSP (Diagnose Sexualle Probabiliste) yöntemi seksüel dimorfizmi belirgin şekilde ortaya koymuştur (Gonzalez ve ark., 2017).

Steyn ve diğerleri (2004) Güney Afrika kökenli 115 bireye ait pelvis üzerinde büyük siyatik çentikleri geometrik morfometri yöntemi kullanarak incelediler. Siyah erkeklerin tipik dar çentiklere, siyah ve beyaz kadınların ise tipik geniş çentiklere sahip olduğu görülmüştür. Beyaz erkekler çok geniş çeşitlilik göstermiş ve bu yüzden bu popülasyon grubunda cinsiyet belirlemede büyük siyatik çentiğin kullanılmasının uygun olmadığı kararına varılmıştır (Steyn ve ark., 2004).

Veleminska ve diğerleri (2013) iki farklı popülasyona ait 229 örnek üzerinden büyük siyatik çentiğin cinsiyet belirlemedeki önemini araştırmışlar. Vardıkları sonuç ise uygun büyük siyatik çentiği eğrisi temsili, geometrik morfometri yaklaşımı ve SVM (Support Vector Machine) analizi kullanılarak çok popülasyonlu örnekler için stabil olan cinsiyetler arasında ayrım elde etmenin mümkün olduğunu göstermiştir (Veleminska ve ark., 2013).

Jungerova ve diğerleri (2015) geometrik morfometri yöntemini uygulayarak 315 bireye ait 611 coxae kemiği üzerinde 45 landmark tanımlamış ve HIP1.0 (High-sensitive Innominate Processing) yazılımı vasıtasıyla incelemişlerdir. Doğru şekilde atanmış erkek kemiklerinin frekanslarının biraz daha yüksek olduğu ve her iki cinsiyette de doğrulukların iliaktan pubik görünüme ve bunların kombinasyonlarına doğru hafifçe arttığı görülmüştür. Bu yazılımla yapılmış olan bu test boyut faktörlerini dahil etmeden şekil değişkenlerine göre cinsiyet belirleme yeteneğini göstermiştir (Jungerova ve ark., 2015)

Estevez ve diğerleri (2017) San Jose'nin mezarlığından tanımlanan koleksiyondaki yetişkin olmayan bireylerin ilium'undan seksüel dimorfizmi analiz etmişlerdir. Doğum ile 1 yaş arasındaki 40 erkek ve 31 kadına ait 71 sol ilium incelenmiştir. İlium'un üzerinde 3 landmark ve 27 semilandmark yerleştirilmiş ve temel bileşen analizi yapılmıştır. ilia'nın şekli ve boyutunun kadın ve erkekleri ayırt etmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Estevez ve ark., 2017). Araştımanın sonucu, siyatik çentik ve aurikular yüzeyin şeklini tanımlamak için landmarklar ve semilandmarkların kullanılmasının, hem boyut hem de şekil değişkenleri ele alındığında erkeklerde (%82.9) ve kadınlarda (%73.3) yüksek başarı değerlerine

ulaştığını göstermektedir. Aynı zamanda, yetişkin olmayan erkeklerin, yetişkin olmayan kadınlara göre daha derin ve dar siyatik çentiklere sahip olduğu sonucuna varmışlar. Elde edilen sonuçlardan bir diğeri kadınların aurikular yüzeyi alt kenardaki siyatik çentiğe erkeklere göre daha paralel uzanması olmuştur. Estevez ve diğerleri (2017) yetişkin olmayan bireyler üzerinde araştırma yaparken ontogenetik farklılıkların da dikkate alınmasını belirtmektedirler.

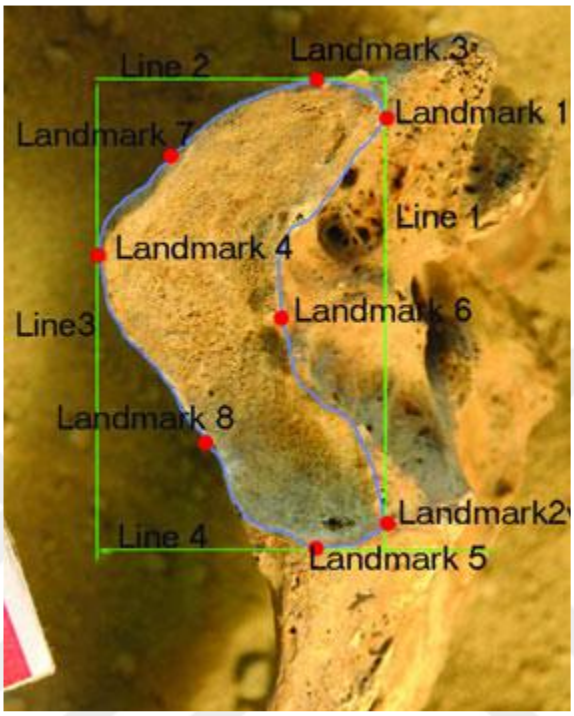
Wilson ve diğerleri (2011) yetişkin olmayan bireylerin ilium'undan cinsiyet belirlemek için geometrik morfometri yöntemini kullanmışlar. Yaş aralığını genişleterek incelemeye Lizbon koleksiyonundan 82 ilium örneğine ek olarak Londra koleksiyonundan 19 yetişkin olmayan ilium da dahil etmişler. Lizbon örneği seksüel dimorfizmi belirlemek için bu yöntemin kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca popülasyon faktörünün önemini belirtmişlerdir (Wilson ve ark., 2011).

Gonzalez ve diğerleri (2009) Coimbra Antropoloji Müzesinde bulunan belgelenmiş iskelet koleksiyonundan 121 yetişkine ait sol coxae kemiğini incelediler. Çalışmada 2 boyutlu görüntülerde ilium ve ischiopubik bölgelerinin üzerine landmark ve semilandmarklar yerleştirilmiştir. Araştırmacılar, Geometrik morfometri ve çok değişkenli istatistiklerin kullanılmasının cinsiyetler arasındaki pelvik şekil farklılıklarını ölçmek için güvenilir bir yöntem olduğu ve seksüel dimorfizmi ortaya koydukları sonucuna varmışlardır (Gonzalez ve ark., 2009).

