

PELVİS'TEN RADYOLOJİK YÖNTEMLER İLE CİNSİYET TAYİNİ: TÜRKİYE ÖRNEKLEMİ

Öznur GÜLHAN*

Gönderim/Received: 22 Ekim/October 2018

Kabul/Accepted: 27 Kasım/November 2018

Öz

İskelet kalıntılardan cinsiyet tayini hem adli antropoloji hem de biyoarkeolojide önemli bir konudur. Cinsiyet tahminine ilişkin yüksek düzeyde bir doğruluk elde etme şansı, analiz edilen iskelet bileşeniyle ve cinsiyetler arasındaki şekil ve boyut farklılıklarını tanımlamak için kullanılan tekniklerin güvenilirlik dereceleri ile ilgilidir. Güncel görüş, Pelvisi en güvenilir cinsiyet göstergesi olarak kabul etmektedir, çünkü Pelvis özellikle yetişkin kişilerde hem morfolojik hem de metrik olarak en yüksek seksüel dimorfizm gösteren kemiktir. Bununla birlikte, kimliklendirme çalışmalarında bilgisayarlı tomografi (BT) başarılı bir yöntem olarak kabul görmekte ve son yıllarda popülasyona özgü referans veri tabanlarının oluşturulmasında kullanımı oldukça artmaktadır. Bu çalışmanın verisini 50 Pelvis kemiğinin bilgisayarlı tomografi görüntüleri temel alınarak oluşturulan 3 boyutlu pelvis görüntüleri üzerinden alınan beş metrik ölçüm oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı pelvis kemiği üzerinden Türkiye popülasyonuna özgü cinsiyet tayini standartları geliştirmektir.

Anahtar Kelimeler: Adli Antropoloji, Görüntü Analizi, Pelvis Metrik Ölçümler, Diskriminant Analizi, Seksüel Dimorfizm

* Arş. Gör. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih – Coğrafya Fakültesi, Antropoloji Bölümü,
Paleoantropoloji Anabilim Dalı 06100 Sıhhiye/ANKARA | oznurgulhan@gmail.com

Sex Estimation from the Pelvis Using Radiological Methods: Turkish Sample***Abstract***

Sex estimation from skeletal remains is an important issue in both forensic anthropology and bioarchaeology. The chances of achieving a high degree of accuracy in relation to the sex estimation is related to the degree of reliability of the techniques used to define the shape and size differences between the analyzed skeletal components and sexes. Currently pelvis is considered to be the most reliable sex indicator as it is the most sexually dimorphic element both morphologically and metrically, particularly in adult subjects. In addition to this computerized tomography (CT) is recognized as a successful method in identification studies, and its use in the development of population-specific reference databases has increased in recent years. The data of this study is consisted of five metric measurements taken from 3-dimensional pelvic images constructed from computed tomography images of 50 pelvic bones. The aim of this study is to develop population specific sex estimation standards by using pelvic bones for Turkish population.

Keywords: *Forensic Anthropology, Image Analysis, Pelvic Measurements, Discriminant Analysis, Sexual Dimorphism*

Giriş

Antropoloji ve adli antropolojik araştırmalarda insan iskeleti kalıntılarının kimliklendirilmesinde cinsiyet tayini oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Krogman ve İşcan, 1986; Steyn, 2008). Kimliklendirilmemiş insan kalıntıları; kurbanların aileleri için hem yasal hem de duygusal boyutta çok sayıda sorun yaratabilir. Adli antropologlar, bu tür araştırmalarda yaş, cinsiyet, atasal yakınlık ve boy uzunluğu analizi yoluyla biyolojik bir profil oluşturarak insan kalıntılarının tanımlanmasını kolaylaştırdıkları için önemli bir role sahiptir (Gill, 2001; Kranioti vd., 2009)

Yaş, cinsiyet, atasal yakınlık ve boy uzunluğu analizi ile biyolojik profillerin oluşturulması, iskelet kalıntılarını kimliklendirme işlemi sırasında ilk ve en önemli adım olarak kabul edilir. Biyolojik profil oluşturabilmek için yapılan yaş ve boy uzunluğu tespiti çalışmaları cinsiyete bağlı olarak yapıldığı için, cinsiyet tayini çalışmaları kimliklendirme sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır (Thompson ve Black, 2006; Srivastava vd. 2012). Cinsiyet değerlendirmesi, potansiyel kimlik havuzunun azaltılmasında esastır. Bu nedenle, elde edilen verinin analizinde kullanılan rutin uygulamalardan biridir ve felaket kurbanlarının kimliklendirilmesi (DVI) ve tanımlanamayan insan kalıntılarını içeren rutin suç araştırmalarının yürütülmesinde giderek daha fazla uygulanmaktadır.

