



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**



DİSTAL TİBİA VE KALKANEUS EPİFİZİNİN ADLİ YAŞ TAHMINİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Hilal TOKGÖZ

**ADLİ TIP ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Yaşar BİLGE**

**ANKARA
2023**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**DİSTAL TİBİA VE KALKANEUS EPİFİZİNİN ADLİ YAŞ
TAHMİNİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN MANYETİK
REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Hilal TOKGÖZ

**ADLİ TIP ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Yaşar BİLGE**

**ANKARA
2023**

Ankara Üniversitesi
Tıp Fakóltesi Dekanlığı'na,

Tıpta Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum “DİSTAL TİBİA VE KALKANEUS EPİFİZİNİN ADLİ YAŞ TAHMİNİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımda yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Bu tez çalışmasıyla ilgili tüm süreçler Ankara Üniversitesi Tıp Fakóltesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından, 16.03.2022 tarihinde, İ04-147-22 numaralı kararla onaylanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Hilal TOKGÖZ

Tarih:

İmza:

ÖZGÜNLÜK RAPORU

İşleme Konduğu Tarih: 11.12.2022 Saat: 18:08

Numara: ID numarası 1977956019

Kelime sayısı: 19575 kelime

Karakter sayısı: 122137

Gönderildi: 1 kez tarandı

Tez başlığı: DİSTAL TİBİA VE KALKANEUS EPİFİZİNİN ADLİ YAŞ TAHMİNİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazar: Hilal Tokgöz tarafından

ORJİNALLİK RAPORU

% **12**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **12**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **2**

YAYINLAR

% **2**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN		Sınav tarihi: 06 / 02 / 2023
Adı, Soyadı	: HİLAL TOKGÖZ	
Anabilim/Bilim Dalı	: ADLİ TIP ANABİLİM DALI	
Tez Danışmanı	: PROF.DR.YAŞAR BİLGE	

II. TEZ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Tezin Başlığı: : Distal Tibia ve Kalkaneus Epifizinin Adli Yaş Tahmininde Uygulanabilirliğinin Rezonans Görüntüleme ile Değerlendirilmesi”	
Tezin Niteliği:	☐ Ana Dal Uzmanlık Tezi ☐ Yan Dal Uzmanlık Tezi
Kaçıncı tez sınavı olduğu:	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3

III. KARAR	
Yapılan tez sınavı sonucunda yukarıda belirtilen tezin “Tıpta Uzmanlık Tezi” olarak	
☒ Kabulüne ☐ Reddine ☐ Düzeltmeler yapıldıktan sonra tekrar değerlendirilmesine	
☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

IV. AÇIKLAMALAR	
Lütfen, tezin reddi veya düzeltme istenmesi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız	

Prof.Dr.Gürol CANTÜRK

Jüri Başkanı

Adli Tıp Anabilim Dalı

Prof.Dr.Yaşar BİLGE

Jüri Üyesi

Adli Tıp Anabilim Dalı

Prof.Dr.Ramazan AKÇAN

Jüri Üyesi

Hacettepe Üniv. Adli Tıp Anabilim Dalı

ÖNSÖZ

Öğrenciyken bize adli tıpı sevdiren ve asistanlık süresi boyunca desteğini gördüğüm, daima bizimle bilgilerini ve tecrübelerini paylaşan tez danışmanım Prof. Dr. Yaşar BİLGE'ye,

Asistanlık süresince her konuda yardımcı ve destek olan Adli Tıp Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Gürol CANTÜRK'e, eğitimimize verdikleri katkılardan ötürü Prof. Dr. N. Lale ŞATIROĞLU TUFAN'a, Prof. Dr. Nergis CANTÜRK'e ve Öğr. Gör. Dr Emrah EMİRAL'a,

Tezimin radyolojik tetkiklerinin değerlendirilmesi ve ölçülmesi aşamasında desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Ömer Suat FİTÖZ ve Öğr. Gör. Dr. Seda KAYNAK ŞAHAP'a,

Beraber çalışma fırsatı bulduğum asistan arkadaşlarıma ve tüm adli tıp personellerine,

Handan ve Tülay'a,

Can dostlarım Esra, Sezin ve Canan'a,

Hayatımın anlamı olan Mehmet Ali, Utku Göktürk, Ufuk Göktuğ'a ve tüm aileme minnettarım.

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Özgünlük Raporu	iii
Kabul Onay Sayfası	iv
Önsöz	v
İçindekiler	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	viii
Şekiller Dizini	ix
Tablolar Dizini	ix
1. ÖZET	1
2. ABSTRACT	3
3. GİRİŞ VE AMAÇ	5
4. GENEL BİLGİLER	8
4.1. Ülkemizde Yaş Tespitinin Kanun ve Mevzuatlar Açısından Önemi	8
4.1.1. 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK)	8
4.1.2. 5271 Sayılı Ceza Muhakemesi Kanunu(CMK)	10
4.1.3. 4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu (TMK)	11
4.1.4. 5490 Sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu	11
4.1.5. 5395 Sayılı Çocuk Koruma Kanunu	12
4.1.6. Hukuk Muhakemeleri Kanunu	12
4.1.7. 5275 Sayılı Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanun	12
4.1.8. Diğer Kanun ve Mevzuatlarda Yaşın Önemi	13
4.2. Yaş Tespitinde Kullanılan Yöntemler	13
4.2.1 Morfolojik Yöntemler	13
4.2.1.1. Puberte Belirtileri	13
4.2.1.2. Prader Orşidometresi	15
4.2.1.3. Dişler	15
4.2.2. Histolojik Yöntemler	15
4.2.3. Radyolojik Yöntemler	16
4.2.3.1. Direkt Grafiler	16
4.2.3.1.1. Greulich-Pyle Atlası	17
4.2.3.1.2. Tanner-Whitehouse Yöntemi	17
4.2.3.1.3. Gök Atlası	17

4.2.3.1.4 Diğer Atlaslar	17
4.2.3.2. Ultrasonografi (USG)	18
4.2.3.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	18
4.2.3.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)	18
4.3. Ayak ve Ayak Bileği Anatomisi	22
4.3.1. Tibia-Fibula	22
4.3.2. Tarsal kemikler	23
4.3.3. Eklemler	23
4.4. Ayak ve Ayak Bileği Kemikleşme Merkezleri	26
4.4.1. Tibia – Fibula	26
4.4.2. Tarsal – Metatarsal Kemikler ve Falankslar	27
5. GEREÇ VE YÖNTEM	29
5.1. Araştırma Yöntemi	29
5.2. Radyolojik Değerlendirme	30
5.3. İstatistiksel Analiz	32
6. BULGULAR	38
6.1. Hasta Karakteristikleri	38
6.2. Vieth Yöntemi ile Distal Tibia Epifizinin Değerlendirilmesi	39
6.3. Dedouit Yöntemi ile Distal Tibia Epifizinin Değerlendirilmesi	39
6.4. Dedouit Yöntemi ile Kalkaneus Apofizinin Değerlendirilmesi	42
6.5. Vieth Yöntemi ile Kalkaneus Apofizinin Değerlendirilmesi	45
6.6. Distal Tibia Epifizi ve Kalkaneus Apofizinden Yapılan Evrelendirmelerinin Korelasyonlarının Değerlendirilmesi	47
6.7. Distal Tibia Fizis Kalınlığının Adli Yaş Tahmininde Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi	47
6.8. Kalkaneus Fizis Kalınlığının Adli Yaş Tahmininde Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi	51
6.9.Yasa ve Kanunlara Göre Adli Tıp Uygulamaları Açısından Sık Kullanılan Yaş Sınırlarına Göre Yapılan Gruplar İle Evrelerin Karşılaştırılması	52
6.10. Gözlemci İçi ve Gözlemciler Arası Uyumun Değerlendirilmesi	53
7. TARTIŞMA	54
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
9. KAYNAKLAR	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

AUC	Eğri altında kalan alan
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CMK	Ceza Muhakemesi Kanunu
DMK	Devlet Memurları Kanunu
DT	Distal tibia
EAA	Eğri Altında Kalan Alan
FOV	Field of view
GA	Güven aralığı
GP	Greulich-Pyle
K	Kalkaneus
MRG	Manyetik rezonans görüntüleme
N	Sayı
NPD	Negatif prediktif değer
NOR	Nükleolar Organizör Bölgelerin
PACS	Picture Archiving and Communication Systems
PD	Proton dansite
PPD	Pozitif prediktif değer
ROC	Receiver Operating Characteristic
OO+	Pozitif Olabilirlik Oranı
SS	Standart sapma
STIR	Short time inversion recovery
Ort	Ortalama
T	Tesla
T1	T1 ağırlıklı
T2	T2 ağırlıklı
TCK	Türk Ceza Kanunu
TMK	Türk Medeni Kanunu
TSE	Turbo spin echo
TW3	Tanner-Whitehouse
USG	Ultrasonografi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1:	Vieth evrelemesi: MRG Koronal T1 ağırlıklı kesitlerinde evrelemelerin aşamalarına ilişkin şematik çizimler ve vaka örnekleri	21
Şekil 2:	Vieth evrelemesi: MRG Koronal T2 ağırlıklı kesitlerinde evrelemelerin aşamalarına ilişkin şematik çizimler ve vaka örnekleri	21
Şekil 3:	Dedouit evrelemesi: Dizin koronal MR taramaları, T2 proton yoğunluğu ağırlıklı görüntüler	22
Şekil 4:	Ayak bileği anatomisinin ön-arka ve yan planlardan şematik görünüşü	24
Şekil 5:	Kalkaneusun medial lateral, arkadan ve yukarıdan görünümü, önemli anatomik yapıların gösterilmesi.....	25
Şekil 6:	Ayak bileği ekleminin kadavra modelinde yandan (A) ve arkadan (B) görüntüleri.....	25
Şekil 7:	Tibia kemikleşme aşamalarının şematik gösterimi.....	26
Şekil 8:	Ayak ve ayak bileği kemiklerine ait ossifikasyon bilgilerini gösterir şematik görünüm	28
Şekil 9:	Dedouit evreleme yönteminin distal tibia için yapılan uyarlaması STIR ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri	33
Şekil 10:	Dedouit evreleme yönteminin kalkaneus için yapılan uyarlaması PD ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri	33
Şekil 11:	Vieth evreleme yönteminin distal tibia için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görüntüler alt kısımda ise T1 ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri.....	34
Şekil 12:	Vieth evreleme yönteminin distal tibia için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görüntüler alt kısımda ise STIR ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri.....	35
Şekil 13:	Vieth evreleme yönteminin kalkaneus için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görüntüler alt kısımda ise T1 ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri.....	36
Şekil 14:	Vieth evreleme yönteminin kalkaneus için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görüntüler alt kısımda ise PD ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri.....	37
Şekil 15:	Vieth yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği.....	41
Şekil 16:	Dedouit yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği.....	43
Şekil 17:	Dedouit yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği.....	44
Şekil 18:	Vieth yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği.....	46
Şekil 19:	Distal tibia fizis kalınlığı için <12 kadınlarda " $1,95 \leq$ " ve <12 erkeklerde " $2,05 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri.....	50