Estevez ve diğerleri (2018) olgunlaşmamış pubis ve ischium kemiklerinin seksüel dimorfizmini analiz etmek amacıyla pubis için 58, ischium için 83 bireyden oluşan tanımlanmış, yaşı 0-1 arasında yetişkin olmayan örnek üzerinde araştırma yapmışlar. Geometrik morfometri yöntemi ve diskriminant analiz uygulanmıştır. Temel bileşen analizi iki cinsiyetin üst üste bindiğini göstermiş ve bu da düşük derecede seksüel dimorfizm olduğunu göstermiştir. Kanonik şekil analizi kadınlar ve erkekler arasında önemli değişiklikler göstermemiştir (Estevez ve ark., 2018).

Anastasiou ve Chamberlain (2012) 29 kadın ve 35 erkeğe ait ilium ve sakrumun auricular yüzeyinin dijital görüntüleri üzerine 8 landmark (Şekil 1.9) kaydetmişler.

Geometrik morfometri ve çok değişkenli istatistikler kullanılmış, analiz edilen yapıların şekline ve boyutuna göre seksüel dimorfizm belirlenmiştir (Anastasiou ve Chamberlain, 2012).




**Şekil 1.9.** Sacrum'un auricular yüzeyine landmarkların yerleştirilmesi (Anastasiou ve Chamberlain, 2012).

Sinanoğlu (2018) Havuzdere kazısından alınan 28 erkek (24-45 yaş) ve 25 kadın (27-47), toplam 53 iskelet üzerinde araştırma yapmıştır. Sağ ve sol açıdan pelvisi aynı program içinde incelemek için sol coxae kemiğine Photoscape uygulamasıyla ayna görüntüsü kullanılarak düzeltilmiştir. Acetabulum, crista iliaca ve spina iliaca'da seksüel dimorfizm anlamlı derecede gözlemlenmiştir. Auricular yüzeyin cinsiyet belirlemede önemi belirtilmiştir. Bu önemli farklılık büyük siyatik çentik üzerinde görüntülenmemiştir (Sinanoğlu, 2018).

Betti ve diğerleri (2013) farklı popülasyonlara ait pelvis üzerinde inceleme yapışlar, amaçlarıysa erkekler ve kadınlarda os coxae kemiğindeki popülasyon varyasyonunu incelemekti. Toplam 1443 yetişkin bireyin (891 erkek, 552 kadın) iyi korunmuş os coxae üzerinde 27 işaretten oluşan veriler Immersion 3D Microscribe kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz küresel düzeyde os coxae'nın önemli sonuçlar

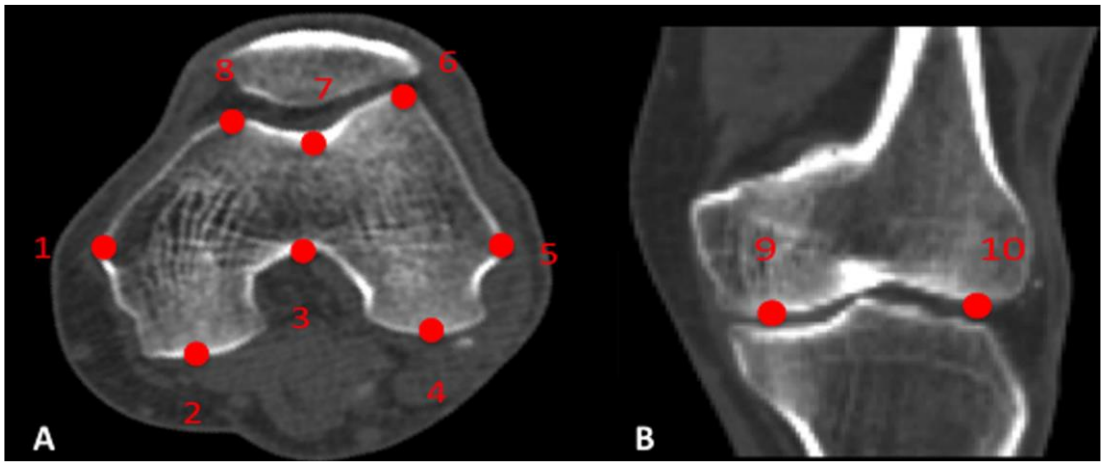
ortaya koyduğunu göstermiştir. Betti ve diğerleri (2013) insan pelvisinin kafatası gibi popülasyonlara göre farklılık gösterdiğini, pelvisdeki varyasyonların vücut büyüklüğü ve oranlarıyla ilgili bilgi vermekte sorun oluşturmadığı sonucuna varmışlar (Betti ve ark., 2013).

Gomez-Valdes ve diğerleri (2012) büyük siyatik çentikten cinsiyet belirleyebilmek amacıyla görsel, metrik ve geometrik morfometri yöntemlerini kullanarak çağdaş Meksika popülasyonuna ait 130 pelvis (%54.6 erkek, %45.4 kadın) üzerinde araştırma yapmışlar. 21-67 yaşlarında olan örneklemden alınan sonuçlar büyük siyatik çentik seksüel dimorfizmin anlamlı olduğunu göstermiştir (Gomez-Valdes ve ark., 2012).

### 1.4. Femur ve Tibia

Costello (2012) cinsiyeti ve ölüm yaşı bilinen, yalnızca bir popülasyona (beyaz) mahsus 250 bireye ait femur ve tibia kemikleri üzerinde seksüel dimorfizmi analiz etmiştir. Erkeklerin yaşı 19-96, kadınların yaşı 29-97 arasında olan bireylerin kemiklerinin proksimal ve distal epifizlerinde landmark ve semilandmarkların kombinasyonu toplanmış, Microscribe kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar en doğru cinsiyet belirleme sırasına göre öncelikle distal femur, ardından distal tibia, son olarak proksimal femur olarak belirlenmiştir. Bu araştırma hasar görmemiş, patolojik olgusu olmayan kemikler üzerinde yapılmış olsa da, diğer aşamada hasar görmüş kemiklerin incelenmesine rağmen distal femur %80'in üzerinde doğrulukla en yüksek sınıflandırma oranlarına sahip olduğu görülmüştür (Costello, 2012).