Mevcut uygulamada, cinsiyet belirleyici özellikler ergenlik döneminde ortaya çıkmaya başladığı için antropolojik açıdan en güncel cinsiyet tayini yöntemleri genellikle yetişkin bireyler için oluşturulmuştur (Gómez-Valdés vd., 2011). Günümüzde, yetişkin kadın ve erkek bireyler arasındaki cinsiyet farklarını araştıran ve çeşitli yöntemler oluşturan birçok çalışma mevcuttur (Gonzales vd., 2009; Biwasaka vd., 2012; Karakaş vd., 2013). Bununla birlikte, cinsiyetin yetişkin bireylerde tayini genellikle morfolojik ve metrik metot olarak adlandırılan iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. Metrik metot, kemiklerden alınan ölçümlerin çok değişkenli veya tek değişkenli modeller ile, lojistik regresyon veya diskriminant analizi kullanarak cinsiyet tayinini hesaplamaktadır. Bu metodların içerisinde, diskriminant fonksiyon analizi, cinsiyet tayininde adli ve arkeolojik vakalarda kullanılan en yaygın yöntemdir (Steyn, 2009). Diskriminant fonksiyon analizi ilk kez Fisher (1936) tarafından, seksüel dimorfizm gösteren kemiklerin cinsiyet farklılıklarına göre ayrılmasında kullanılan bir yöntem olarak tanıtıldı. Fisher (1940), metrik ölçümlerin ve çok değişkenli diskriminant analizinin, özellikle pelvis gibi karmaşık bir yapıya sahip kemikler söz konusu olduğunda, seksüel karakteristikleri belirlemede kullanılabilir en etkili ve en hızlı yöntemler olduklarını belirtmiştir. Fisher'ın makalesini takiben, adli antropoloji alanında cinsiyetin belirlenmesinde çok değişkenli analizlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu çalışmaları takiben, bu istatistiksel yöntemi kullanan bir çok çalışma yapılmıştır (Robinson ve Bidmos, 2011; Dirkmaat, 2014), güvenilirlik ve geçerlik sağlandığı zaman morfometrik yaklaşımlar diğer tekniklerden daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Patriquin vd., 2005; Torimitsu vd., 2015).

Kadın ve erkek pelvisi arasındaki temel fark kadın pelvisinin doğum yapmak için özelleşmesinden kaynaklıdır. Bu iki cinsiyet arasındaki mekanik fark pelvisin genel yapısındaki seksüel dimorfizmin daha belirgin olmasına, dolayısıyla pelvisin yetişkin iskeletinde cinsiyet belirlemede en sık kullanılan kemik olmasına sebep olur (Black ve Ferguson, 2011; Steyn, 2013; Mahakkanukrauh vd., 2017). Bundan dolayı, pelvisten cinsiyet tayini yapmak üzere birçok teknik geliştirilmiş ve çok sayıda popülasyon üzerinde test edilmiştir (Washburn, 1949; Decker vd., 2011; Franklin vd., 2014). Yukarıda bahsedildiği gibi, pelvisten cinsiyet tayininde kullanılan yöntemler morfolojik ve metrik olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. İnsan pelvisinin en seksüel dimorfik özellikleri pelvic inlet, subpubik açı, greater sciatic notch, ventral arch, ischiopubic rami ve pubic symphysis'tir (Garvin, 2012; Steyn, 2013). En çok tercih edilen metodlardan biri ise Phenice metodudur. Bu metot üç ana özelliğe odaklanır: ischiopubic ramus'un medial yönleri, subpubik konkavlık ve ventral arkin varlığı. Non-metrik pelvis

cinsiyet değerlendirmesi için tercih edilen bir başka metot ise Bruzek (2002) tarafından geliştirilmiştir. Bruzek, beş farklı pelvis özelliği gözlemlemiştir. Bu özellikler, ischiopubic proportions, inferior pelvis, composite arch, greater sciatic notch ve preauricular sulcus'tur (Garvin 2012). Pelvisten cinsiyet tayini belirlemede Phenice metodu %96, Bruzek metodu ise %95 doğruluk payı ile güncel cinsiyet tayinini belirleyen metodlar içerisinde en yüksek doğruluk oranını veren metodlardır (Garvin, 2012).

Yukarıda bahsedildiği üzere insan iskeletlerinde cinsiyet tayini adli antropoloji için oldukça önemlidir. Ancak, insan popülasyonlarındaki varyasyonlar veya yasal düzenlemeler gibi sebeplerden dolayı cinsiyet tayini yöntemlerini uygulamakta sorunlar çıkabilmektedir. İnsan iskeletindeki varyasyonları incelemeye karşılaşılan bütün kısıtlamalara rağmen, cinsiyetler arasındaki farklılıklara ilişkin anlayışımız son zamanlarda giderek artmaktadır ve BT, geometrik morfometrik vb. gibi yeni metodlar da bu farklılıklar hakkında daha fazla bilgi edinebilmemize olanak sağlamaktadır. BT görüntülerinin kullanımı hem zaman tasarrufu hem de maserasyon prosedürlerinin atlanmasını sağlar. Ek olarak, bu görüntülerin felaket mağdurlarının tespit edilmesinde yardımcı olduğu ortaya çıkmıştır. Yakın zamanda BT görüntülerinin cinsiyet tayini çalışmalarında kullanımının doğruluğunu ölçmek için bir dizi çalışma yapılmıştır. Birçok araştırmacı, hem kemiklerden doğrudan alınan ölçümlerden yapılan analizlerin hem de BT'den oluşturulan 3B modeller oluşturularak alınan ölçümlerden yapılan analizlerin büyük ölçüde uyumlu olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna ek olarak, daha önce yapılan diğer araştırmalar, BT görüntülerinin kullanılmasının biyolojik bir profil oluşturulmasında geleneksel yöntemlere göre doğruluk ve tekrarlanabilirliği artırdığını göstermiştir (Torimitsu vd., 2015).