- Şekil 20:** Distal tibia fizis kalınlığı için <15 kadınlarda " $1,25 \leq$ " ve <15 erkeklerde " $1,55 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri..... 50
- Şekil 21:** Distal tibia fizis kalınlığı için <18 kadınlarda " $0,75 \leq$ " ve <18 erkeklerde " $0,85 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri..... 50
- Şekil 22:** Kalkaneus fizis kalınlığı için <12 kadınlarda " $1,25 \leq$ " ve <12 erkeklerde " $1,35 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri..... 51
- Şekil 23:** Kalkaneus fizis kalınlığı için <15 kadınlarda " $1,05 \leq$ " ve <12 erkeklerde " $1,15 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri..... 52



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1:	Seksüel olgunlaşma evrelerini gösteren Tanner evrelemesi.....	14
Tablo 2:	Literatürde tanımlanan ve sık kullanılan evreleme sistemleri.....	19
Tablo 3:	Çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ve cinsiyete göre dağılımı	38
Tablo 4:	Vieth yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler.....	39
Tablo 5:	Dedouit yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler.....	42
Tablo 6:	Dedouit yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler.....	45
Tablo 7:	Vieth yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler.....	45
Tablo 8:	Evreleme sistemleri ve evrelenen ossifikasyon merkezlerinin korelasyon analizleri	47
Tablo 9:	Adli uygulamalar açısından önemli yaşlara göre gruplandırılan hastalarda belirlenen distal tibia fizis kalınlığı kesme noktalarının yaş tahmininde kullanılabilirliğine ait veriler.....	49
Tablo 10:	Adli uygulamalar açısından önemli yaşlara göre gruplandırılan hastalarda belirlenen kalkaneus fizis kalınlığı kesme noktalarının yaş tahmininde kullanılabilirliğine ait veriler.....	49
Tablo 11:	Adli tıp uygulamaları açısından önemli olan yasa ve kanunlara göre belirlenen yaş sınırlarına göre evrelerdeki kişi sayılarının dağılımı (Erkekler)	53
Tablo 12:	Adli tıp uygulamaları açısından önemli olan yasa ve kanunlara göre belirlenen yaş sınırlarına göre evrelerdeki kişi sayılarının dağılımı (Kadınlar)	53
Tablo 13:	Literatürde yapılan tarama sonucunda tespit edilen adli yaş tahmininde MRG kullanımı ile ilgili çalışmalara ait veriler	56

1. ÖZET

Amaç: Adli tıp uygulamalarında ilk aşama kimlik teşhisidir. Kimlik teşhisinin de en önemli aşaması yaş tahminidir. Günümüzde radyasyon içermeyen yöntemlerle yaş tahminine yönelik araştırmalar giderek artmakta ve uygulamada daha fazla tercih edilmeye başlamıştır. Bu çalışmanın amacı 8-25 yaş arası bireylerin ayak ve ayak bileği manyetik rezonans görüntülerinin incelenerek, daha önce başka kemik bölgeleri için kullanılabilir olduğu gösterilmiş Vieth ve Dedouit evreleme yöntemlerinin distal tibia epifizi ve kalkaneus apofizi için uygulanabilirliğinin araştırılması ve fizis kalınlığının adli yaş tahmininde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda Ocak 2010- Aralık 2022 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalına başvurarak ayak bileği manyetik rezonans görüntülemesi (1.5 Tesla) yaptıran 8-25 yaş bireylerin görüntüleri retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kriterlerimize uyan 342 bireyin 172'si erkek 169'u kadındır. Distal tibia epifizi ve kalkaneus apofizi Vieth ve Dedouit sınıflandırmasına göre değerlendirilmiştir. Distal tibia ve kalkaneus fizis kıkırdağı kalınlıkları da ölçülerek değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışmamızın sonucuna göre; distal tibia Dedouit sınıflandırmasına göre Evre 3-4-5 Vieth'e göre Evre 4-5-6 olan tüm bireylerin cinsiyet fark etmeksizin 12 yaş üzerinde olduğu, Dedouit'e göre Evre 4-5 Vieth'e göre Evre 5-6 olan tüm bireylerin cinsiyet fark etmeksizin 15 yaş üzerinde olduğu ve Dedouit'e göre Evre 5 Vieth'e göre Evre 6 olan tüm erkek bireylerin 18 yaş üzerinde olduğu tespit edildi. Kalkaneus evreleri Dedouit'e göre Evre 1-2-3 Vieth'e göre Evre 2-3-4 olan erkeklerin tamamının 18 yaşın altında, kadınların ise 15 yaşın altında olduğu tespit edilmiştir. Distal tibia için belirlenen kesme değerlerinin pozitif olabilirlik oranları <12 Kadın (OO+:18,6) ve <15 Kadın (OO+: 34,42) gruplarında 10'un üzerinde ve testin geçerliliğinin yüksek olduğu, <15 Erkek grubunda geçerliliğin orta düzeyde, diğer gruplarda ise yeterli düzeyde olduğu tespit edildi. 18 yaş üzerinde olan kişilerden ROC analizi için yeterli sayıda ölçüm olmadığı için kalkaneus fizis kalınlığı sadece <12 ve <15 yaş grupları için değerlendirilmiştir. Kesme noktaları distal tibiaya kıyasla daha ince idi. <12 erkeklerde olabilirlik oranı 3,76 ile en düşük değerdı ve tüm gruplarda kalkaneus fizis kalınlığının adli yaş tahmininde kullanılabilir olduğu gözlenmiştir.

Sonuç: Adli yaş tahmininde multidisipliner bir değerlendirme ile birden fazla yöntem kullanmak hata payını en aza indirir. Ayak bileği MRG kesitleri de adli yaş tahmininde

kullanılabilir olarak görünmektedir. Hem yaş ortalamaları hem de minimum maksimum yaş konseptine göre mevcut çalışmada kayda değer sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca mevcut çalışmada büyüme plağı kalınlığının da ölçülerek adli yaş tahmininde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesine yönelik analizlerde fizis kalınlığının 12, 15 ve 18 yaş sınırlarının değerlendirilmesinde ümit vadeden bir teknik olabileceği gösterilmiştir. Ancak sosyoekonomik düzey, boy-kilo, demografik özellik verilerinin daha ayrıntılı olarak değerlendirildiği daha yüksek örneklem büyüklüğüne sahip prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar sözcükler: Adli yaş tahmini, manyetik rezonans görüntüleme, Vieth metodu, Dedouit metodu, kimliklendirme.



2. ABSTRACT

Aim: The first step in forensic medicine applications is identification. One of the most important stages of identification is age estimation. Nowadays, research interest on age estimation with non-radiation methods are increasing and it has started to be preferred more in practice. The aim of this study is to investigate feasibility of Vieth and Dedouit staging methods for distal tibial epiphysis and calcaneal apophysis, which were previously presented to be usable for other bone regions, by examining foot and ankle magnetic resonance images (MRI) of individuals aged 8-25 years, and to evaluate the usability of physis thickness in forensic age estimation.

Materials and Methods: In our study, MRIs of 8-25 years old individuals who referred to Ankara University Faculty of Medicine Radiology Department between January 2010 and December 2022 and had ankle MRI were evaluated retrospectively. Of the 342 individuals (M: 172, F: 169) who met study criteria. Distal tibial epiphysis and calcaneal apophysis were evaluated according to Vieth and Dedouit classification. Distal tibia and calcaneal physis cartilage thicknesses were also measured.

Results: According to results on distal tibia; all individuals with stage 3-4-5 according to Dedouit classification, stage 4-5-6 according to Vieth, were over 12 years old regardless of gender. It was determined that all individuals with Stage 5-6 according to Dedouit, Stage 4-5 according to Vieth were over regardless of gender, and all individuals with Stage 5 according to Dedouit and Stage 6 according to Vieth were over 18 years old in males. It was determined that all men with calcaneus stages Stage 1-2-3 according to Dedouit and Stage 2-3-4 according to Vieth are under age of 18 and women are under age of 15. The positive likelihood ratios of cut-off values determined for distal tibia were over 10 in <12 Female (OR+:18.6) and <15 Female (OR+: 34.42) groups and validity of the test was high, validity was moderate in <15 male group, and other groups were found to be sufficient. Calcaneal physis thickness was evaluated only for <12 and <15 years. The cut-off points were thinner compared to distal tibia. Similarly, men's calcaneal physis thickness was bigger than women. In <12 men, likelihood ratio was the lowest at 3.76, and it was observed that calcaneal physis thickness could be used in forensic age estimation in all groups.

Conclusions: Using more than one method with a multidisciplinary evaluation in forensic age estimation minimizes the margin of error. Ankle MRI sections also appear to be useful for forensic age estimation. Significant results were obtained in the present study

according to both mean age and minimum-maximum age concept. In addition, in the current study, it was demonstrated that physis thickness could be a promising technique in the evaluation of 12, 15 and 18 age limits in the analyzes to evaluate its usability in forensic age estimation by measuring the growth plate thickness. However, there is a need for prospective studies with higher sample sizes, in which socioeconomic level, height-weight, and demographic data are evaluated in more detail.

Keywords: Forensic age estimation, magnetic resonance imaging, Vieth method, Dedouit method, identification.



3. GİRİŞ VE AMAÇ

Kimlik tespiti kimliği bilinen bir kimsenin diğer şahıslardan ayırt edilmesine yarayan vücut işaretlerinden yararlanmaktır. Kimlik teşhisi ise tanınmayan bir kimsenin diğer şahıslardan ayırt edilmesine yarayan vücudun muayenesi ile elde edilen bilgilerden anlaşılmasıdır (1). Özellikle adli tıp uygulamalarında tüm işlemlerde ilk olarak kimlik teşhisi yapılmaktadır. Bazı nedenlerden ötürü canlı ya da ölü kişilerden kimlik teşhisi yapılması istenebilmektedir. Doğal afetler, kazalar, intihar ve cinayetler gibi ölümlü durumlarda ya da nüfus kayıtlarının sıkıntılı olduğu durumlarda kimlik teşhisi istenebilmektedir (2, 3). Adli tıp ve hukuk açısından adli kimlik ve tıbbi kimlik olarak iki çeşit kimlik tanımı yapılmıştır. Kişinin cinsiyet, doğum yeri, doğum yılı, ana-baba adı gibi demografik bilgilerinin ve ayrıca kişiye ait fotoğrafın da bulunabildiği belgeye (nüfus cüzdanı, sürücü belgesi, pasaport vb.) adli kimlik denmektedir. Tıbbi kimlik ise boy, vücut ağırlığı, yaş, cinsiyet, saç-göz-cilt rengi, yüz özellikleri, yara-ameliyat-dövme izleri, doğum lekeleri, iskelet sistemi anomalileri, dişlerin yapısal özellikleri gibi dış özelliklerinin tanımlanmasını içerir.