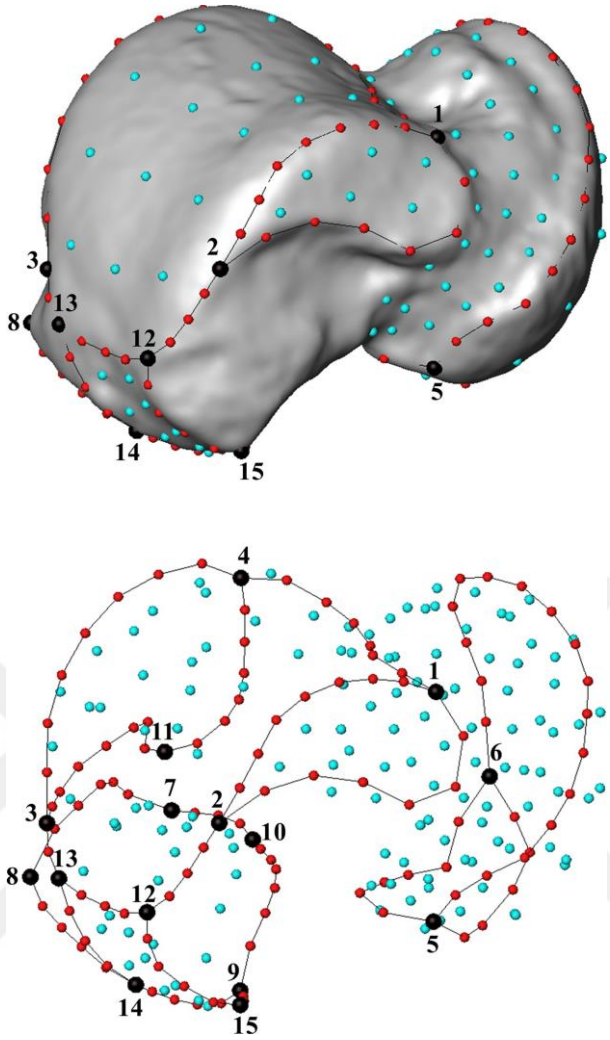
Cavaignac ve diğerleri (2016) distal femurdan cinsiyeti belirlemek amacıyla Fransa'nın güneyinde yaşayan 256 bireyin distal femurunun BT taramalarına 3 boyutlu geometrik morfometri yöntemini (Şekil 1.10) uygulamışlardır. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı çıkmış ve bu yöntemin uygulanabilirliğini göstermiştir (Cavaignac ve ark., 2016).




**Şekil 1.10.** Aksial (A) ve frontal (B) BT görüntülerinde landmarkların konumu (Cavaignac ve ark., 2016).

### 1.5. Talus

Sorrentino ve diğerleri (2020) modern insan talusunda seksüel dimorfizmi grup içi ve gruplar arası popülasyon seviyelerinde araştırmak için geometrik morfometri yöntemini (Şekil 1.11) kullanarak 20.Yüzyılın başlarına ait cinsiyeti bilinen 96 talus kemiği üzerinde inceleme yapmışlardır. Örneklem Bologna'dan 39 birey (18 kadın, 21 erkek), Sassari'den 36 birey (17 kadın, 19 erkek) ve New York'tan 23 birey (9 kadın, 14 erkek) içermiştir. Talus kemiği yüksek simetri derecesine sahip olduğu için analize sol talus kemiklerini dahil etmişlerdir. Hasar görmüş iki sol talus kemiğinin yerine iki sağ talusu incelemeye dahil etmişlerdir. Bireysel olarak popülasyonlar dikkate alındığında erkekler ve kadınlar arasında önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir (Sorrentino ve ark., 2020).

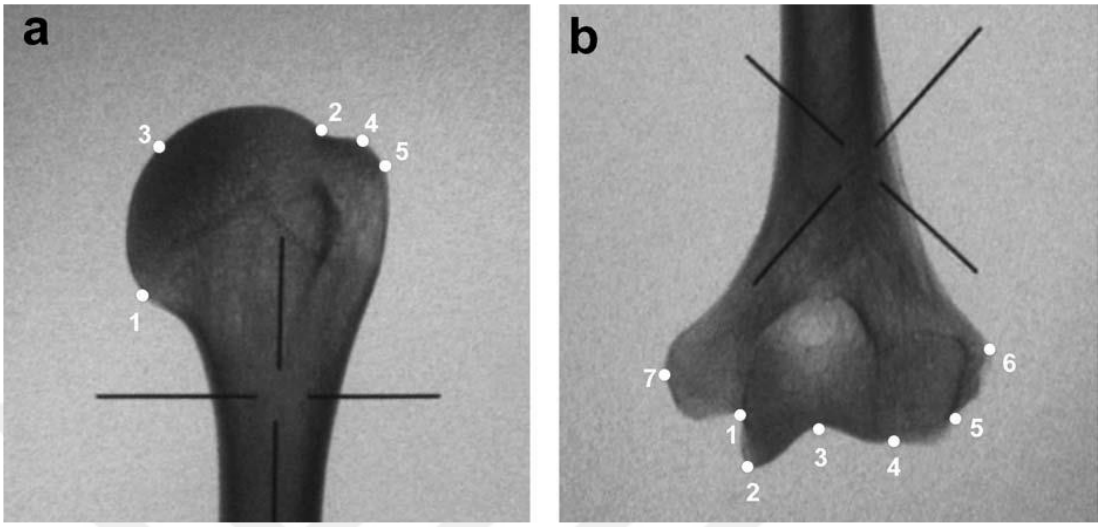



**Şekil 1.11.** Sol talus üzerinde landmark ve semilandmarklar (Sorrentino ve ark., 2020).

### 1.6. Humerus

Kranioti ve diğerleri (2009) humerustan cinsiyeti belirlemek amacıyla çağdaş Yunan popülasyonuna ait, iyi korunmuş 97 yetişkin bireye mahsus sol humerusun radyografi görüntülerini almış ve geometrik morfometri yöntemini uygulamışlar. Proksimal epifizin radyografisinde 5 landmark, distalde 7 landmark (Şekil 1.12) seçilmiştir. Alınan sonuçlara göre kadınlarda büyük tüberkül daha pürüzsüz, üst kenarı daha az belirgin, nispeten kare şeklinde distale sahipken, erkeklerde daha dikdörtgen

bir şekilde olduğu belirtilmiştir. Araştırmanın sonucunda hem şekil farklılıkları, hem de boyuta göre seksüel dimorfizmin belirginliğini belirtmişler (Kranioti ve ark., 2009).