Bu araştırma modern yetişkin Türk popülasyonuna ait pelvis cinsel dimorfizmini belirlemeyi ve hem tam hem de kırık pelviselerde kullanmaya uygun bir dizi morfometrik standartları ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Yöntem

Veri Kaynakları

Çalışmada, 2012-2013 yılları arasında Türkiye'deki büyük eğitim ve araştırma hastanelerinden birinin radyoloji bölümünde çekilen bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın örneklemini, patolojik bulgular göstermeyen 50 (25 Erkek ve 25 Kadın) hastadan alınan bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen üç boyutlu pelvis rekonstrüksiyonları

oluşturmaktadır. Bilgisayarlı tomografi görüntülerinin ait olduğu bireylerin kimliği araştırmacılar tarafından alındığında anonim olup, yalnızca cinsiyet, yaş ve doğum verileri saklanmıştır.

Araştırmaya dahil edilen bireylerin yaş dağılımı kadınlarda 28-65 erkeklerde ise 20-63 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması kadınlar için $(45, 28 \pm 9, 71)$ erkekler için $(40, 4 \pm 11, 95)$ 'dir. Örneklemin tanımlayıcı bir analizi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tanımlayıcı istatistik verileri (mm)

	N	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Median (Ortanca)	Standart Sapma
Erkek	25	40,4	20	63	40	11,95
Kadın	25	45,28	28	65	44	9,71

Veri Toplama

2012-2013 yılları arasında Radyoloji Anabilim Dalı'ndan toplanan ve çalışmamız dahilinde incelenen kardiyak BT anjiyografi görüntülerinin tamamı, 5.00 mm arasında kesit kalınlıkları, 120-140 arasındaki KVP ve 162-183 arasındaki mA özellikleri ile yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi (SOMATOM Definition Flash, Siemens Medical Solutions, Forchheim, Almanya) cihazından elde edilmiştir. Hastane Bilgi Yönetim sisteminde (HBYS) kayıtlı görüntüler, PACS üzerinden görüntülenerik DICOM (Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim) dosya formatında dışa aktarılmıştır.

Morfometrik ölçümler

DICOM dosyaları olarak kaydedilen görüntüler daha sonra OsiriX ® 5.6 (Pixmeo, Cenevre, İsviçre) görüntü işleme programına aktarılmış ve bu görüntüler üç boyutlu rekonstrüksiyon görüntülere dönüştürülmüştür. 3B rekonstrüksiyonlar, OsiriX'te hacim görüntüleme (volume-rendering) fonksiyonu kullanılarak optimize edilmiş olup şu yazılım ayarları kullanılarak oluşturulmuştur; Windows uzunluğu (WL): 127, Windows genişliği (WW): 255, kesit kalınlığı: 5,00 mm.

Ölçümler bilgisayarlı tomografi görüntülerinden oluşturulmuş üç boyutlu pelvis rekonstrüksiyonlarından alınmıştır. İlk önce, pelvise ait görüntüler landmarkların mümkün olduğunca doğru şekilde

tanımlanabilmesini sağlamak için, çevreleyen kemiklerden manuel segmentasyon fonksiyonu kullanılarak ayrılmıştır. Daha sonra, üç boyutlu pelvis rekonstrüksiyonları optimal doğruluk seviyesini elde edebilmek amacıyla geleneksel yöntemlerin gerektirdiği şekilde ölçümlerin alınabilmesi için, düzlemde en doğru konumuna getirilmiştir. Doğrusal ölçümler, pelvis için önceden tanımlanmış olan anatomik noktalardan aynı araştırmacı tarafından alınmıştır.

Tablo 2’de tanımlamaları verilmiş olan beş ölçüm, manuel olarak üç boyutlu pelvis görüntülerinin üzerinden alınmıştır. Tablo 2, bu araştırma için kullanılan standart ölçümleri göstermektedir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan Pelvis ölçümlerinin tanımlamaları ve kısaltmaları

Değişkenler	Kısaltmalar	Tanımlar	Landmarklar
Transverse pelvic outlet	TPO ^a	Coccyx, ischial tuberosity ve pubic symphysis’in alt noktasının yarattığı düzlemdeki en geniş mediolateral noktalar	lpo-rpo
Midpelvic genişliği	MB ^b	Sol ve sağ ischial spines arasındaki doğrusal mesafe	lis-ris
Transverse pelvic inlet	TPI ^a	sacral promontory ve pubic symphysis’in en üst noktası tarafından oluşturulan düzlemde ki en geniş medio-lateral noktalar	lpi-rpi
Anterior superior iliac spine ve anteroinferior margin of ischial tuberosity arasındaki yükseklik	HAIT ^b	Sol anterior superior iliac spine’nin anterosuperior marjiniinden, sol ischial tuberosity’nin anteroinferior marjinine kadar olan doğrusal mesafe	la-lt
Pelvic outlet genişliği	BPO ^a	Sol ve sağ ischial tuberosity’lerin anteroinferior marjinleri arasındaki doğrusal mesafe	lt-rt

^a Ölçümler Decker, vd., (2011) tarafından belirlenmiştir.

^b Ölçümler Torimitsu, vd., (2015) tarafından belirlenmiştir.