Adli tıp uygulamalarında kimlik teşhisi yapılırken yaşı doğru tespit edilmesi en önemli aşamalardan biridir (4). Kimlik teşhisi gereken durumlarda veya yaşı hususunda şüphe duyulan kişilerden yaş tespiti istenebilmektedir. Adli tıpta yaş tespiti; ceza ehliyeti ve fiil ehliyetinin değerlendirilmesi gibi hukuki durumlarda, okula başlama, evlilik, işe girme, askerlik, emeklilik zamanlarının belirlenmesinde, işlediği bir fiilin anlam ve sonuçlarını anlayacak olgunluğa sahip olup olmama durumunun değerlendirilmesinde, maruz kaldığı cinsel saldırı, hürriyetinden yoksun bırakılma, işkence gibi olaylarda kendini savunup savunamayacağı gibi birçok konuda önemlilik arz etmektedir. Bu gibi nedenlerle adli mercilerden adli tıp uzmanlarından yaş tespiti yapılması istenebilmektedir (5, 6).

Coğrafi konumu nedeniyle Türkiye önemli göç yolları üzerinde bulunmaktadır. Daha önceleri ticaret, seyahat, eğitim gibi geçici nedenlerle daha çok tercih edilen ülkemiz son zamanlarda artan savaşlar ve iç karışıklıklar nedeniyle artık zorunlu göç merkezi konumuna gelmiştir (7). Göç hareketlerinin sebebi ile ilgili tek bir kuram bulunmamakla birlikte dönemsel ve çok etkenli bir olgudur. Günümüzde yaşanan savaşlar, etnik çatışmalar ve ekonomik nedenler göç hareketleri artırmıştır (8). Türkiye 2011 yılında Suriye’de başlayan karışıklık ve çatışma ortamı neticesinde çok sayıda sığınmacı barındırmaya başlamış, dünyada en çok mülteci bulunduran ülke konumuna gelmiştir (9). Bu da ülkemizi çok uluslu toplum

haline getirmektedir. Yasal yollardan giren mültecilerin yanı sıra yasa dışı yollardan da ülkemize gelen çok sayıda sığınmacı bulunmaktadır (7).

Özellikle yasadışı yollarla ülkemize gelen sığınmacılarda kimlik tespiti büyük bir sorun haline gelmiştir. Eğitim-öğretim, çalışma, evlilik ve suç olayları yaşa bağlı kanunlarla belirlendiğinden bu grupta yaş tahmini mutlak suretle gereklidir. Maddi sıkıntılar, işsizlik, gelir seviyesi düşüklüğü, barınma sorunları suçu arttırıcı etkenlerin başındadır. Özellikle sığınmacılarda fazla olan bu sorunlar suç oranlarının sığınmacıların kalabalık olduğu bölgelerde artmasına sebep olmuştur (10). Göçler ve mülteci akımlarındaki artış ve buna bağlı artan hukuksal sorunlar nedeni ile adli yaş tahmini daha önemli hale gelmiştir (11).

Yaş tahmininde en çok kullanılan yöntem kemiklerin direkt radyografi ile incelenmesidir. Radyolojik incelemede; kemik epifizlerinin şekli, büyüklüğü ve kemiğin diğer bölümleri ile ilişkisi değerlendirilmektedir. Gelişimin çeşitli aşamalarında farklı epifizlerin füzyonu farklı zamanlar ve şekillerde gerçekleştiğinden kemik yaşı tahmininde önemli bir kriterdir. Bununla birlikte cinsiyet, ırk, endokrin bozukluklar, beslenmeyle ilişkili bozukluklar, çevresel ve coğrafik faktörler gibi birçok etken kemik gelişimini etkilemektedir (12). Dünyada, radyolojik değerlendirme için kullanılmak üzere çeşitli atlaslar geliştirilmiş olup, ülkemizde en sık kullanılanları “Greulich-Pyle (GP)”, “Tanner-Whitehouse (TW3)” ve “Gök Atlası” atlaslarıdır. GP yöntemi Amerikan çocuk örneklemini baz alınarak oluşturulmuş olup bu yöntemde yaş ve cinsiyet gruplarına göre standart el bilek radyogram örnekleri oluşturulmuştur (13).

Bahsi geçen yaş tahmini metotları doğrudan radyasyon içeren görüntüleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. El bilek röntgenogramları ve ortopantomogramların radyasyon maruziyeti açısından tehlike barındırmadığını bildiren çalışmalar literatürde mevcut olsa da, radyografi ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi radyasyon içeren yöntemler dolayısıyla ortaya çıkabilecek zararlı etkiler hakkında etik tartışmalar devam etmektedir (14, 15). Klinik belirteçlerle gerçekleştirilen yaş tahmini işlemlerinin aksine, X-ray içeren bu tip tanı metotları genellikle gerekli olan yasal destekten mahrum kalmaktadır. Yaş tahmininde önemli olan bu durum, iskelet yaşını değerlendirmede radyasyon içermeyen yöntemlerin kullanımına yönelik bilimsel çalışmalara hız kazandırmıştır. Ultrasonografi (USG) ucuz ve kolay ulaşılabilir bir yöntem olmasına rağmen bulguların yorumlanmasının gözlemci deneyimine bağımlı olması ve objektif dokümantasyonun zorluğu pratik kullanımı için engel teşkil etmektedir. Bu nedenle araştırmacılar yüksek çözünürlük sağlamasıyla birlikte, gözlemci deneyiminin etkisinin daha az olması gibi nedenlerle araştırmalarında Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) kullanımına yönelmişlerdir (16).

Bu çalışmanın amacı, 8-25 yaşı arası bireylerin ayak ve ayak bileği manyetik rezonans görüntülerinin incelenerek, daha önce başka kemik bölgeleri için kullanılabilir olduğu gösterilmiş Vieth (13) ve Dedouit (14) evreleme yöntemlerinin distal tibia epifizi ve kalkaneus apofizi için uygulanabilirliğinin araştırılması ve fizis kalınlığının adli yaşı tahmininde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesidir.



4. GENEL BİLGİLER

4.1. Ülkemizde Yaş Tespitinin Kanun ve Mevzuatlar Açısından Önemi

Adli ve idari kararlar alınırken kişinin olay tarihinde ya da şuan içinde bulunduğu yaş dikkat edilen önemli kimlik belirteçlerindendir. Yasa ve kanun maddelerinde kişilerin sahip oldukları haklar ve sorumluluklar tanımlanırken bazı yaş sınırları dikkate alınmaktadır. Bahsedilen sınırlarla hem adli hem de idari süreçlerde önemli kararlar alınmaktadır. Çok sayıda yasa ve kanun içerisinde yaş ile ilgili atıflar yapılmış olsa da bunlar içerisinde adli tip uygulamaları açısından en önemli olanlardan aşağıda bahsedilmiştir.

4.1.1. 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK)

TCK (17) içerisinde tanımlamalar ve ceza sorumluluklarından bahsederken sıkça kişinin yaşına atıf yapılmaktadır. Örneğin Madde 6 Fıkra (1)'e göre; ceza kanunlarının uygulanmasında çocuk deyimi; “*Henüz onsekiz yaşını doldurmamış kişi*” olarak tanımlanmaktadır. *Ceza Sorumluluğunu Kaldıran veya Azaltan Nedenler* bölümünde Madde 31’de *Yaş küçüklüğü* durumunda ceza sorumluluğundan bahsedilmiş olup; Fıkra (1)’e göre “*Fiili işlediği sırada on iki yaşını doldurmamış olan çocukların ceza sorumluluğu yoktur. Bu kişiler hakkında, ceza kovuşturması yapılamaz; ancak, çocuklara özgü güvenlik tedbirleri uygulanabilir*, Fıkra (2)’de, “*Fiili işlediği sırada on iki yaşını doldurmuş olup da on beş yaşını doldurmamış olanların işlediği fiilin hukukî anlam ve sonuçlarını algılayamaması veya davranışlarını yönlendirme yeteneğinin yeterince gelişmemiş olması hâlinde ceza sorumluluğu yoktur. Ancak bu kişiler hakkında çocuklara özgü güvenlik tedbirlerine hükmolunur. İşlediği fiili algılama ve bu fiille ilgili olarak davranışlarını yönlendirme yeteneğinin varlığı hâlinde, bu kişiler hakkında suç, ağırlaştırılmış müebbet hapis cezasını gerektirdiği takdirde dokuz yıldan on iki yıla; müebbet hapis cezasını gerektirdiği takdirde yedi yıldan dokuz yıla kadar hapis cezasına hükmolunur. Diğer cezaların üçte ikisi indirilir ve bu hâlde her fiil için verilecek hapis cezası altı yıldan fazla olamaz*”, Fıkra (3)’de, “*Fiili işlediği sırada on beş yaşını doldurmuş olup da on sekiz yaşını doldurmamış olan kişiler hakkında suç, ağırlaştırılmış müebbet hapis cezasını gerektirdiği takdirde on dört yıldan yirmi yıla; müebbet hapis cezasını gerektirdiği takdirde dokuz yıldan on iki yıla kadar hapis cezasına hükmolunur. Diğer cezaların yarısı indirilir ve bu hâlde her fiil için verilecek hapis cezası sekiz yıldan fazla olamaz*” denilmektedir.

Sağır ve dilsizlik durumunda ceza sorumluluğu hakkında olan Madde 33’de, “Bu Kanunun, fiili işlediği sırada on iki yaşını doldurmamış olan çocuklara ilişkin hükümleri, on beş yaşını doldurmamış olan sağır ve dilsizler hakkında; on iki yaşını doldurmuş olup da on beş yaşını doldurmamış olanlara ilişkin hükümleri, on beş yaşını doldurmuş olup da on sekiz yaşını doldurmamış olan sağır ve dilsizler hakkında; on beş yaşını doldurmuş olup da on sekiz yaşını doldurmamış olanlara ilişkin hükümleri, onsekiz yaşını doldurmuş olup da yirmibir yaşını doldurmamış olan sağır ve dilsizler hakkında da uygulanır” denilmektedir.

Kısa süreli hapis cezasına seçenек yaptırımlar hakkında olan Madde 50’de Fıkra (3)’e göre “Daha önce hapis cezasına mahkûm edilmemiş olmak koşuluyla, mahkûm olunan otuz gün ve daha az süreli hapis cezası ile fiili işlediği tarihte on sekiz yaşını doldurmamış veya altmış beş yaşını bitirmiş bulunanların mahkûm edildiği bir yıl veya daha az süreli hapis cezası, maddenin birinci fıkrada yazılı seçenек yaptırımlardan birine çevrilir” denilmektedir.