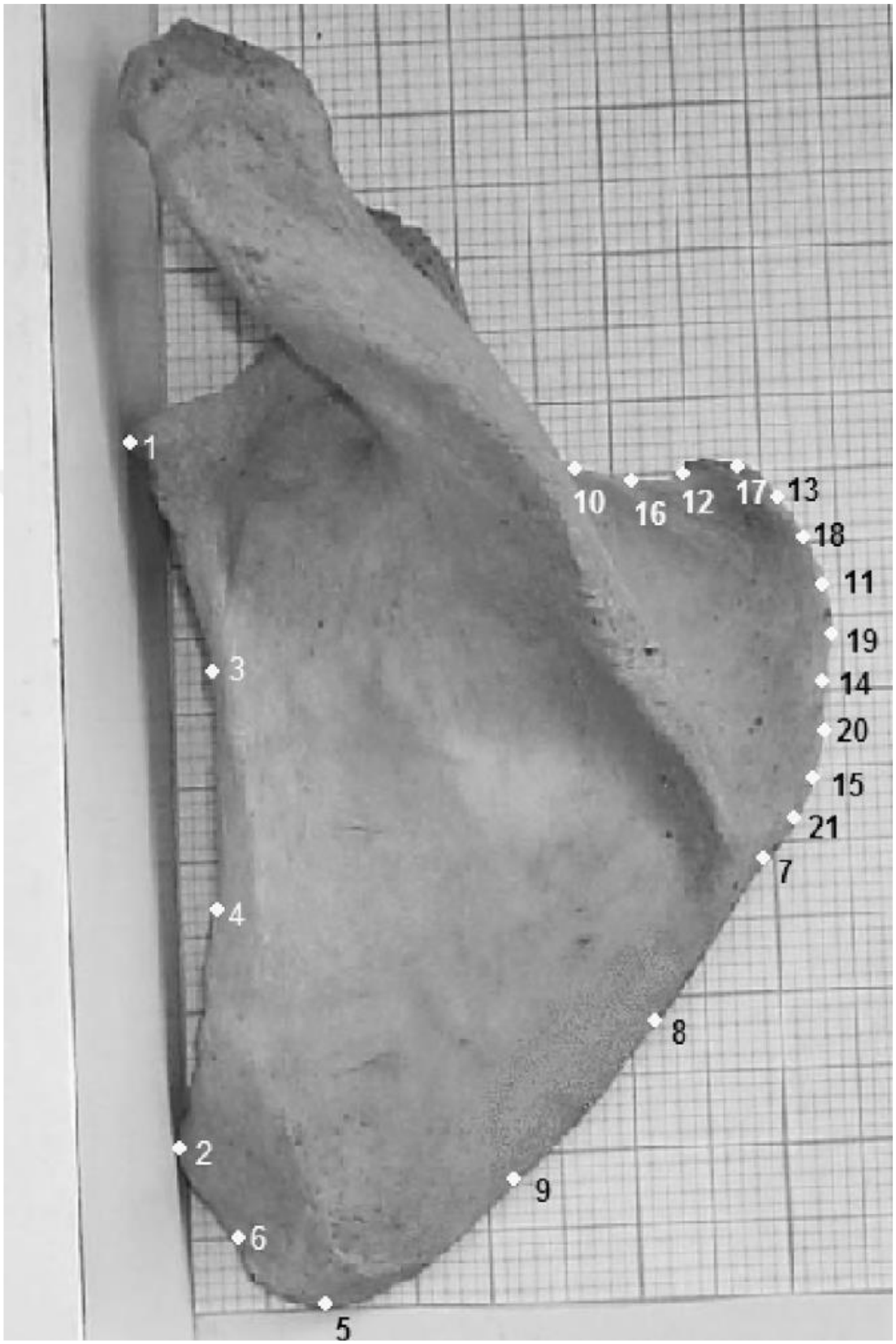



**Şekil 1.12.** Proksimal (a) ve distal (b) humerusun radyografisi üzerinde landmarklar (Kranioti ve ark., 2009).

Vance ve Steyn (2013) Güney Afrikalılara ait 155 kadın ve 175 erkek humerusunu arka ve alt konumlarından fotoğraflayarak üzerine homolog landmark atamışlardır. Geometrik morfometri yöntemini kullanarak olekranon fossa, troklear simetri ve medial epikondilin açısını değerlendirmiş ve bunların iskelet kalıntılarında cinsiyetin belirlenmesinde kullanabilirliğini doğrulamışlardır (Vance ve Steyn, 2013).

### 1.7. Scapula

Scholtz ve diğerleri (2010) cinsiyeti bilinen 45 yetişkin siyah erkek ve 45 yetişkin siyah kadının scapula kemiği üzerinde geometrik morfometri yöntemini uygulamak üzere 21 homolog landmark (Şekil 1.13) atamışlardır. Kadınların lateral ve medial sınırları daha düzken supraspinöz fossa erkeklere göre daha dışbükey kavislidir. Sonuçlar cinsiyetler arasında dimorfizm olduğunu göstermiştir (Scholtz ve ark., 2010).




**Şekil 1.13.** Üzerinde landmarklar yerleştirilmiş kadına ait sol scapula'nın dorsal görünümü (Scholtz ve ark., 2010).

# 2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma literatür taramasına dayalı bir çalışma olup, son yıllarda gelişmekte olan "Geometrik Morfometri" yönteminin adli antropoloji biliminde uygulanabilirliği üzerine kurulu bir çalışmadır. Bu tezde, geometrik morfometri yöntemiyle iskeletten cinsiyet tayini üzerine yapılan çalışmalar değerlendirildikten sonra yöntemin kullanılıp kullanılamayacağı tartışılmıştır. İnsan iskeletini oluşturan farklı kemiklerin geometrik morfometrik analizi üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda yöntemin hangi kemiklerde uygulanabilirliği incelenerek karşılaştırılmış ve geometrik morfometri yönteminin avantajları ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır.

Adli antropolojik çalışmalarda en önemli konulardan biri kullanılan yöntemlerin hata payının en aza indirilmesi gerekliliğidir. Bu bağlamda, geleneksel yöntemlerle yeni yöntemler kıyaslanarak iskeletten cinsiyet belirlenirken geometrik morfemetri gibi yeni bir yöntemin hangi durumlarda nasıl uygulandığı değerlendirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca Geometrik Morfometri yöntemlerinin derlenmesi ve değerlendirilmesi üzerine yapılan bu çalışma bir derleme çalışmasıdır.

# 3. BULGULAR

Bu tezde geometrik morfometri yöntemiyle kraniyal ve postkraniyal iskelet üzerinde yapılan cinsiyet belirleme araştırmalarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmacıların 2 boyutlu ve 3 boyutlu yöntemlerle yapmış oldukları çalışmalar tek tek incelenerek değerlendirilmiştir. Adli antropologlar, iskeletten cinsiyet belirlemede pek çok farklı yöntem kullanmaktadırlar. Erişkin bireylerin iskeletlerinden cinsiyet belirlendiği gibi, erişkin olmayan bireylerin de iskeletlerinden cinsiyet belirlemek gerekmektedir. Cinsiyet belirleme üzerine geliştirilmiş olan bazı yöntemler (DNA analizi hariç) erişkin olmayan bireylerde uygulanamamaktadır veya doğru sonuç elde edilememektedir. Geometrik morfometri yöntemiyle cinsiyet belirleme bu alanda yeni bir yöntem olmasına karşın, erişkin olmayan bireylere ait iskeletlerde cinsiyet belirlemede olumlu sonuçlar vermesi bu yöntemin en önemli gelişmesi olarak değerlendirilebilir.