İstatistik

Tüm istatistiksel analizler Windows için SPSS 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. T testi erkekler ve kadınlar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmıştır. Diskriminant fonksiyon analizi ile çalışmada kullanılan 5 değişkenin cinsiyet belirlemedeki doğruluğu değerlendirilmiştir. Diskriminant fonksiyon analizi, bir kategorik bağımlı değişkeni bir veya daha fazla bağımsız değişkenle tahmin etmek için kullanılan istatistiksel bir araçtır ve antropometri kullanılarak yapılan cinsiyet tahmini metodları için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (King vd., 1998). Bu sebeple, t-testi sonucunda cinsiyetler arasında anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenen ölçümlere diskriminant fonksiyon analizi uygulanmıştır. Her değişkenin normalliği Shapiro-Wilks testi kullanılarak test edilmiştir. Seçilen değişkenler, cinsiyet grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ayrım yapabilecek fonksiyonlar geliştirmek için hem Stepwise hem de kanonik diskriminant analizi kullanılarak hesaplanmıştır. İlk olarak, iki cinsiyeti en iyi ayırt eden parametrelerin kombinasyonunu seçmek için Stepwise diskriminant analizi yapılmıştır. Daha sonra, iki cinsiyeti en iyi ayıran parametrelerin doğrusal kombinasyonlarını bulmak için kanonik diskriminant fonksiyon analizi kullanılmıştır. Ayrıca, diskriminant analizinden türetilen modelleri test etmek ve sınıflandırmanın güvenilirliğini artırmak için çapraz doğrulama (cross-validation) yöntemi kullanılmıştır. Farklılıklar $p < 0,05$ düzeyinde anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Tüm değişkenlere Shapiro-Wilks testi uygulanmış ve her cinsiyette normal dağılım gözlenmiştir. Elde edilen 5 pelvis ölçüm değerlerinin cinsiyetler arası farklılığının t-test ile istatistiksel olarak yapılan analizinde, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$) (Tablo 3). Cinsiyete göre pelvis ölçümlerinde, kadınlardaki ölçüm değerlerinin (HAIT dışında), erkeklerdeki ölçüm değerlerine göre daha büyük olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre, çalışmada tercih edilen tüm ölçümler seksüel dimorfizm göstermektedir ve bu sebeple tüm değişkenler diskriminant fonksiyon analizinde kullanılmıştır. Tüm ölçümler için ortalama ve standart sapmalar dahil olmak üzere standart tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri ve Student t-test'i sonuçları

Değişkenler (mm)	Erkek (N=25)		Kadın (N=25)		F-Ratio	t-value
	Ortalama	SD	Ortalama	SD		
TPO	100,76	8,96	120,26	11,64	,724	6,632
MB	96,09	7,33	114,08	9,19	1,277	7,647
TPI	119,93	6,53	134,08	6,17	,125	7,869
HAIT	172,93	11,78	159,55	9,40	2,113	-4,435
BPO	98,29	11,44	115,44	9,61	,380	5,737

*P<0.001 *SD: Standart Sapma

Diskriminant analizi, verilen değişkenleri kullanarak bu gruplar arasındaki farklılıkları inceler ve en doğru sınıflandırmanın yapılmasını sağlar (Asala, 2001). Bu çalışmada, diskriminant analizi Stepwise ve kanonik diskriminant analizleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, iki cinsiyeti en iyi ayırt eden parametlerin kombinasyonunu seçmek için Stepwise diskriminant analizi uygulanmıştır. Bu yöntem için, tüm seçilen değişkenler Stepwise diskriminant fonksiyon prosedürüne Wilks' lambda değerleri kullanılarak girilmiş ve böylece kadın ve erkek grupları arasında en iyi ayrımcılığı sağlayan değişkenler tanımlanmıştır. Wilks' lambda değerleri erkek ve kadın gruplarına ayrılan değişkenlerin ne kadar iyi olduklarını belirlemek için kullanılır ve daha küçük Wilks' lambda değeri daha büyük oranda diskriminasyon kabiliyeti demektir. F-oranı ise, cinsiyetler arasındaki farklılık derecesini ve varyansın anlamlılık düzeyini göstermektedir (İşcan ve Shihai, 1995). Stepwise analiz sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Pelvis ölçüm parametleri için Stepwise diskriminant fonksiyon değerleri

Değişkenler	Wilks lambda	Equiv. F-ratio
TPO	.608	127.572
MB	.613	124.905
TPI	.736	70.936
HAIT	.918	17.615
BPO	.547	164.208

Maksimum ayrımcılığa yol açan değişkenler elde edildikten sonra, diğer fonksiyonları oluşturmak için kanonikal diskriminant analizi uygulanmıştır. Tablo 5, örneklem için tüm diskriminant fonksiyonlarını, katsayıları ve grup merkezlerini listelemektedir. Bütün fonksiyonlar için diskriminant skorlarını hesaplamak için ham (raw coefficient) katsayısı kullanılırken, standartlaştırılmış katsayı, belirli bir değişkenin genel sınıflandırmaya olan katkısını belirler. Yapı (structure) katsayısı, değişkenler ve fonksiyonlar arasındaki korelasyonu tanımlar. Çapraz doğrulama amacıyla, analizin sonunda her bir ölçümün, numunelerin geri kalanına dayalı bir diskriminant fonksiyonu kullanılarak kategorize edildiği bir “tek çıkışlı (leave one out)” yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 5. Pelvis için hesaplanan Kanonikal Diskriminant Fonksiyon Değerleri