Hapis cezasının ertelenmesi hakkında olan Madde 51’e göre; “İşlediği suçtan dolayı iki yıl veya daha az süreyle hapis cezasına mahkûm edilen kişinin cezası ertelenebilmektedir. Bu sürenin üst sınırı, fiili işlediği sırada on sekiz yaşını doldurmamış veya altmış beş yaşını bitirmiş olan kişiler için üç yıldır. Denetim süresi içinde; on sekiz yaşından küçük olan hükümlülerin, bir meslek veya sanat edinmelerini sağlamak amacıyla, gerektiğinde barınma imkânı da bulunan bir eğitim kurumuna devam etmesine, mahkemece karar verilebilir.” denilmektedir.

Suçta tekerrür ve özel tehlikeli suçlular hakkında olan Madde 58 Fıkra (5)’e göre “Fiili işlediği sırada on sekiz yaşını doldurmamış olan kişilerin işlediği suçlar dolayısıyla tekerrür hükümleri uygulanmaz” denilmektedir.

Dava zamanaşımı hakkında olan Madde 66 Fıkra (2)’ye göre “Fiili işlediği sırada on iki yaşını doldurmuş olup da on beş yaşını doldurmamış olanlar hakkında, bu sürelerin yarısının; on beş yaşını doldurmuş olup da on sekiz yaşını doldurmamış olan kişiler hakkında ise, üçte ikisinin geçmesiyle kamu davası düşer” denilmektedir. Aynı madde fıkra 6’ya göre “çocuklara karşı üstsoy veya bunlar üzerinde hüküm ve nüfuzu olan kimseler tarafından işlenen suçlarda zaman aşımı çocuğun on sekiz yaşını bitirdiği günden itibaren işlemeye başlar” denilmektedir.

Ceza zamanaşımı hakkında olan Madde 68 Fıkra (2)’ye göre “Fiili işlediği sırada oniki yaşını doldurmuş olup da on beş yaşını doldurmamış olanlar hakkında, bu sürelerin yarısının; on beş yaşını doldurmuş olup da on sekiz yaşını doldurmamış olan kişiler hakkında ise, üçte ikisinin geçmesiyle ceza infaz edilmez” denilmektedir.

Suçun çocuğa karşı işlenmesi hali bazı TCK maddelerinde ceza artırıcı neden olarak görülmektedir. Madde 82 *Kasten öldürme-nitelikli haller*, Madde 94 *İşkence*, Madde 96 *Eziyet*, Madde 109 *Kişiyi hürriyetinden yoksun bırakma suçu* bu maddelerdendir.

Çocukların cinsel istismarı hakkında olan Madde 103 Fıkra (1)'de "*Çocuğu cinsel yönden istismar eden kişi, sekiz yıldan on beş yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. Cinsel istismar deyiminden; a) On beş yaşını tamamlamamış veya tamamlamış olmakla birlikte fiilin hukuki anlam ve sonuçlarını algılama yeteneği gelişmemiş olan çocuklara karşı gerçekleştirilen her türlü cinsel davranış, anlaşılır*" denilmektedir.

Reşit olmayanla cinsel ilişki hakkında olan Madde 104'te, "*Cebir, tehdit ve hile olmaksızın, onbeş yaşını bitirmiş olan çocukla cinsel ilişkide bulunan kişi, şikayet üzerine, iki yıldan beş yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır*" denilmektedir.

Çocuğun kaçırılması ve alıkonulması hakkında olan Madde 234'de Fıkra (1)'de "*Velayet yetkisi elinden alınmış olan ana veya babanın ya da üçüncü derece dâhil kan hısmının, on altı yaşını bitirmemiş bir çocuğu veli, vasi veya bakım ve gözetimi altında bulunan kimsenin yanından cebir veya tehdit kullanmaksızın kaçırması veya alıkoyması halinde, üç aydan bir yıla kadar hapis cezasına hükmolunur*", aynı maddenin Fıkra (2)'sinde "*Fiil cebir veya tehdit kullanılarak işlenmiş ya da çocuk henüz on iki yaşını bitirmemiş ise ceza bir katı oranında artırılır*" denilmektedir.

Genel ahlaka karşı suçlar hakkında olan Madde 226(*müstehcenlik*), Madde 227(*fuhuş*), Madde 228(*Kumar oynanması için yer ve imkan sağlama*) ve Madde 229 (*dilencilik*)'a göre çocuk mağdur olması durumunda cezada artırım yapıldığından bahsedilmiştir.

4.1.2. 5271 Sayılı Ceza Muhakemesi Kanunu(CMK)

Tanıklık bölümünde Madde 50 *Yemin verilmeyen tanıklar* hakkında olup, Fıkra (1)' e göre "*Dinlenme sırasında onbeş yaşını doldurmamış olanlar, yeminsiz dinlenir*" denilmektedir. Savunma bölümünde Madde 150 "*Müdafinin görevlendirmesi*" hakkında olup Fıkra (2)'ye göre "*Müdafii bulunmayan şüpheli veya sanık on sekiz yaşını doldurmamış ya da sağır veya dilsiz veya kendisini savunamayacak derecede malûl olur ve bir müdafii de bulunmazsa istemi aranmaksızın bir müdafii görevlendirilir*" denilmektedir.

Duruşma bölümünde Madde 185 *Zorunlu kapalılık* hakkında olup "*Sanık, onsekiz yaşını doldurmamış ise duruşma kapalı yapılır; hüküm de kapalı duruşmada açıklanır*" denilmektedir (18).

4.1.3. 4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu (TMK)

Kişilikle ilgili birinci bölümde *Erginlik* hakkında olan Madde 11’de "*Erginlik on sekiz yaşın doldurulmasıyla başlar.*" denilmektedir. *Ergin kılınma* hakkında olan Madde 12 "*On beş yaşını dolduran küçük, kendi isteği ve velisinin rızasıyla mahkemece ergin kılınabilir.*" denilmektedir.

Kişisel durum sicili ile ilgili ikinci bölümde *Cinsiyet değişikliği* ile ilgili olan Madde 40’da "*Cinsiyetini değişikliğine izin verilebilmesi için istem sahibinin on sekiz yaşını doldurmuş bulunması*" gerektiğinden bahsedilmiştir.

Evlenme bölümü; Evlenme ehliyeti ve engelleri ayırımında Madde 124 evlenme ehliyetinin koşullarından *Yaş* hakkında olup maddeye göre "*Erkek veya kadın onyediyi yaşını doldurmadıkça evlenemez. Ancak, hâkim olağanüstü durumlarda ve pek önemli bir sebeple onaltı yaşını doldurmuş olan erkek veya kadının evlenmesine izin verebilir.*" denilmektedir.

Batıl olan evlenmeler ayırımında Madde 153 *Yasal temsilcinin dava hakkı* hakkında olup maddeye göre "*Küçük veya kısıtlı, yasal temsilcisinin izni olmadan evlenirse, izni alınmayan yasal temsilci evlenmenin iptalini dava edebilir. Bu suretle evlenen kimse sonradan onsekiz yaşını doldurmak suretiyle ergin olur, kısıtlı olmaktan çıkar veya kadın gebe kalırsa evlenmenin iptaline karar verilemez*" denilmektedir.

Evlât edinme ayırımında Madde 306 *Birlikte evlât edinme hakkında olup* bu maddeye göre "*Eşler, ancak birlikte evlât edinebilirler; evli olmayanlar birlikte evlât edinemezler. Eşlerin en az beş yıldan beri evli olmaları veya otuz yaşını doldurmuş bulunmaları gerekir. Eşlerden biri, en az iki yıldan beri evli olmaları veya kendisinin otuz yaşını doldurmuş bulunması koşuluyla diğerinin çocuğunu evlât edinebilir.*" denilmektedir. Madde 307 *Tek başına evlât edinme* hakkında olup bu maddeye göre "*Evli olmayan kişi otuz yaşını doldurmuş ise tek başına evlât edinebilir*" denilmektedir. Yine bu ayırımıda olan Madde 308 de ise *Küçüğün rızası ve yaşı* durumdan bahsedilmiş olup bu maddeye göre "*Evlât edinilenin, evlât edinenden en az onsekiz yaş küçük olması şarttır.*" denilmektedir.

Tasarruf ehliyeti ayırımında Madde 502 *Vasiyet hakkında olup* "*Vasiyet yapabilmek için ayırt etme gücüne sahip ve onbeş yaşını doldurmuş olmak gerekir*" denilmektedir (19).

4.1.4. 5490 Sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu

Üçüncü kısım nüfus olayları birinci bölümde Madde 16; *Doğumu süresi içinde bildirilmemiş olanlar* hakkında olup "*Altı yaşını bitirmemiş olan çocukların doğum tarihinin tespitinde beyan esas alınır. Çocuk altı yaşını doldurmuş ise nüfus müdürlüğüne getirilerek*

resmî sağlık kuruluşunca yaşının tespit edilmesi sağlanır. Doğuma ait resmî belge ibraz edilmesi halinde, yaş tespitine gerek kalmaz" denilmektedir.

Madde 19 ise Bulunmuş çocuklar ve zihinsel engelli kişiler hakkında olup *"Zihinsel özürlü olup da bulunmuş onsekiz yaşından büyük kişileri, mahkemece tayin edilecek olan kayyımları bildirmekle yükümlüdür"* denilmektedir (20).

4.1.5. 5395 Sayılı Çocuk Koruma Kanunu

Tanımlar hakkında olan Madde 3’de “Daha erken yaşta ergin olsa bile, onsekiz yaşını doldurmamış kişi” olarak çocuk tanımı yapılmaktadır. Koruyucu ve Destekleyici Tedbirler bölümünde Koruyucu ve destekleyici tedbir kararı alınması hakkında olan Madde 7 fıkra (6)’ya göre “Tedbirin uygulanması, onsekiz yaşın doldurulmasıyla kendiliğinden sona erer” denilmektedir.

Soruşturma ve kovuşturma kısmında Madde 21 tutuklama yasağı hakkında olup, "Onbeş yaşını doldurmamış çocuklar hakkında üst sınırı beş yılı aşmayan hapis cezasını gerektiren fiillerinden dolayı tutuklama kararı verilemez" denilmektedir.

Denetim bölümünde Madde 37 Denetim görevlisinin görevlendirilmesi hakkında olup "Denetim altına alınan çocukla ilgili olarak denetimli serbestlik ve yardım merkezi şube müdürlüğü tarafından bir denetim görevlisi görevlendirilir. Ancak, korunma ihtiyacı olan çocuklar veya suç tarihinde oniki yaşını bitirmemiş suça sürüklenen çocuklar ile çocuğun aileye teslimi yönünde karar verilmesi hâlinde, bu çocuklar hakkında denetim görevi gözetim esaslarına göre Sosyal Hizmetler ve Çocuk Esirgeme Kurumu tarafından yerine getirilir" denilmektedir (21).