# 4. TARTIŞMA

Biyolojik antropolojide iskeletten biyolojik profil çıkarmanın en önemli aşamalarından biri bireyin cinsiyetini tayin etmektir. İnsan iskeletinin postkraniyal kemiklerinin çoğu, çeşitli istatistiksel modeller aracılığıyla iskelet kalıntılarından cinsiyeti belirlemek için kullanılmıştır.

Hem insanların, hem bitkilerin, hem de hayvanların şeklindeki varyasyonları belirlemek için bir çok yeni teknik uygulanmaktadır. Geometrik morfometri, bu şekil farklılıklarını ölçmek ve görselleştirmek için metodoloji sunan bir yöntemdir. Geometrik morfometrik yaklaşımlar, metrik olmayan tekniklerin aksine, yüksek oranda tekrarlanabilmekte ve daha yüksek doğrulukla geniş çapta uygulanabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, insan iskeleti üzerinde cinsiyeti belirlemek için geometrik morfometri yönteminin uygulanabilirliği üzerine yapılan araştırmalar değerlendirilerek adli antropolojide bu yöntemin uygulanmasının pozitif ve negatif yönleri ele alınmıştır. Geometrik morfometri yönteminin uygulandığı iskeletin farklı kısımlarından seksüel dimorfizm üzerine yapılan araştırmalar bu çalışmanın materyali olarak ele alınmıştır. Araştırmaların büyük çoğunluğu geometrik morfometri yönteminin iskeletten cinsiyet belirlemede kullanılabilirliğini gösterirken, bazı araştırmalar popülasyona veya bireye dayalı olarak seksüel dimorfizmi belirgin şekilde ortaya koyacak sonuçlar sunmaması nedeniyle yöntemin güvenilir bir şekilde uygulanamayacağını göstermiştir. Ancak bu yöntemin kullanılabilirliği geleneksel yöntemlerle değerlendirilemeyen parçalı kemik radyografilerinde gözlenen şekil farklılıklarına dayalı olarak cinsiyet belirlenmesine dayanmaktadır. Geometrik morfometri teknikleriyle yapılan bu gibi araştırmalar iskelet kalıntılarından cinsiyeti belirlemek için alternatif bir yol sunmaktadır.

Geometrik morfometrinin en önemli avantajlarından birisi, şekil farklılıklarının doğrudan resim veya bilgisayar animasyonları olarak görselleştirilebilmesi olmakla birlikte, bu metotda kullanılan cihazların pahalı ve taşınabilen nitelikte olamayışı bu yöntemin dezavantajı olarak değerlendirilebilir. Ancak adli antropolojide kimliği bilinmeyen kayıp bir şahsın iskeletinin kimliklendirilmesine yönelik olumlu sonuçlar elde edileceği düşünüldüğünde bu yöntemin dezavantajları görmezden gelinerek, avantajı dikkate alınmalıdır. Örneğin geleneksel yöntemlerle yeni doğan ve yetişkin olmayan bireylerde DNA analizi yapılmadığı takdirde cinsiyet belirlemek neredeyse mümkün görünmemektedir, erişkin olmayan bireylerde geometrik morfometri yöntemi kullanılarak cinsiyet belirlenebilecektir.

Geleneksel morfometri yöntemiyle yapılan araştırmalarda bebek iskeletlerinden cinsiyet tayini yapmak oldukça zordur. Ancak DNA analiziyle bebeğin cinsiyetini belirlemek mümkün olmakla birlikte, çoğu kez iskeletin bulunduğu alanın özellikleri nedeniyle iskelette DNA korunamayabilmektedir. İşte bu durumlarda bebek ve çocuklarda cinsiyet tayini yapmak mümkün olamamaktadır. Bu konuda bir çalışma gerçekleştiren Estevez ve arkadaşları (2017) geometrik morfometri yöntemi uygulanarak 0-1 yaş arasındaki bireylerde bile cinsiyet tayininin yapılabileceği sonucuna varmışlardır. Böylece bu araştırma bize geometrik morfometri yönteminin sadece erişkinlerde değil, aynı zamanda erişkin olmayan bireylerde de olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir. Aynı zamanda Estevez ve diğerleri (2017) bu araştırmalarında ontogenez farklılıklarının da göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir. Estevez ve diğerlerinin (2018) iskeletindeki olgunlaşmamış pubis ve ischium kemikleri incelenerek cinsiyet belirlemeye yönelik yaptıkları bir diğer araştırma ise morfolojik özelliklerinden cinsiyet belirleme düşük derecede seksüel dimorfizm ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmada aynı zamanda, 0-1 yaş kadın ve erkek asetabular lunat yüzeyde morfolojisinde seksüel dimorfizm özellikleri önemli bir farklılık vermemiştir. İskeletten cinsiyet tayininde metodolojilerinin doğruluğu yetişkin olmayan bireylerde şüphesiz daha zayıf kalmaktadır ve bu grup için kabul edilebilir doğruluk yüzdesi cinsiyet sınıflandırması için en az %75'tir (De Vito ve Saunders, 1990). Bu sebeple, Estevez ve diğerlerinin (2018) araştırmasında elde edilen gruplar arası anlamlı farklılıkların bulunamaması, gelişimin ilk aşamalarında pubis ve

ischiumun morfolojisinin cinsiyet belirlemede kullanılmasını geçersiz kılmaktadır. Yetişkin olmayan bireylerde pelvis iskeleti cinsiyet ayırımında en çok kullanılan bölüm olmasına rağmen, cinsiyet belirlemede en çok ilium kanadına odaklanılmıştır.