Fonksiyon ve değişkenler	Raw coefficient	Standardized coefficient	Structure coefficient	Group centroids	Constant
TPO	0,096	1,00	1,00	0,938 (K) -0,938 (E)	-10,632
MB	0,120	1,00	1,00	1,081 (K) -1,081 (E)	-12,630
TPI	,157	1,00	1,00	1,113 (K) -1,113 (E)	-19,980
HAIT	0,094	1,00	1,00	-0,627 (K) 0,627 (E)	-15,587
BPO	0,095	1,00	1,00	0,811 (K) -0,811 (E)	-10,111
TPO	0,057	0,590	0,699	1,591 (K) -1,591(E)	-8,136
MB	0,029	0,243	0,680		
TPI	0,107	0,680	0,589		
HAIT	-0,060	-0,642	0,510		
BPO	-0,045	-0,473	-0,394		
TPO	0,040	0,417	0,811	1,334 (K) -1,334 (E)	-1,688
MB	0,077	0,639	0,703		
BPO	-0,014	-0,150	0,608		
HAIT	-0,156	-0,596	-0,470		
TPO	0,044	0,454	0,613	1,508 (K) -1,508 (E)	-8,860
TPI	0,102	0,649	0,738		
HAIT	-0,054	-0,573	-0,416		
HAIT	-0,051	-0,542	0,739	1,505 (K) -1,505 (E)	-9,230
TPI	0,092	0,584	0,718		
MB	0,057	0,477	-0,417		

TPI	0,130	0,807	0,826	1,378 (K)	
HAIT	-0,053	0,589	-0,563	-1,378 (E)	-9,048
BPO	0,012	-0,455	0,131		
TPO	0,047	0,484	0,894	1,244 (K)	
TPI	0,112	0,710	0,754	-1,244 (E)	-19,338
HAIT	-0,055	-0,589	0,812	1,370 (K)	
TPO	0,141	0,899	-0,458	-1,370 (E)	-8,767
HAIT	-0,052	-0,557	0,832	1,300 (K)	
MB	0,106	0,879	-0,483	-1,300 (E)	-2,420

Tablo 6. Diskriminant analizi sonucu elde edilen doğruluk oranları

Fonksiyon ve değişkenler	Erkek %	Kadın %	Average Accuracy % for Original	Average Accuracy % for cross-validation	Cinsiyet Yanlılık Hatası (Sex Bias)
TPO	88	72	80	80	16
MB	92	88	90	90	4
TPI	84	84	84	84	0
HAIT	76	72	74	74	4
BPO	76	80	78	78	-4
TPO MB TPI HAIT BPO	96	92	96	94	4
TPO MB BPO HAIT	88	92	92	90	-4
TPO TPI HAIT	92	96	94	94	-4
HAIT TPI MB	96	88	92	92	8

TPI HAIT BPO	92	96	94	94	-4
TPO TPI	92	88	90	90	4
HAIT TPO	92	92	92	92	0
HAIT MB	92	84	88	88	8

İlk olarak her bir değişkenin cinsiyet sınıflandırma doğruluğunu değerlendirmek için tek değişkenli diskriminant analizi uygulanmıştır. Ayrıca, sınıflandırma performansını değerlendirmek için doğruluk oranları ve cinsiyet yanlılık hatası (sex bias) dikkate alınmıştır. Literatüre göre cinsiyet yanlılık hatası; erkeklerin sınıflandırma doğruluk oranları ile kadınların doğruluk oranları arasındaki farktır ve adli antropoloji için %5'ten düşük bir cinsiyet yanlılık hatası en idealidir. Çalışmadaki cinsiyet yanlılık hatası oranları Tablo 6'da görülmektedir.

Diskriminant analizine göre en iyi cinsiyet ayrımı yapan ölçüm tek başına kullanıldığında (%90 doğruluk oranı ve %4 cinsiyet yanlılık hatası) ile MB'dir. Çalışmada kullanılan tekli diskriminant analizi sonucunda kadınlar için en yüksek doğruluk oranlarını %88 ile MB ve %84 ile TPI değerleri verirken, erkekler için %92 ile MB %88 ile TPO vermektedir. Tekli diskriminant analizlerinde BPO ve TPI değerleri dışında diğer üç değerde erkeklerdeki tahmin olasılığı kadınlara göre daha yüksektir. Kalan ölçümlerin doğruluğu %84 (TPI) ile %74 (HAIT) arasında değişmektedir. Tablo 6'ya göre; TPO değeri tek başına kullanıldığında %80 oranında bir doğruluk payı vermekle birlikte cinsiyet yanlılık hatası %16'dır.

Son olarak çok değişkenli diskriminant analizi uygulanmıştır. İki ya da daha fazla değişkenin kullanılmasıyla birlikte cinsiyetin tahmin oranı %88'in üzerine çıkmaktadır. Çok değişkenli diskriminant analizinde 5 değişken birden hesaba katıldığında olasılık %96'ya çıkmaktadır ve en yüksek doğruluk oranı elde edilmektedir. Pelvis'ten alınan metrik ölçüm değerleri için oluşturulan çok değişkenli diskriminant analizi sonucu elde edilen doğruluk oranları

Tablo'da sunulmuştur.