4.1.6. Hukuk Muhakemeleri Kanunu

Yeminsiz dinlenebilecek kişiler hakkında olan Madde 257 fıkra (1)’e göre “Dinlendiği sırada onbeş yaşını bitirmemiş olanlar”ın yeminsiz dinlenebileceğinden bahsetmiştir (22).

4.1.7. 5275 Sayılı Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanun

Çocuk kapalı ceza infaz kurumları hakkında olan Madde 11 fıkra (2)’ye göre "On iki-onsekiz yaş grubu çocukların, cinsiyetleri ve fiziki gelişim durumları göz önüne alınarak bu kurumların ayrı ayrı bölümlerinde barındırılırlar" denilmektedir.

Çocuk eğitimevleri hakkında olan Madde 15 fıkra (2)’ye göre "Kurum içinde veya dışında herhangi bir eğitim ve öğretim programına devam eden ve onsekiz yaşını dolduran

çocukların, eğitim ve öğretimlerini tamamlayabilmeleri bakımından yirmibir yaşını bitirinceye kadar bu tesislerde kalmalarına izin verilebilir" denilmektedir.

Koşullu salıverilme hakkında olan Madde 107 fıkra (5)'e göre "Koşullu salıverilme süresinin hesaplanmasında, hükümlünün onbeş yaşını dolduruncaya kadar infaz kurumunda geçirdiği bir gün, iki gün olarak dikkate alınır" fıkra 8'de de " Onsekiz yaşından küçük olan hükümlüler, denetim süresinde eğitimlerine, gerektiğinde barınma imkânı da bulunan bir kurumda devam ederler." denilmektedir (23).

4.1.8. Diğer Kanun ve Mevzuatlarda Yaşın Önemi

657 sayılı Devlet Memurları Kanunu (DMK) Madde 40 *Memuriyete girişte yaş* hakkında olup bu maddeye göre; *"Genel olarak 18 yaşını tamamlayanlar devlet memuru olabilirler. Bir meslek veya sanat okulunu bitirenlerin ise en az 15 yaşını doldurmuş olmak ve Türk Medeni Kanunu'nun 12.maddesine göre kazai rüşt kararı almak şartıyla devlet memurluklarına atanabilirler"* denilmektedir. Aynı kanun Madde 206'da *Çocuk için aile yardımı ödeneği verilmeyecek haller* arasında *"25 yaşını dolduran çocuklar"*a aile yardımı ödeneği verilmeyeceğinden bahsedilmektedir (24).

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun çeşitli maddelerinde 16, 18, 20, 23, 25, 39, 55, 58 ve 60 yaşları sınır yaş olarak maddelerde geçmektedir (25).

4.2. Yaş Tespitinde Kullanılan Yöntemler

Yaş tespitinde kullanılan yöntemler morfolojik, histolojik ve radyolojik olarak üç ana başlık altında toplanmıştır. Değerlendirme yapılırken kişiye ait fiziksel ve ruhsal özellikler de göz önüne alınır (12).

4.2.1 Morfolojik Yöntemler

Morfolojik olarak değerlendirmede fiziksel gelişim basamakları göz önüne alınır. Bunlar boy, kilo, beden kitle indeksi, pubertal gelişim belirteçleri ve cinsiyet belirteçleridir. Morfolojik özelliklere bakılarak yaş tahmininde bulunmanın güvenilirliği azdır. Bu sebeple bu yöntemle beraber kemik ve diş gelişiminin de değerlendirmeye katılması gerekmektedir. Ancak fiziksel muayene ve gelişimin değerlendirilmesi özellikle bize gelişimi etkileyen patolojik durumların tespiti açısından yol gösterici olacaktır (26).

4.2.1.1. Puberte Belirtileri

Puberte döneminde sekonder seks belirteçleri, pubertal büyüme ve gonad olgunlaşmasıyla fertilizasyon yeteneği kazanılır. Kızlarda meme gelişimi erkeklerde ise testis

büyümesi puberte başlangıç belirticidir. Puberte kızlarda ortalama 10-11 yaşta erkeklerde ise 11-12 yaşlarda başlar (27).

Puberte döneminde boy-kilo artışı, sekonder seks karakterlerinin gelişimi, yağ-kas dokusu artışı ve vücutta dağılımının değişmesi gibi değişimler görülür. Bu değişimler ortalama 2-6 yıl arasında gerçekleşir. Telarş yani meme dokusu gelişimi kız çocuklarında pubertenin genellikle ilk belirtisidir. Pubarş yani pubik kıllanma %10-20 kızda ilk puberte belirtisi olabilmektedir. Menarş yani adet görme ise doğurganlığın ilk belirtisidir. Genellikle 12-13 yaşlarda olabilir.

Testis hacminin artması erkeklerde pubertenin ilk belirtisidir. Sonrasında pubik ve aksiller kıllanma başlar. Testis hacminin büyümesi 9,5-12 yaşlarda gerçekleşir. Androjene bağlı kıllanma yüz, göğüs, sırt, karın ve uyluk üst kısmında gerçekleşir. Androjene bağlı ses kalınlaşması görülür. Sekonder seks karakterlerinin kazanıldığı, boy uzaması ve kilo alımının hızlı olduğu bu döneme büyüme atağı denir. Bu atak dönemi 2,5-3 yıl sürer. Bu atak dönemi cinsiyet, coğrafi bölge, iklim, hormonal faktörler, ailesel özellikler, beslenme, çevresel faktörler ve aile bireylerinin ergenliğe girme yaşları ile etkilenebilmektedir (28, 29).

Tanner evrelemesi erkek ve kadın bireylerde puberteye bağlı fiziksel gelişimi tanımlayan ve 5 evreden oluşan bir sınıflanmadır (Tablo 1).

Tablo 1: Seksüel olgunlaşma evrelerini gösteren Tanner evrelemesi (30).

	Erkek	Kız
Evre 1	Testis: Hacim < 1.5 mL Fallus: Çocuk gibi Pubik kıllanma yok	Meme: Glandular doku yok Areola ve papilla: Areola göğüs orta hatta Pubik kıllanma yok
Evre 2	Testis: Hacim 1.6-6 mL Skrotum: Büyüme Fallus: Değişiklik yok Pubik kıllanma: Hafif uzun ve renklenme başlamış, skrotum ve fallusun bazalinde	Meme: Küçük glandüler doku Areola: Areola genişlemiş Pubik kıllanma: Kızda labium majörde, hafif uzun ve renklenme başlamış
Evre 3	Testis: Hacim 6-12 mL Skrotum: Büyüme Fallus: Boyunda artma Pubik kıllanma: Daha laterale yerleşmiş ve rengi koyulaşmış, kıvrıcıklaşmış	Meme: Daha büyük ve geniş Areola ve papilla: Areola büyümeye ve genişlemeye devam eder Pubik kıllanma: Daha laterale yerleşmiş, rengi koyulaşmış, kıvrıcıklaşmış
Evre 4	Testis: Hacim 12-20 mL Skrotum: Büyüme ve renkte koyulaşma Fallus: Eninde artma Pubik kıllanma: Erişkin tipinde ama uyluk iç yüzlerine yayılmamış	Meme: Daha geniş ve yukarda Areola ve papilla: Göğüs duvarından ayrı çıkıntı halindedir Pubik kıllanma: Erişkin tipinde ama uyluk iç yüzlerine yayılmamış
Evre 5	Testis: Hacmi > 20 mL Skrotum ve fallus: Erişkin tipinde Pubik kıllanma: Erişkin tipinde	Meme: Erişkin tipinde Areola ve papilla: Erişkin tipinde Pubik kıllanma: Erişkin tipinde

4.2.1.2. Prader Orşidometresi

Erkeklerde puberte gelişiminin değerlendirmesinde önemli bir ölçütte testis hacmi artışıdır. Testis boyutlarındaki artış Prader orşidometresi ile değerlendirilir. Bu yöntemde boyutları 1-25 ml arası değişen 12 tahta veya plastikten oluşan boncuk dizisi ile testis boyutları karşılaştırılır. 1-3 ml prepubertal dönem, 4-12 ml pubertal dönem, 12-25 ml yetişkin dönem olarak sınıflandırılmıştır (31).

4.2.1.3. Dişler

Dişlerdeki yapısal değişikliklerin ve gelişim aşamaların da yaş tahmininde kullanıldığına yönelik birçok çalışma mevcuttur. Çocuklarda gelişim aşamalarına göre erişkinlerde ise yapısal değişikliklere göre değerlendirme yapılır. Dişler yaş tahmini amaçlı direk inceleme, histolojik ve radyolojik olarak incelenebilir. Radyolojik yöntemler canlıda dişlere zarar vermeden değerlendirme yapma imkanı sunduğu için diğer yöntemlere göre daha fazla kullanılmaktadır.

Yaş tahmini amaçlı dişler iki döneme ayrılarak incelenir. Bu dönemler geçici diş dönemi ve kalıcı diş dönemidir. Erişkin olmayan bireylerde dişlerin radyomorfolojik olarak değerlendirilerek yaş tahmininde bulunulması konusunda birçok araştırmacı çalışma yapmıştır. Yöntemler genel olarak araştırmacıların isimleri ile anılmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanlar Nolla, Moorrees, Haavikko, Demirjian, Açık Apeks Yöntemi (Cameriere yöntemi), Schour, Massler, Gleiser, Hunt ve Goldstein yöntemleridir.

Erişkin bireylerde ise morfolojik değişiklikler değerlendirilerek incelemeler yapılır. İncelemede; atrizyon, sement apozisyonu, kök transparanlığı, kök rezorpsiyonu, periodontal çekilme, diş renginin değerlendirilmesi, aspartik asit rasemizasyonu, telomer kısalması, sekonder dentin apozisyonu, radyoaktif karbon-14 belirteçleri kullanılır. Erişkinlerde radyolojik olarak da Kvaal, Drusini ve Cameriere yöntemleri sık kullanılanlardır.

Dişler diğer sistemlere göre kronik hastalıklardan endokrinolojik hastalıklardan daha az etkilendiği için yaş tahmininde sonuçların daha değerli olduğu düşünülmektedir (32-35).

4.2.2. Histolojik Yöntemler

Hücrelerin proliferasyonuna dayanan çeşitli metotlarla postmortem olgularda yaş tahmini için çeşitli yöntemler denenmiştir. Mitotik aktivitenin kullanıldığı bu yöntemlerde Nükleolar Organizatör Bölgelerin (NOR) gümüşle boyanması kullanılarak AgNOR metoduyla yaş tayini yapılmaktadır. Yöntemin uygulanması amaçlı küçük dokular karın cildinden elde

edilebilir (36). Yaş tahmini amaçlı histolojik incelemeler postmortem olgularda kosta ve klavikuladan da yapılabilmektedir (37).

Kemik iliği hücrelerinin gelişim döngüsüne göre yaş ilerledikçe geçirdiği değişimlerle ilgilide çok sayıda çalışma yapılmıştır. Kemik iliğinde yaş ilerledikçe hematopoetik hücre oranı azalarak yağ dokusu hücre oranı artmaktadır. Kemik iliği selülariteside yaşa bağlı azalmaktadır. Ancak aynı dekad kişilerde hatta aynı kişinin farklı kemik dokularında farklı selülaritede izlenebilir (5).