Estevez ve diğerlerinin ilium (2017) ve pubis-ischium (2018) üzerine yaptıkları araştırmada yaş aralığı aynı olsa da sonuçlar çelişmektedir. Aynı kemiğin bölgeleri arasındaki cinsiyet göstergelerindeki bu eşitsizlik, Granada osteoloji koleksiyonundaki bebeklerde cinsel farklılaşma modelinin var olduğunu gösterir. Bu tür çalışmaların az sayıda olması, daha küçük ve daha kırılgan olan kemikler için korunma durumları nedeniyle, aynı zamanda cinsiyeti bilinen iskelet örneklerinin de azlığından kaynaklanabilir. Aynı zamanda erişkin bireyler üzerindeki araştırmalarda bu yöntemle daha iyi sonuç alınabilirken, erişkin olmayan bireyler üzerinde yapılan araştırmalarda çok iyi sonuçlar vermediği görülmüştür. Farklı popülasyonlar birleştirilerek yapılan araştırmalarda çok iyi sonuçlar alınmakla birlikte, bazı tekli popülasyonlar içerisinde yapılan araştırmaların net sonuca varılamadığı görülmüştür.

Genellikle kafatası ve pelvis bölümlerinden cinsiyet belirleme üzerine daha fazla araştırma yapıldığı görülmektedir. Bunun esas sebebi bu kemiklerin seksüel dimorfizm özelliklerini ağırlıklı olarak taşımasıdır.

Humerus, femur ve tibia gibi uzun kemikler de cinsiyet belirlemede önemli derecede değerlendirilmiştir. Bu kemiklerden yararlanılarak yapılan geometrik morfometri yöntemi araştırmalarında daha doğru sonuçlar alınabilmiştir (Kranioti ve ark., 2009; Vance ve Steyn, 2013).

Geometrik morfometri yöntemiyle scapula üzerine yapılan sadece bir araştırmaya ulaşılabilmiştir, bu araştırmadaki yeterli birey sayısının olması ve doğru yerleştirilmiş landmarklar iyi sonuç elde etmeyi sağlamıştır (Scholtz ve ark., 2010).

Geleneksel yöntemlerle cinsiyet belirleme, popülasyonlardan kaynaklı değişken sonuçlar gösterdiği durumlarda geometrik morfometri yöntemi daha iyi sonuca ulaşmamızı sağlamaktadır (Franklin ve ark., 2007; Veleminska ve ark., 2013).

Bu tez çalışması geometrik morfometri yöntemiyle cinsiyet belirlemenin hem adli antropoloji alanında araştırma yapanlara hem de biyolojik antropolojik çalışmalarda araştırmacılara ne kadar çok yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu yöntemin gelecekteki araştırmalar için genişletilebileceği birçok alan vardır. Aynı zamanda, iskelet araştırmalarında varyasyon görüldüğü zaman bu yöntem daha fazla landmark, semilandmark eklememize izin veriyor. Hem güncel hem de arkeolojik birden fazla popülasyon üzerinde çalışılması, popülasyonlar arasındaki seksüel dimorfizmi ve popülasyonlar arasındaki zamansal farklılıkları analiz etmeye yönelik olarak geometrik morfometri yönteminin uygulanabilirliğini belirlemede son derece faydalı olacaktır. Geometrik morfometri yönteminin sadece kafatası kemikleri, pelvis ve uzun kemikler üzerinde değil, aynı zamanda küçük, yassı kemikler üzerinde de genişletilmesi, hasar görmüş kemiklerin kurtarılan kısımlarına uygulanabilmesi iskeletten cinsiyet tayininde son derece önemlidir.

Geometrik morfometri yöntemi, birden fazla alana uygulanabilen önemli bir boyut ve şekil varyasyonu yöntemine dönüşmüştür. Adli bilimlerde kullanılabilirliği henüz yeni keşfedilmeye başlanıyor olmakla birlikte, morfometrik analiz için kullanımları tartışmasız olarak sınırsızdır. Bu nedenle Adli antropolojide iskeletten cinsiyet belirlemede özellikle bebek ve çocukların cinsiyetinin belirlenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır.

# 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kafataslarının önden görünümleri, seksüel dimorfizmin analizi için göze çarpan morfolojik göstergeler sunmaktadır. Yukarıdakilerle bağlantılı olarak, popülasyonun ve özellikle her bir bireyin seksüel dimorfizmini belirlemek için bu görüşler için uygun istatistiksel analizlerle birlikte geometrik morfometrik tekniklerin kullanılması adli bağlamda insan kemikleri tanımlama çalışmaları kapsamında araştırma için önemli bir destek olabilir.

Bu tez için, Geometrik morfometri yöntemiyle cinsiyet belirleme üzerine yapılmış toplam 41 farklı araştırma değerlendirmeye tabii tutulmuştur (Kaynakçada verilmiştir). Bu çalışmalardan 36'sı cinsiyet belirlemede geometrik morfometri yönteminin uygulanabilirliğini desteklerken, geri kalan beş çalışma geometrik morfometri yöntemiyle cinsiyet belirlemenin düşük güvenilirlikte sonuç verdiğini belirtmektedir.

Son yıllarda yapılan iskeletten cinsiyet belirleme çalışmalarında bu yöntemin geliştirildiği ve daha fazla uygulandığı görülmektedir (Sinanoğlu, 2018; Bove ve ark., 2019; Nor ve ark., 2020). Son zamanlarda yapılan çalışmaların daha iyi sonuçlar vermesi bu yöntemin önümüzdeki yıllarda da bu alanda yapılan çalışmalarda daha fazla uygulanacağına işaret etmektedir. Geometrik Morfometri yöntemi sadece zooloji ve biyoloji ile ilgili çalışmalarda uygulanmamalı; antropolojik çalışmalarda, hatta adli bilimlerde yapılacak çalışmalarda da çok büyük oranda uygulanabileceği anlaşılmaktadır. Bütün bu açıklamalar doğrultusunda bu yüksek lisans tezinde Geometrik morfometri yöntemine dikkat çekerek özellikle bebek ve çocuk iskeletlerinde cinsiyet tayininde bu yöntemin güvenle uygulanabileceği önerilmektedir. Ayrıca "Geometrik Morfometri" yönteminin yaşı ve cinsiyeti bilinen Anadolu populasyonları üzerinde uygulanarak yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir.

# ÖZET


## İskeletten Cinsiyet Belirlemede Geometrik Morfometri Yönteminin Uygulanabilirliği

Cinsiyet tayini, insan iskeletleri üzerinden kimlik belirleme işleminde çok önemli bir yer tutmaktadır. Adli Antropologlar, cinsiyet tayinini morfolojik ve metrik metotlar kullanarak yaparlar. Son yıllarda, metrik ve morfolojik yöntemlerin yanında, geometrik morfometri yöntemi de antropolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. İskelet kalıntıları her zaman bir bütün olarak ele geçmemektedir. Bu yüzden elimizde bulunan iskelet kalıntılarından da cinsiyet tayini yapmak zorunda kalabiliyoruz. Önceden farklı alanlarda kullanılan bu metot artık adli antropolojide de önemli yer almaktadır. Bunları göz önünde bulundurarak bu çalışmada geometrik morfometri yönteminin uygulanmasıyla yapılan iskeletten cinsiyet tayini çalışmaları ele alınmış, karşılaştırılmış, metotun avantaj ve dezavantajları, iskeletten cinsiyet tayininde uygulanabilirliği tartışılmıştır.