Tartışma ve Sonuç

Cinsiyet tayini, biyolojik kimliğin önemli bir bileşeni olmakla birlikte adli değerlendirmelerde ilk basamak olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, şimdiye kadar yapılan çalışmalar göstermiştir ki, cinsiyet tayini ile pelvisten alınan metrik ölçümler arasında güçlü bir ilişki vardır ve pelvisten alınan ölçümler ile uygulanan standartların, özellikle de anatomik olarak bozulmuş iskelet kalıntılarından kimlik tayini yapılması gereken durumlarda oldukça faydalı olabileceği belirtilmiştir (Seidler, 1980; Biwasaka vd., 2012; Franklin vd., 2014). Bununla birlikte, nüfus yapısındaki devam eden seküler değişiklikler, günümüz toplumları için yeni osteometrik standartlar oluşturmanın önemini artırmıştır. Literatürde birçok yazar, pelvisten alınan metrik ölçümler kullanılarak oluşturulan popülasyona özgü cinsiyet tayini standartlarının kullanılmasını önermektedir (Jorge Alfredo Gómez-Valdés et al., 2011). Diğer taraftan, adli radyoloji ve görüntüleme tekniklerinin hızla gelişmiş ve sadece genel adli tıp alanında yaygın olarak kullanılan bir uygulama olarak kalmayıp, aynı zamanda adli antropoloji gibi diğer ilgili disiplinlerde de yaygın bir uygulama alanı bulmuştur. BT taramaları (hem klinik hem de adli tıp), sadece insan iskeletindeki patolojiyi ve/veya travmayı değerlendirme imkânı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda standartların formüle edilmesi için kullanılacak çağdaş popülasyon-spesifik verileri elde etme fırsatı da sunar.

Pelvisin anatomik yapısındaki boyut ve şekil farklılıklarının temel nedeni pelvisin doğum yapmaya uygun şekilde farklılaşmasından kaynaklıdır ve genel olarak erkek pelvisinin boyutu kadınlarinkinden daha büyük iken, subpubik açı kadınlarda daha geniştir. Bundan dolayı, pelviste cinsiyete bağlı olarak değişen linear ölçümler heterojendir diyebiliriz (Tague, 2000). Morfometrik metot, ciddi bir eğitim süreci ve tecrübe gerektiren görsel yaklaşıma bir alternatif sunar ve gözlemciler arası hataları azaltır. Bununla birlikte, diskriminant fonksiyon analizi, tekrarlanabilir olduğu için doğal olarak daha objektif olmakta ve bu sebeple daha avantajlı bir yöntem olarak önerilmektedir.

Morfometrik yöntemle cinsiyet tayinine yönelik yapılan bu çalışma için, pelvisten 5 metrik ölçüm alınmış olup, elde edilen veriler t-testi ve diskriminant analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan beş ölçüm de Türk popülasyonu için seksüel dimorfiktir. Tek değişkenli diskriminant analizinde en yüksek doğruluk payı gösteren değişken %90 doğruluk oranı ile MB'dir. MB'yi %84 doğruluk oranı ile TPI ve %80 doğruluk oranı ile TPO takip etmektedir.

Arkeolojik ve adli bağlamlardan elde edilen malzemelerin parçalı ve eksik durumu, bazı durumlarda morfometrik analizlerin uygulanmasını zorlaştırabilir. Bu sebeple, kırıklı kemikler için kullanılmak amacıyla farklı ölçümlerden oluşan çoklu fonksiyonlar türetilmiştir. Çok değişkenli diskriminant analizi sonucu elde edilen formüller, genel olarak cinsiyet tayininde doğruluk oranları daha yüksek sonuçlar vermektedir. Bu formüller arasında, beş değişkenin birlikte kullanıldığı (MB, TPI, TPO, HTI ve BPO) diskriminant fonksiyon %96'lık bir oranda doğruluk sağlayan en ayırt edici fonksiyon olarak bulunmuştur. Diğer değişkenlerin kombinasyonu ile elde edilen çok değişkenli diskriminant formüller ise %94 ile %88 arasında bir doğruluk oranı ve %8 ile %0 oranında cinsiyet yanlışlık hatası göstermektedir. Literatüre göre, daha fazla değişken kullanmanın diskriminant denklemlerinin yüzdelik doğruluğunu arttırdığı görülmektedir. Buna rağmen pelvisin çeşitli bölümlerinden alınan ölçümlerle oluşturulan denklemler, pelvis genellikle sağlam olarak bulunamadığı için tekniğin uygulanabilirliğini sınırlamaktadır (Mahakkanukrauh vd., 2017). Böyle durumlarda, tek değişkenli diskriminant analizi sonuçları önem kazanmaktadır.

Literatürde, pelvisten alınan metrik ölçümler kullanılarak cinsiyet tayini üzerine yapılan birçok çalışma vardır. Bunlardan bir tanesi Seidler (1980)'e ait bir çalışmadır. Seidler (1980), Weisbach ve Weninger koleksiyonlarını kullanarak her bir sağ Pelvis kemiği için aldığı iki, sekiz ve on altı adet ölçüm için diskriminant fonksiyon analizi yapmıştır. Daha sonra, elde ettiği bu fonksiyonları Tyrol serisi üzerinde uyarlamış ve cinsiyet ayrımı için oldukça yüksek sonuçlar elde etmiştir. Bir diğer çalışma ise Dixit ve ark. (2007)'na ait bir çalışmadır. Dixit vd. (2007), Lady Hardinge Medikal Koleji, Anatomi bölümüne ait Yeni Delhi osteolojik koleksiyona ait 100 adet Pelvis örneği üzerinden on iki metrik ölçüm ve beş index belirleyerek diskriminant analizi yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar, asetabulum yüksekliği, pelvik ağız derinliği, minimum isikopubik ramus genişliği ve beş pelvik oranın cinsiyet tayininde kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Gomez-Valdez ve ark. (2011), Meksika Ulusal Özerk Üniversitesi (UNAM), Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Antropoloji Bölümü Osteoloji Koleksiyonu'ndan çağdaş Meksika nüfusu üzerinde çalışmış ve 146 yetişkin pelvis kemiğini (61 kadın ve 85 erkek) incelemişlerdir ve uyguladıkları diskriminant analizi sonucunda kullandıkları 9 ölçümün cinsiyet tespitinde %99 ile %87 arasında bir doğruluk oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Karakaş ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada çağdaş Anadolu popülasyonunda subpubik açının cinsiyet tayinindeki doğruluk oranını araştırmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, subpubik açı 74°'den daha az ise