Kas fiber tipleri ve myozin zincirine göre çeşitli kas gruplarından yaş tahmini histolojik yöntemlerle yapılmaya çalışılmaktadır. Ancak histolojik yöntemlerin uygulanması için laboratuvar, teknisyen, bu konuda tecrübeli uzman gerekmektedir. Kesin ve standartize sonuçlar elde etmek zordur. Ayrıca bu yöntem genellikle postmortem olgularda kullanılabilmektedir (13).

4.2.3. Radyolojik Yöntemler

Yaş tahmininde en sık kullanılan yöntemdir. Epifiz kapanma derecelerine göre yaş tahmini yapılmaktadır (5). Epifiz hattı kemiklerin bir veya iki ucunda bulunan kemikleşme bölgeleridir. Uzun kemikler olan tibia, radius, ulna gibi kemiklerin her iki ucunda epifiz hattı varken; kısa kemikler olan metakarp, metatars, falankslarda tek epifiz hattı vardır.

Kemik yaşı kemiklerin gelişim derecesine ve olgunlaşmasına bakılarak normal olgularla kıyaslama ile tespit edilir. Kronolojik yaş doğum tarihi baz alınarak hesaplanan yaştır ve kemik gelişimi normal bir bireyde kronolojik ve kemik yaşı eşittir (5, 38).

4.2.3.1. Direkt Grafiler

Radyolojik tetkiklerde temel tanı yöntemi olarak kullanılan direkt grafilerde X-ışını kullanılarak görüntü elde edilir. Röntgen denilen bu görüntüleme tekniğinde dokuların X-ışını absorbe etme değişikliğine bağlı olarak görüntü elde edilir (39).

Günümüzde yaş tahmininde radyolojik yöntemlerden en sık direkt grafiler kullanılmaktadır. Omuz, dirsek, radius-ulna, el-el bileği, sternum, pelvis, sakrum, koksiks, direk grafileriyle epifiz hatlarının kapanma derecelerine göre değerlendirme yapılır (4). Kemik yaşının değerlendirilmesinde en sık olarak el-el bileği radyografisi kullanılır. Greulich-Pyle(GP), Tanner-Whitehouse(TW) ve Gök Atlaslarındaki standart görüntüler kullanılarak kemikleşme derecesi değerlendirilir (12, 40).

4.2.3.1.1. Greulich-Pyle Atlası

1940'lı yıllarda arasında yüksek sosyoekonomik düzeye sahip Kuzey Amerikalı çocukların sol el-el bileği grafi görüntülerinden oluşturulan bu atlas en fazla kullanılan atlas olmuştur. Çekilen el-el bileği grafi görüntüsünün atlastaki şablonlarla kıyası yapılarak kemik yaşı tahmini yapılır. (12)

GP yöntemiyle taş tahmininde epifiz kapanma aşamaları önem taşımaktadır. El- elbileği grafi görüntüleri kemik gelişiminin en kolay gösterilebildiği anatomik bölgedir.(41)

1959 yılında ikinci baskısı yapılan atlasta kadın ve erkekler için ayrı standart şablonlar oluşturulmuştur. Erkeklerde 19 yaşa kadınlarda ise 18 yaşa kadar standart görüntüler bulunmaktadır. GP yöntemiyle yapılan yaş tahminlerinde coğrafik bölgeye göre farklı sonuçlar çıkabilmektedir.(42)

4.2.3.1.2. Tanner-Whitehouse Yöntemi

1950 yıllarında İskoçya'lı çocukların el bilek grafileri kullanılarak düzenlenmiş bir atlastır. 1983 yılında ikinci baskısı 2001 yılında üçüncü baskısı yayınlanmıştır (43).

Puanlama sistemi kullanılan bu atlasta radius, ulna ve el bileği küçük kemiklerinin epifizleri kullanılır. Puanlama ve şekil analizi sonucu elde edilen değerler atlastaki tablodaki uygun yaş ile kıyaslanarak yaş tahmini yapılır (6, 12, 40).

4.2.3.1.3. Gök Atlası

1985 yılında Şemsi Gök ve arkadaşları tarafından GP atlasının Türkiye uyarlaması olarak oluşturulmuştur. Yaş tahmininde ülkemizde sık kullanılan bir atlastır. Adli Tıpta Yaş Tayini Atlası olarak da bilinen atlasta 1-22 yaş arası ve 25,40 ve 50 yaşları için karşılaştırma yapılabilecek çizimler ve direk grafilere bulunmaktadır. Kıyas yapmak amaçlı el-el bilek kemiklerinin yanı sıra humerus başı, skapula, femur başı, radius distali ve olecranon, iliak üst kenar, iskion alt epifiz hattı, patella, sakrum, koksiks ve sternum kemikleri de bazı yaşlarda değerlendirmeye alınmıştır (44).

4.2.3.1.4 Diğer Atlaslar

Girdany-Golden: Pakistan'da kullanılan bu yerel atlasta el bileği, diz, omuz, kalça, el, ayak, sakrum-koksiks, vertebra, kosta-klavikula direk grafileri yaş tahmini amaçlı kullanılır (42).

Gilsanz&Ratib Atlası: 2005 yılında geliştirilmiş bir dijital atlastır. Yaşa ve cinsiyete göre oluşturulan dijital görüntülerden oluşmaktadır (45).

Adli Tıpta Radyolojik Yaş Tayini Atlası: 2015 yılında Ensar Yekeler tarafından oluşturulmuştur. El-el bileği, Radius, ulna, humerus, pelvis ve klavikula kemiklerine ait kadınlarda 12-23 erkeklerde ise 12-24 yaş arası direk grafi görüntüleri mevcuttur. Görüntüler yanında açıklayıcı bilgilerde bulunmaktadır. Yaş tahmini istenen şahsın direk grafi görüntüleri ile atlastaki görüntüler kıyaslanarak yaş tahmini yapılır (46).

4.2.3.2. Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografiden düşük maliyetli, eş zamanlı görüntü elde edilmesi ve hızlı olması gibi avantajlarıyla yaş tahmini amaçlı epifiz değerlendirmesinde yararlanılmaktadır. Radyasyon içeren tekniklerin terk edilmesinde alternatif bir yöntem olarak düşünülmektedir. Ancak geliştirilmesi için çok sayıda değerlendirme yapılarak standartların oluşturulması gerekmektedir. Ancak USG görüntülemesinin hem subjektif oluşu hem de deneyime bağlı oluşu nedeniyle standart oluşturmak zordur (47).

4.2.3.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Görüntü kalitesi nedeniyle bir dönem bilgisayarlı tomografi ile yapılan yaş tahmini çalışmaları çok revaçtaydı. Görüntülerin kesit alınarak oluşturulması nedeniyle yapıları değerlendirmede süperpozisyon önlendiği için çok daha doğru sonuç vermektedir. Bilgisayar ortamına aktarılan görüntüler tekrar değerlendirme yapmak için arşiv oluşturmak için idealdir. Bu avantajlarına rağmen radyasyon maruziyetinin fazla olması nedeniyle artık günümüzde araştırmacılar radyasyon içermeyen yöntemlere daha çok yöneldiler (48).

4.2.3.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

Manyetik Rezonans Görüntüleme kıkırdaktaki su içeriğinden yararlanır (hacimce %70) ve T1 ağırlıklı dizilerde orta sinyal ve T2, STIR ve PD ağırlıklı dizilerde yüksek sinyal ile gösterir. Kıkırdağın yoğun yapısı nedeniyle fizis bölgesinin değerlendirilmesinde kullanılır.

Fizisin normal yapısının değerlendirmesinde, travma sonrası tanı koyulmasında ve iyileşmenin değerlendirilmesinde MRG'nin daha avantajlı olabileceği bildirilmiştir (49). MRG kesitlerinden yapılan değerlendirmelere son zamanlarda ilgi artmıştır. Çalışmacılar sporcuların yaşını belirlemek için büyüme plakasının değerlendirilmek ve son zamanlarda yaş belgeleri olmayan mültecilerin yaşının değerlendirmek amacıyla MRG kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır (50).

Büyüme plağını yaşa göre derecelendirmek için farklı MRG dizileri ve derecelendirme ölçekleri kullanılmıştır. Radyasyon maruziyeti ve standartlaştırma sorunları gibi dezavantajlara karşı koymak için, birkaç araştırma grubu, anatomik bölgelerin gelişimsel

durumunu değerlendirmek için MRG kullanımını önermektedir. Gelişimi incelemek için gerekli ayrıntılar rutin klinik MRG'de net olmayabileceğinden, birkaç özel MRG protokolü de geliştirilmiştir. Bununla birlikte, MRG, yaş tahmini uygulamasında henüz rutin olarak kullanılmamaktadır çünkü optimal MRG yaklaşımının hangisi olduğu belirsizliğini korumaktadır. Pilot çalışmalarda ve kesitsel referans çalışmalarında farklı MRG yaklaşımları bildirilmiştir.

Gelişmekte olan dişlerin veya kemiklerin radyografilerine dayanan yaş tahmini referans çalışmaları ile karşılaştırıldığında, MRG çalışmalarının iki eksikliği vardır; tümü nispeten küçük bir çalışma popülasyonu içermektedir ve geçerlilik-güvenilirlik çalışmaları henüz yoktur (51). Ancak yaş sınırlamasının önemli olduğu prestijli spor turnuvaları için yapılan değerlendirmelerde yaşı daha doğru tahmin edilmesi için bir MRG iskelet yaşı atlasının kullanılmasının zamanı gelmiştir denilmektedir. Çalışmalar 15-19 yaş gruplarında röntgenlerin distal radyal füzyon derecesini T1 ağırlıklı MRG'ye kıyasla önemli ölçüde abarttığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle distal radyal füzyonu derecelendirmek için yalnızca x-ışınlarının kullanılması, gerçekten 17 yaşın altındaki oyuncuların prestijli 17 yaş altı Dünya Kupası veya diğer büyük U17 yaş grubu spor etkinlikleri için diskalifiye edilmesiyle sonuçlanabilir denmektedir (52).