**Anahtar Sözcükler:** Adli Antropoloji, Cinsiyet Tayini, Kimliklendirme, Geometrik Morfometri.

## SUMMARY

### Applicability of Geometric Morphometry Method in Sex Determination from Skeleton

Sex determination from the human skeletons is very important process of identification. Morphological and metric methods are used for sex determination by forensic anthropologists. In recent years, besides the metric and morphological methods, the geometric morphometry method has been used frequently in anthropological studies. Skeletal remains are not always found as a whole. Therefore, in order to determine the sex we have to use the skeletal remains we have. Geometric morphometry has always been used in different fields but now it is also has an important role in forensic anthropology. Considering these, in this study, skeletal sex determination studies using geometric morphometry method were discussed and compared, the advantages and disadvantages of the method and its applicability in skeletal sex determination were discussed.



**Keywords:** Forensic Anthropology, Geometric Morphometric, Sex Determination, Identification.

# KAYNAKLAR


ANASTASIOU E, CHAMBERLAIN AT (2012). The sexual dimorphism of the sacro-ıliac joint: An investigation using geometric morphometric techniques. *J. Forensic Sci*., **58** (1**)**: 26-34.

AYTEK Aİ (2016). Antik Anadolu toplumlarının geometrik morfometrik karşılaştırmaları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

BARUTÇU S (2012). Geometrik morfometri yöntemi ile cinsiyet belirleme üzerine bir örnek. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.

BETTI L, VON CRAMON-TAUBADEL N, MANICA A, LYCETT SJ (2013). Global geometric morphometric analyses of the human pelvis reveal substantial neutral population history effects, even across sexes. *PLoS ONE,* **8** (2): e55909.

BIGONI L, VELEMINSKA J, BRUZEK J (2010). Three-dimensional geometric morphometric analysis of cranio-facial sexual dimorphism in a central european sample of known sex. *HOMO—Journal of Comparative Human Biology,* **61**: 16–32.

BOOKSTEIN FL (1991). Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge Univ. Press, p.: 198.

BOVE AD, PROFICO A, BUCCHI A, LORENZO C (2019). Sexual dimorphism in the human calvarium: A geometric morphometric approach. *IPHES*, Poster.

BYTHEWAY JA, ROSS AH (2010). A geometric morphometric approach to sex determination of the human adult os coxa. *J. Forensic Sci.,* **55:** 4.

CAVAIGNAC E, SAVALL F, FARUCH M, REINA N, CHIRON P, TELMON N (2016). Geometric morphometric analysis reveals sexual dimorphism in the distal femur. *Forensic Science International,* **259**: 246.e1–246.e5.

CHOVALOPOULOU ME, VALAKOS ED, MANOLIS SK (2013). Sex determination by three-dimensional geometric morphometrics of the palate and cranial base. *J. Biol. Clinic. Anthrop. Anthrop. Anz.,* **70 (**4**)**: 407–425.

CHOVALOPOULOU ME, VALAKOS ED, MANOLIS SK (2016). Sex determination by three-dimensional geometric morphometrics of craniofacial form. *J. Biol. Clin. Anthropol. Anthropol. Anz.,* **73 (**3**)**, 195–206.

CLAES P, WALTERS M, SHRIVER MD, PUTS D, GIBSON G, CLEMENT J, BAYNAM G, VERBEKE G, VANDERMEULEN D, SUETENS P (2012). Sexual dimorphism in multiple aspects of 3d facial symmetry and asymmetry defined by spatially dense geometric morphometrics. *J. Anat.*

CLAUDE J (2008). Morphometrics with R. Springer, **1-2**, 233-234.

COSTELLO AK (2012). An analysis of sexual dimorphism using geometric morphometrics of the femur and tibia: The use of GM in assessing sex of fragmented remains. Thesis, Boston University.

DE VITO C, SAUNDERS SR (1990). A discriminant function analysis of deciduous teeth to determine sex. *Journal of Forensic Sciences*, **35** (4): 845-858.

DÜRER A (1525). Underweysung der messung mit dem zirckel un richtscheyt, in linien ebnen und ganzcn corporen. Nuremberg.

ESTEVEZ EJ, LOPEZ-LAZARO S, LOPEZ-MORAGO C, ALEMAN I, BOTELLA MC (2018) Specific-age group sex estimation of ınfants through geometric morphometrics analysis of pubis and ıschium, *Forensic Science International*, **286**: 185-192.

ESTÉVEZ EJ, LÓPEZ-LÁZARO S, LÓPEZ-MORAGO C, ALEMÁN I, BOTELLA MC (2017). Sex estimation of ınfants through geometric morphometric analysis of the ilium. *Int. J. Legal. Med.*, **131** (6): 1747-1756.

FRANKLIN D, CARDINI A, FLAVEL A, KULIUKAS A (2012). The application of traditional and geometric morphometric analyses for forensic quantification of sexual dimorphism: preliminary ınvestigations in a Western Australian population. *Int. J. Legal. Med.*, **126**: 549–558.

FRANKLIN D, CARDINI A, O'HIGGINS P, OXNARD CE, DADOUR I (2008). Mandibular morphology as an indicator of human subadult age: Geometric morphometric approaches. *Forensic. Sci. Med. Pathol.*, **4**: 91–99.

FRANKLIN D, O'HIGGINS P, OXNARD CE, DADOUR L (2007). Sexual dimorphism and population variation in the adult mandible forensic applications of geometric morphometrics. *Forensic Sci. Med. Pathol*., **3** (1): 15.

FRANKLIN D, OXNARD CE, O'HIGGINS P, DADOUR I (2007). Sexual dimorphism in the subadult mandible: quantification using geometric morphometrics. *J. Forensic Sci.*, Vol. **52**, No. 1.

GOMEZ-VALDES JA, QUINTO-SANCHEZ M, GARMENDIA AM, VELEMINSKA J, SANCHEZ-MEJORADA G, BRUZEK J (2012). Comparison of methods to determine sex by evaluating the greater sciatic notch: Visual, angular and geometric morphometrics. *Forensic Science International*, **221**: 156.e1–156.e7.