erkek, 74° den daha fazla ise kadın olarak belirlenmiştir. Bir diğer çalışma ise Franklin ve ark. (2014)'na aittir. Batı Avustralya popülasyonuna ait çok kesitli bilgisayarlı tomografi (MSCT) görüntülerinden yaptıkları çalışmada TPO değerinin cinsiyet tayininde %92,5'lik bir doğruluk ve %3'lük bir cinsiyet yanlışlık hatası ile belirlendiği sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada ise TPO değişkeni %80 lik bir doğruluk payı ve %16'lık bir cinsiyet yanlışlık hatası ile cinsiyet ayrımı yapmaktadır. Bu durumda TPO değerinin erkeklere yönelik bir seçim yaptığını söyleyebiliriz. Bununla birlikte, düşük cinsiyet yanlışlık hatası (<%5), düşük bir hata riskini garanti etmez. Bazı durumlarda cinsiyet tayininde kullanılan değişkenlere ait değerlerin veri setinde birbiri ile çakışması mümkündür (Tomitsu vd., 2015). Torimitsu ve ark (2015), Japon popülasyonuna ait postmortem BT görüntülerini kullanarak 208 (104 Erkek, 104 Kadın) birey üzerinden aldığı 11 pelvis ölçümünü analiz etmiş ve uyguladığı tek değişkenli ve çok değişkenli diskriminant analizi sonucunda %98,1 ile %62 oranında doğruluk payı elde etmiştir. Tomitsu ve ark (2015)'na göre, MB ölçümü iskeletten alınan nadir ölçümlerden biri olduğu için literatürde genellikle kullanılan bir değer değildir ve MB ölçümü %80'lik bir doğruluk payı ve %-2,9 oranında cinsiyet yanlışlık hatası ile cinsiyet ayrımında kullanılabilir.

Mevcut çalışmada ise, MB değeri %90'lık bir doğruluk payı ve %4 oranında cinsiyet yanlışlık hatası ile cinsiyet tayininde Türk popülasyonu için kullanılmıştır. Tomitsu ve ark (2015) ayrıca, TPI, TPO, BPO ve HAIT ölçümlerini de çalışmalarında kullanmışlardır. Çalışmalarında TPO ölçümü %80,8'lik bir doğruluk oranı ve %1,9 cinsiyet yanlışlık hatası gösterirken yine aynı çalışmada diğer değerler %72,6 (TPI) ile %79,8 (BPO) arasında bir doğruluk oranı ile %8,6 (HAIT) ile %1 (TPI) arasında cinsiyet yanlışlık hatası göstermiştir.

Bu çalışmanın sonuçları değerlendirilirken, çalışma verilerinin 50 hastadan alınan BT görüntülerinden oluştuğu göz önünde bulundurulmalıdır. Veri noktasının sınırlılığına rağmen çalışmanın sonuçlarının literatüre katkı sağladığı ve yapılacak benzer çalışmalara rehberlik edeceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın sonuçları literatürdeki önceki çalışmalarla uyumludur ve pelvisin cinsiyet tayini için güvenilir bir gösterge olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuca ek olarak, BT'nin bu amaç için oldukça güvenilir bir teknoloji olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada modern Türk toplumunda kullanılmak üzere pelvisten cinsiyet tayini standartları formüle edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, Türk toplumuna ait pelvis ölçümlerinin cinsiyet tayini için iyi bir iskelet bileşeni olmakla birlikte sınıflandırma doğruluğunun %96'e ulaştığını göstermektedir. Bu nedenle, pelvisten alınan bu metrik ölçümlerin Türkiye'de gerçekleşen kitlesel