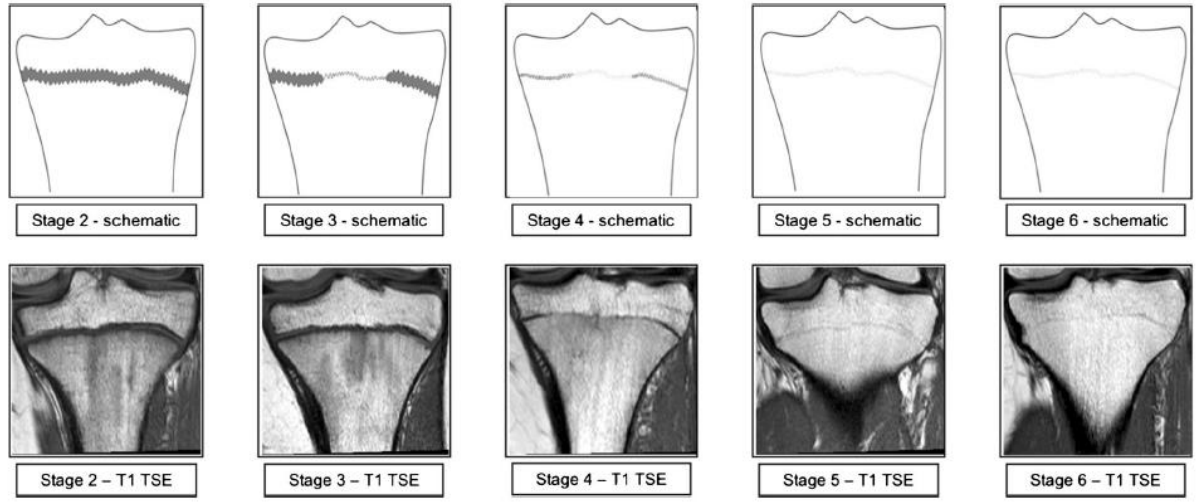
Tablo 2: Literatürde tanımlanan ve sık kullanılan evreleme sistemleri

Daghighi (53)	Evre 1: Ossifikasyon merkezleri kemikleşmemiştir ve füzyon yoktur Evre 2: Ossifikasyon merkezleri kemikleşmiş, epifiz kıkırdak kemikleşmemiştir Evre 3: Epifiz kıkırdak kısmı kemikleşmesi Evre 4: Epifiz skarı görülüyor Evre 5: Epifiz skarı görülmez
Dedouit (54)	Evre 1: Metafiz ile epifiz arasında şerit şeklinde fizis hattı vardır ve kalınlığı 1,5 mm'den fazla olan sürekli, yatay ve çok katmanlı kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur. Evre 2: Metafiz ile epifiz arasında sürekli yatay lineer kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur, kalınlığı 1,5 mm'den fazla, sinyal yoğunluğu artmış, ancak laminer görünüm yoktur. Evre 3: Metafiz ile epifiz arasında kalınlığı 1,5 mm'den az, sinyal yoğunluğu artmış, sürekli yatay lineer kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur. Evre 4: Metafiz ile epifiz arasında süreksiz yatay lineer kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur, kalınlığı 1.5 mm'den azdır ve süreksiz artan sinyal yoğunluğu vardır. Evre 5: Metafiz ile epifiz arasında artan sinyal yoğunluğu yoktur.
Saint-Martin (55)	Evre 1: Kaynaşma yok Metafiz ile epifiz arasında bir boşluk vardır ve köprü yoktur. Boşluğun üst kısmında, kıkırdak benzeri bir sinyal yoğunluğuna sahip yatay, bazen çok katmanlı, sürekli bir şerit vardır. Evre 2: Kısmi birleşme Metafiz ve epifiz arasındaki boşluk sürekli değildir. Serinin en az bir görüntüsünde, yatay şerit yerine epifiz ve metafiz arasında köprü oluşturan puslu bir alan vardır. Her iki bölüm de bazı bölümlerde ve dizinin en az bir görüntüsünde hala tamamen ayrıdır. Evre 3: Tam birleşme, serinin tüm görüntülerinde epifiz ve metafiz birleşir. Bazı durumlarda epifiz skarını çağrıştıran ince bir yatay çizgi kalabilir.

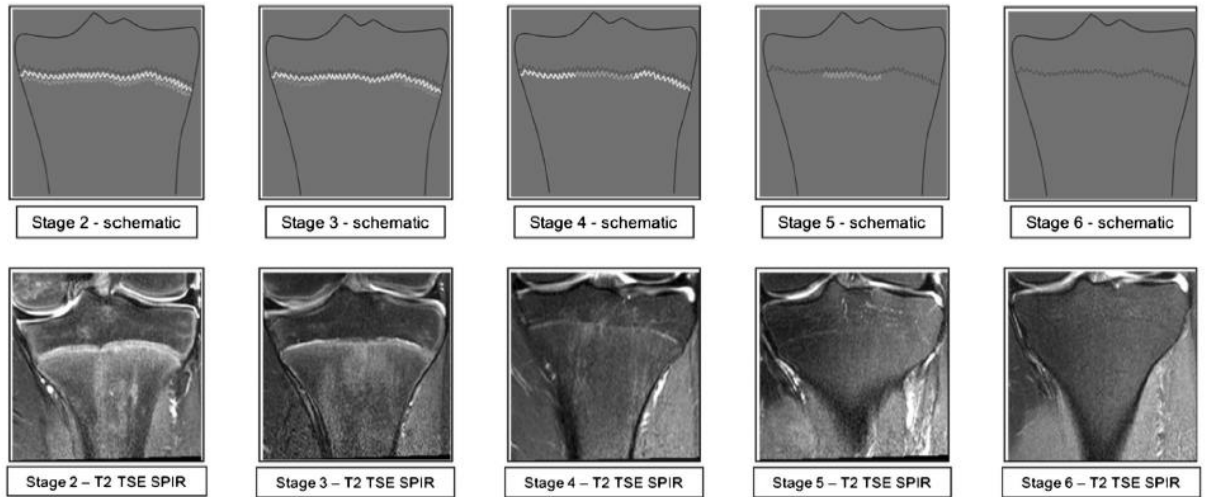
Tablo 2: (Devamı) Literatürde tanımlanan ve sık kullanılan evreleme sistemleri

Schmeling (56) ve Kellinghaus (57)	Evre 1: Epifiz henüz kemikleşmemiştir. Evre 2a: Kemikleşmiş epifizin uzunluğu, metafiz ucunun genişliğine kıyasla üçte bir veya daha azdır. Evre 2b: Kemikleşmiş epifizin uzunluğu, metafiz ucunun genişliğine kıyasla üçte bir ile üçte iki arasındadır. Evre 2c: Kemikleşmiş epifizin uzunluğu, metafiz ucunun genişliğine kıyasla üçte ikisinden fazladır. Evre 3a: Epifiz-metafiz füzyonu, epifiz ve metafiz arasındaki önceki boşluğun üçte birini veya daha azını tamamlar. Evre 3b: Epifiz-metafiz füzyonu, epifiz ve metafiz arasındaki eski boşluğun üçte biri ile üçte ikisi arasında tamamlanır. Evre 3c: Epifiz-metafiz füzyonu, epifiz ve metafiz arasındaki önceki boşluğun üçte ikisinden fazlasını tamamlar. Evre 4: Epifiz kıkırdağı tamamen kemikleşir ve epifiz skarı görülür. Evre 5: Epifiz kıkırdağı tamamen kaynaşmıştır ve epifiz skarı artık görünmez.
Schmidt (58)	Evre 1: Ossifikasyon merkezi kemikleşmemiştir. Evre 2: Ossifikasyon merkezi kemikleşmiş, epifiz kıkırdağı kemikleşmemiştir. Evre 3: Epifiz kıkırdağı kısmen kemikleşir. Evre 4: Epifiz kıkırdağı tamamen kemikleşir.
Timme (59)	Evre 1: Epifiz kemikleşmemiştir. Evre 2: Epifiz kemikleşmiştir, ancak epifiz kıkırdağı kemikleşmemiştir. Evre 2a: Epifiz kemikleşme merkezinin uzunluğu, metafiz ucunun genişliğinin üçte biri veya daha azdır. Evre 2b: Epifiz kemikleşme merkezinin uzunluğu, metafiz ucunun genişliğinin üçte biri ile üçte ikisi arasındadır. Evre 2c: Epifiz kemikleşme merkezinin uzunluğu, metafiz ucunun genişliğinin üçte ikisinden fazladır. Evre 3: Epifiz kıkırdağı kısmen kemikleşmiştir. Evre 3a: Epifiz-metafiz füzyonu, epifiz ve metafiz arasındaki önceki boşluğun üçte birini veya daha azını doldurur. Evre 3b: Epifiz-metafiz füzyonu, epifiz ve metafiz arasındaki önceki boşluğun üçte biri ile üçte ikisini doldurur. Evre 3c: Epifiz-metafiz füzyonu, epifiz ve metafiz arasındaki önceki boşluğun üçte ikisinden fazlasını doldurur. Evre 4: Epifiz kıkırdağı tamamen kemikleşmiştir ve epifiz skarı hala görülebilir. Evre 4a: Eski epifiz plağının yerinde bir dizi hipointens, bir hiperintens ve bir hipointens bant görülmektedir. Evre 4b: Epifiz skarı, eski epifiz plağının yerinde görülebilen tek yapıdır. Evre 5: Epifiz kıkırdağı tamamen kemikleşmiştir ve görünürde epifiz skarı yoktur.
Vieth (60)	Evre 2: T1 sekansında orta düzeyli sinyal intensitesine sahip kesintisiz bir band izlenir. Bu bandın epifiz ve diyafize doğru olan duvarlarında sinyal intensitesinin düşük olduğu ya da hiç olmadığı tırtıklı hatlar izlenir. T2 sekansında, epifiz sinyal yoğunluğunun düşük olduğu ya da hiç olmadığı tırtıklı bir hat ile sınırlanır. Metafizde iki adet yüksek sinyal intensitesine sahip tırtıklı hat izlenir. Her iki hat kesintili veya kesintisiz olabilir. Evre 3: T1 sekansında orta düzeyli sinyal intensitesine sahip kesintili bir band izlenir. Bu bandın epifiz ve diyafize doğru olan duvarlarında sinyal intensitesinin düşük olduğu ya da hiç olmadığı tırtıklı hatlar izlenir ve bu hatlar sporadik olarak birleşip ayrılarak sinyal intensitesi olmayan tek tırtıklı hat meydana getirir. T2 sekansında metafizde iki adet yüksek sinyal intensitesine sahip tırtıklı hat izlenir ve bu hatlar birleşerek intensitesi yüksek tek tırtıklı hat meydana getirir. Evre 4: T1 sekansında epifiz ve diyafiz arasında orta düzeyde sinyal intensitesine sahip kesintili, ince ve tırtıklı hat izlenir. Bu hattın devamlılığında sinyal intensitesi olmayan daha kalın bölümler görülebilir. T2 sekansında, T1 sekansında tanımlanan ince hatta karşılık gelen tek, ince, kesintili veya noktalı, hiperintens hat izlenir. Hattın devamlılığında kalın hiperintens bölümler izlenebilir. Evre 5: T1 sekansında epifiz ve diyafiz arasında orta düzey sinyal yoğunluğuna sahip devamlı bir hat izlenir. T2 sekansı T1 sekansında tanımlanan ince hatta karşılık gelen bölgede tek, ince, kesintili veya noktalı, hiperintens hat izlenir. Evre 6: T1 sekansında epifiz ile diyafiz arasında orta düzeyli sinyal intensitesine sahip kesintisiz ince bir hat izlenir. T2 sekansında, T1 sekansında tanımlanan ince hatta karşılık gelen bölgede herhangi bir hiperintens hat izlenmez.