GONZALEZ NC, PEREZ JR, CHAMERO B, CAMBRA-MOO O, MARTIN AG (2017). Geometric morphometrics reveals restrictions on the shape of the female os coxae. *J. Anat.*, **230**: 66-74.

GONZALEZ PN, BERNAL V, PEREZ SI (2009). Analysis of sexual dimorphism of craniofacial traits using geometric morphometric techniques. *Int. J. Osteoarchaeol*., **21**: 82–91.

GONZALEZ PN, BERNAL V, PEREZ SI (2009). Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic Science International,* **189**: 68–74.

GREEN H, CURNOE D (2009). Sexual dimorphism in southeast asian crania: A geometric morphometric approach. *HOMO — Journal of Comparative Human Biology*, **60**: 517–534.

GUNZ P, MITTEROECKER P (2013). Semilandmarks: A method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, **24** (1): 103–109.

GUNZ P, MITTEROECKER P, BOOKSTEIN FL (2005). Semilandmarks in three dimensions. In: Modern Morphometrics in Physical Anthropology, Ed.: Slice D.E., Kluwer Academic, Chapter **3**, 73-74.

GUYOMARC'H P, DUTAILLY B, CHARTON J, SANTOS F, DESBARATS P, COQUEUGNIOT H (2014). Anthropological facial approximation in three dimensions (AFA3D): Computer-assisted estimation of the facial morphology using geometric morphometrics. *J. Forensic Sci.*.

HENNESSY RJ, KINSELLA A, WADDINGTON JL (2002). 3D laser surface scanning and geometric morphometric analysis of craniofacial shape as an ındex of cerebro-craniofacial morphogenesis: Initial application to sexual dimorphism. *Biol. Psychiatry*, **51**: 507–514.

JUNGEROVA J, KRALIK M, URBANOVA P, KATINA S, KLIMA O (2015). HIP 1.0 – Novel software for sex determination using traditional and geometric morphometrics of human hip bone. Masaryk University, Poster.

KIMMERLE EH, ROSS A, SLICE D (2008). Sexual dimorphism in America: Geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *J. Forensic Sci.,* **53** (1).

KLINGENBERG CP (2013). Visualizations in geometric morphometrics: How to read and how to make graphs showing shape changes, *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, **24** (1): 15–24.

KRANIOTI EF, BASTIR M, SANCHEZ-MESEGUER A, ROSAS A (2009). A geometric-morphometric study of the cretan humerus for sex identification. *Forensic Science International,* **189**: 111.e1–111.e8.

MACLEOD N (2002). Phylogenetic signals in morphometric data. In: Morphometrics, shape, and phylogeny, Ed.: MacLeod, N., Forey P. L., Taylor & Francis, 100-138.

MCKEOWN AH, SCHMIDT RW (2013). Geometric morphometrics. research methods in human skeletal biology, Ed.: DiGangi E.A., Moore M., K., Elsevier, Chapter **12**, 334-335.

NOR FM, TAN LJ, SHAFIE MS, HIU J (2020). Geometric morphometric study of sexual dimorphism in Malaysian Mandibles. *Pathology*, **52** (S1).

OETTLE AC, PRETORIUS E, STEYN M (2009). Geometric morphometric analysis of the use of mandibular gonial eversion in sex determination. *HOMO—Journal of Comparative Human Biology*, **60**: 29–43.

OETTLE AC, PRETORIUS E, STEYN M (2005). Geometric morphometric analysis of mandibular ramus flexure. *American Journal of Physical Anthropology*, **128**: 623–629.

PERLAZA NA (2014). Sex determination from the frontal bone: a geometric morphometric study. *J Forensic Sci.*, **59**, 5.

ŞAHİNER Y (2007). Erkek ve bayanlarda kafatası kemiğinden geometrik morfometri metoduyla cinsiyet tayini. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

SAN-MILLÁN M, RISSECH C, TURBÓN D (2017). Shape variability of the adult human acetabulum and acetabular fossa related to sex and age by geometric morphometrics. Implications for adult age estimation. *Forensic Science International*, **272**: 50–63.

SCHOLTZ Y, STEYN M, PRETORIUS E (2010). A geometric morphometric study into the sexual dimorphism of the human scapula. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology*, **61**: 253–270.

SİNANOĞLU E (2018). Geometrik morfometrik yöntemi kullanarak pelvis iskeletinden cinsiyet tayini. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.

SLICE DE, ROSS A (2009). 3D-ID: Geometric morphometric classification of crania for forensic scientists. National Institute of Justice Grant.

SORRENTINO R, BELCASTRO MG, FIGUS C, STEPHENS NB, TURLEY K, HARCOURT-SMITH W, RYAN TM, BENAZZI S (2020). Exploring sexual dimorphism of the modern human talus through geometric morphometric methods. *PLoS ONE*, **15** (2): e0229255.

STEYN M, PRETORIUS E, HUTTEN L (2004). Geometric morphometric analysis of the greater sciatic notch in South Africans. *HOMO, Vol.* **54** (3): 197–206.

STRAUSS RE (2010). Prospectus: The future of morphometrics. In: Morphometrics for Nonmorphometricians, Ed.: Elewa, A.M.T., Springer, 345.

THOMPSON DW (1917). On growth and form. Cambridge University Press, Cambridge.

VANCE VL, STEYN M (2013). Geometric morphometric assessment of sexually dimorphic characteristics of the distal humerus. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*, **64**: 329– 340.

VELEMINSKA J, KRAJICEK V, DUPEJ J, GOMEZ-VALDES JA, VELEMINSKIY P, SEFCAKOVA A, PELIKAN J, SANCHEZ-MEJORADA G, BRUZEK J (2013). Geometric morphometrics and sexual dimorphism of the greater sciatic notch in adults from two skeletal collections: The accuracy and reliability of sex classification. *American Journal of Physical Anthropology*, **152** (4): 558-65.

WILSON LAB, CARDOSO HFV, HUMPHREY LT (2011). On the reliability of a geometric morphometric approach to sex determination: A blind test of six criteria of the juvenile ilium. *Forensic Science International*, **206**: 35–42.

YERMANI RR, SOTO GM (2004). Contribución de la morfometría geométrica a la estimación del dimorfismo sexual en población chilena actual. V Congreso Chileno de Antropología. Colegio de Antropólogos de Chile A. G, San Felipe.

ZELDITCH ML, DONALD L. SWIDERSKI DL, SHEETS HD, FINK WL (2004***).*** Geometric morphometrics for biologists: A primer, elsevier, Chapter **2**, 30.