ölümler sonucunda veya adli olaylar neticesinde meydana gelen felaket kurbanlarını kimliklendirmede adli antropologlar için cinsiyet tayini belirlemede faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Asala, S. A. (2001). Sex determination from the head of the femur of South African whites and blacks, *Forensic Science International* 117(1), 15–22.
- Biwasaka, H., Aoki, Y., Sato, K., Tanijiri, T., Fujita, S., Dewa, K. ve Tomabechi, M. (2012). Analyses of sexual dimorphism of reconstructed pelvic computed tomography images of contemporary Japanese using curvature of the greater sciatic notch, pubic arch and greater pelvis, *Forensic Science International* 219(1–3), 288.e1-288.e8. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.11.032>)
- Black, S. ve Ferguson, E. (2011). *Forensic anthropology: 2000 to 2010*. CRC Press.
- Decker, S. J., Davy-Jow, S. L., Ford, J. M. ve Hilbelink, D. R. (2011). Virtual Determination of Sex: Metric and Nonmetric Traits of the Adult Pelvis from 3D Computed Tomography Models, *Journal of Forensic Sciences* 56(5), 1107–1114.
- Fisher, R. A. (1940). The Precision of Discriminant Functions, *Annals of Eugenics* 10(1), 422–429. (<https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1940.tb02264.x>)
- Franklin, D., Cardini, A., Flavel, A. ve Marks, M. K. (2014). Morphometric analysis of pelvic sexual dimorphism in a contemporary Western Australian population, *International Journal of Legal Medicine* 128(5), 861–872.
- Garvin, H. M. (2012). “Adult Sex Determination: Methods and Application”. *A Companion to Forensic*, D. Dirkmaat (ed.), 239-247, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gill, G. W. (2001). Racial variation in the proximal and distal femur: heritability and forensic utility, *Journal of Forensic Sciences*, 46(4), 791–799.
- Gómez-Valdés, J. A., Quinto-Sánchez, M., Menéndez Garmendia, A., Velemínska, J., Sánchez-Mejorada, G. ve Bruzek, J. (2012). Comparison of methods to determine sex by evaluating the greater sciatic notch: Visual, angular and geometric morphometrics, *Forensic Science International* 221(1–3), 156.e1-156.e7. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.04.027>)
- Gómez-Valdés, J. A., Ramírez, G. T., Molgado, S. B., Sain-Leu, P. H., Caballero, J. L. C. ve Sánchez-Mejorada, G. (2011). Discriminant Function Analysis for Sex Assessment in Pelvic Girdle Bones: Sample from the Contemporary Mexican Population, *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 297–301. (<https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01663.x>)

- Gonzalez, P. N., Bernal, V. ve Perez, S. I. (2009). Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis", *Forensic Science International* 189(1-3), 68-74. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.04.012>)
- İşcan, M. Y. ve Shihai, D. (1995). Sexual dimorphism in the Chinese femur, *Forensic Science International* 74(1), 79-87.
- Karakas, H. M., Harma, A., ve Alicioglu, B. (2013). The subpubic angle in sex determination: Anthropometric measurements and analyses on Anatolian Caucasians using multidetector computed tomography datasets, *Journal of Forensic and Legal Medicine* 20(8), 1004-1009. (<https://doi.org/10.1016/j.jflm.2013.08.013>)
- King, C. A., Iscan, M. Y. ve Loth, S. R. (1998). Metric and comparative analysis of sexual dimorphism in the Thai femur", *Journal of Forensic Sciences*, 43(5), 954-958.
- Kranioti, E., Vorniotakis, N., Galiatsou, C., İşcan, M. Y., ve Michalodimitrakis, M. (2009). Sex identification and software development using digital femoral head radiographs, *Forensic Science International* 189(1) 113.e1-113.e7.
- Krogman, W. M. ve Iscan, M. Y. (1986). *The human skeleton in forensic medicine*. Charles C. Thomas Springfield.
- López-Alcaraz, M., Garamendi González, P. M., Alemán Aguilera, I. ve Botella López, M. (2013). Image analysis of pubic bone for sex determination in a computed tomography sample, *International Journal of Legal Medicine* 127(6),1145-1155. (<https://doi.org/10.1007/s00414-013-0900-1>)
- Mahakkanukrauh, P., Ruengdit, S., Tun, M. S., Case, D. R. ve Sinthubua, A. (2017) Osteometric sex estimation from the os coxa in a Thai population, *Forensic Science International* 271(127),e1-e7.
- Patriquin, M., Steyn, M. ve Loth., S.R. (2005). Metric analysis of sex differences in South African black and white pelvises, *Forensic Science International* 147(2-3), 119-127. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.074>)
- Seidler, H. (1980). Sex-diagnosis of isolated Os coxae by discriminant functions, *Journal of Human Evolution* 9(8), 597-600. ([https://doi.org/10.1016/0047-2484\(80\)90088-3](https://doi.org/10.1016/0047-2484(80)90088-3))
- Srivastava, R., Saini, V., Rai, R. K., Pandey, S. ve Tripathi, S. K. (2012). A Study of Sexual Dimorphism in the Femur Among North Indians, *Journal of Forensic Sciences* 57(1), 19-23.
- Steyn, M. ve Steyn, M. (2008). Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks, *Forensic Science International* 179(1), 86.e1-86.e6. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.04.022>)

- Steyn, M. ve Patriquin, M. L. (2009). Osteometric sex determination from the pelvis—Does population specificity matter? *Forensic Science International* 191(1–3), 113.e1-113.e5. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.07.009>)
- Tague, R. G. (2000). Do big females have big pelves?, *American Journal of Physical Anthropology* 112(3), 377–393.
- Thompson, T. ve Black, S. (2006). *Forensic human identification: An introduction*. CRC Press.
- Torimitsu, S., Makino, Y. Saithoh, H., Sakuma, A., Ishii, N., Yajima, D. ... Iwase, H. (2015). Morphometric analysis of sex differences in contemporary Japanese pelves using multidetector computed tomography, *Forensic Science International* 257, 530.e1-530.e7. (<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.10.018>)
- Washburn, S. L. (1949). Sex differences in the pubic bone of Bantu and Bushman, *American Journal of Physical Anthropology* 7(3), 425–432. (<https://doi.org/10.1002/ajpa.1330070308>)