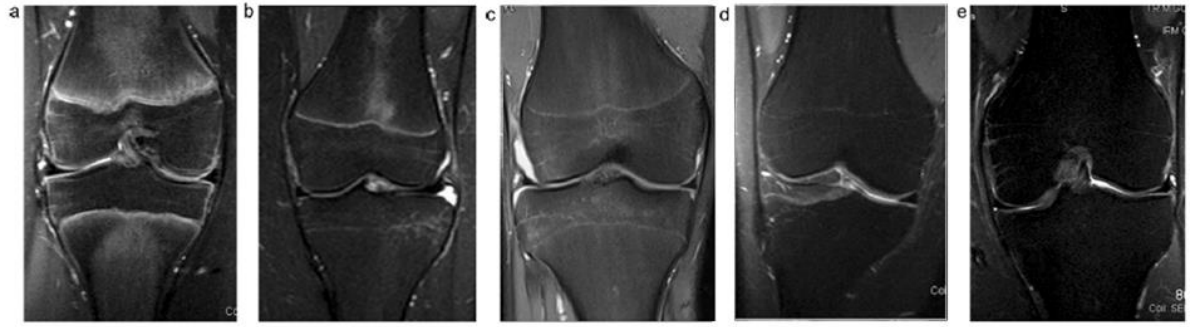
Mevcut durumda MRG görüntüleri kullanılarak tanımlanmış evreleme sistemleri vardır (Tablo 2). Bunlar arasında en yaygınlar Vieth (60) ve Dedouit (54) yöntemleridir (Şekil 1-3). Her iki yöntemde de daha sık çekimi gerçekleştirilen diz MRG görüntüleri ile çalışılmıştır. MRG kesitlerinde fizisin özellikleri ve kemik gövdesi ile epifizin birleşme dereceleri değerlendirilmiştir. Her iki evreleme sisteminde de 5 evre tanımlanmıştır. Vieth evrelemesi hem T1 hem T2 veya yağ baskılı kesitleri değerlendirmeye alırken Dedouit evrelemesi sadece T2 veya yağ baskılı kesitlerle değerlendirme önermektedir. Takip eden süreçte ise farklı eklem MRG kesitleri üzerinde çalışan araştırmacılar da vardır (61, 62).



Şekil 1: Vieth evrelemesi: MRG Koronal T1 ağırlıklı kesitlerinde evrelemelerin aşamalarına ilişkin şematik çizimler ve vaka örnekleri; soldan sağa: erkek 13 yaşında, erkek 14 yaşında, kadın 16 yaşında, erkek 20 yaşında, kadın 22 yaşında (60).



Şekil 2: Vieth evrelemesi: MRG Koronal T2 ağırlıklı kesitlerinde evrelemelerin aşamalarına ilişkin şematik çizimler ve vaka örnekleri; soldan sağa: erkek 13 yaşında, erkek 14 yaşında, kadın 16 yaşında, erkek 20 yaşında, kadın 22 yaşında. (60)



Şekil 3: Dedouit evrelemesi: Dizin koronal MR taramaları, T2 proton yoğunluğu ağırlıklı görüntüler. (a) Femoral ossifikasyon evre 1. (b) Femoral ossifikasyon evre 2. (c) Femoral ossifikasyon evre 3. (d) Femoral ossifikasyon evre 4. (e) Femoral ossifikasyon evre 5 (54).

4.3. Ayak ve Ayak Bileği Anatomisi

Ayak bileği iskeleti distal tibia, distal fibula ve talustan oluşurken, ayağın iskeleti fonksiyonel olarak tarsaller, metatarsaller ve falanksler olarak bölümlendirilebilir. Anatomik olarak ise arka ayak (kalkaneus ve talus), orta ayak (naviküler, küboid ve çivi yazısı) ve ön ayak (metatarsallar, falanksler ve ayak başparmağının sesamoid kemikleri) olarak ayrılabilir.

4.3.1. Tibia-Fibula

Tibianın distal ucu anterior, medial, posterior, lateral ve distal yüzeylere sahiptir ve medial malleol olarak inferomedial olarak çıkıntı yapar. Tibial plafond olarak da adlandırılan distal yüzey, talus ile eklem yapar ve anteriorda posteriordan daha geniştir. Sagital olarak içbükey ve enine hafifçe dışbükeydir ve medial olarak malleolar eklem yüzeyine doğru devam eder. Medial malleol kısa ve kalındır ve talus gövdesinin medial yüzeyi ile eklem yapan hilal veya virgül şeklinde bir faset ile pürüzsüz bir yan yüzeye sahiptir. Distal tibiaya herhangi bir kas yapışık değildir. Distal tibiaya interosseöz membran, deltoid bağ ve anterior ve posterior tibiofibular bağlar bağlanır.

Fibulanın distal ucu veya lateral malleol medial malleole göre distal ve posterior olarak çıkıntı yapar. Yan yüzü subkutandır, arka yüzeyi belirgin bir yan kenarı olan geniş bir oluğa sahiptir ve ön yüzeyi pürüzlü ve biraz yuvarlaktır ve tibianın anteroinferior yönü ile eklem yapar. Medial yüzey, üçgen bir eklem fasetine sahiptir ve tepesi distal olarak yönlendirilmiş olarak dikey olarak dışbükeydir. Lateral talus yüzeyi ile eklem yapar. Faset arkasında ligamentöz tutunma için pürüzlü bir malleolar fossa vardır. Distal fibulaya interosseöz ligaman seviyesinin altında hiçbir kas bağlı değildir. Ligament bağlantıları lateral ligament kompleksininkilerdir (Şekil 4).

4.3.2. Tarsal kemikler

Yedi tarsal kemik ayağın proksimal yarısını kaplar. Tarsaller ve karpaller homologdur, ancak tarsal elemanlar daha büyüktür ve vücut ağırlığını destekleme ve dağıtımındaki rolleri önemlidir. El bileğinde olduğu gibi, tarsal kemikler proksimal ve distal sıralarda düzenlenir, ancak medial olarak ek bir ara tarsal eleman olan navikula vardır. Proksimal sıra, talus ve kalkaneustan oluşur; talusun uzun eksenini anteromedial ve aşağı eğimlidir ve distale yönlendirilmiş başı kalkaneusun medialinde ve üst seviyededir. Distal sıra, medialden laterale medial, orta ve lateral kuneiform ve küboid kemiği içerir. Toplu olarak, bu kemikler dorsal olarak dışbükey olan kemerli bir enine hizalanma gösterir. Medial olarak, navikula talusun başı ile kuneiform arasına yerleştirilmiştir. Lateralde kalkaneus küboid ile eklem yapar. Tarsal ve metatarsaller, kesişen uzunlamasına ve enine kemerler oluşturacak şekilde düzenlenmiştir. Bu nedenle, itme ve ağırlık, tibiadan doğrudan tarsaller yoluyla yere iletilmez, ancak tarsallar ve metatarslar yoluyla uzunlamasına kemerlerin uçlarına dağıtılır (63).

Kalkaneus talusun altında ve ayağın arkasında yer alan kabaca dikdörtgen prizma şeklinde bir kemiktir. Prizmanın uzun eksenini yaklaşık olarak ayağın orta çizgisi boyunca uzanır. Kalkaneusun yapısını anlamak için altı yüzeyini ayrı ayrı incelemek gerekir. Kalkaneusun arka yüzeyi, üç farklı faset ile dairesel bir dışbükey yapıya sahiptir. Orta faset, kalkaneal tendonun (Aşıl tendonu) bağlanma yeri olarak hizmet ederken, superior faset kalkaneal tendondan retrokalkaneal bursa ile ayrılır. İnferior faset, posterior kalkaneal yüzeyin en alt kısmı olan kalkaneal tüberoziteyi oluşturmak için alt kalkaneal yüzeye doğru bükülür. Alt kalkaneal yüzey veya plantar yüzey, her iki tarafta medial ve lateral süreçlerin ve önde kalkaneal tüberkülün oluşumuna yol açan kalkaneal tüberozitenin öne doğru çıkıntısından oluşur. Lateral kalkaneal yüzey, üzerindeki iki kemik çıkıntı dışında geniş, düz bir yüzeydir. Öndeki çıkıntı, üstünde fibularis brevis ve fibularis longus kaslarının tendonlarının geçtiği peroneal tüberküldür (fibular troklea). Sırttaki çıkıntı, kalkaneofibular bağa bağlanma sağlayan küçük bir kemik çıkıntısıdır. Medial kalkaneal yüzey, orta talar eklem fasetini (üç talokalkaneal eklem fasetinden biri) taşıyan, sustentaculum tali adı verilen bir kemik çıkıntısına ev sahipliği yapar. Sustentaculum tali'nin alt kısmında fleksör hallucis longus tendonunu barındıran bir oluk bulunur. Üst kalkaneal yüzey, anterior ve posterior talar eklem fasetlerini barındırır. Kalkaneal sulkus olarak adlandırılan bu iki faset arasındaki oluk ve karşılık gelen talar sulkus, tarsal sinüsü (sinüs tarsi) oluşturmak üzere birleşir (Şekil 5) (63).

4.3.3. Eklemler

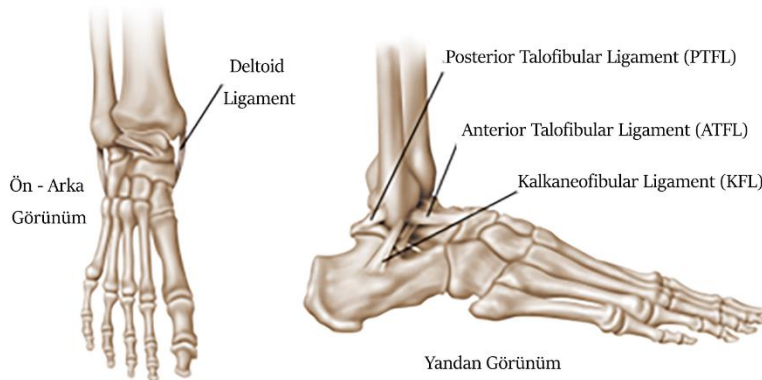
Talokrural eklem olarak da bilinen ayak bileği eklemi, ayağın dorsifleksiyonuna ve plantar fleksiyonuna izin verir. Ayak bileği eklemlerine tibiotalar, talokalkaneonavikular ve

subtalar eklemler katılır. Ayak bileği eklemının ana bölümü tibia ve fibula'nın alt yüzeyleri ve talusun üst yüzeyi tarafından oluşturulan talokurural eklemdir. Tarsal kemikler tarafından oluşturulan küçük eklemlerde ana eklem fonksiyonlarına katkı sağlarlar.

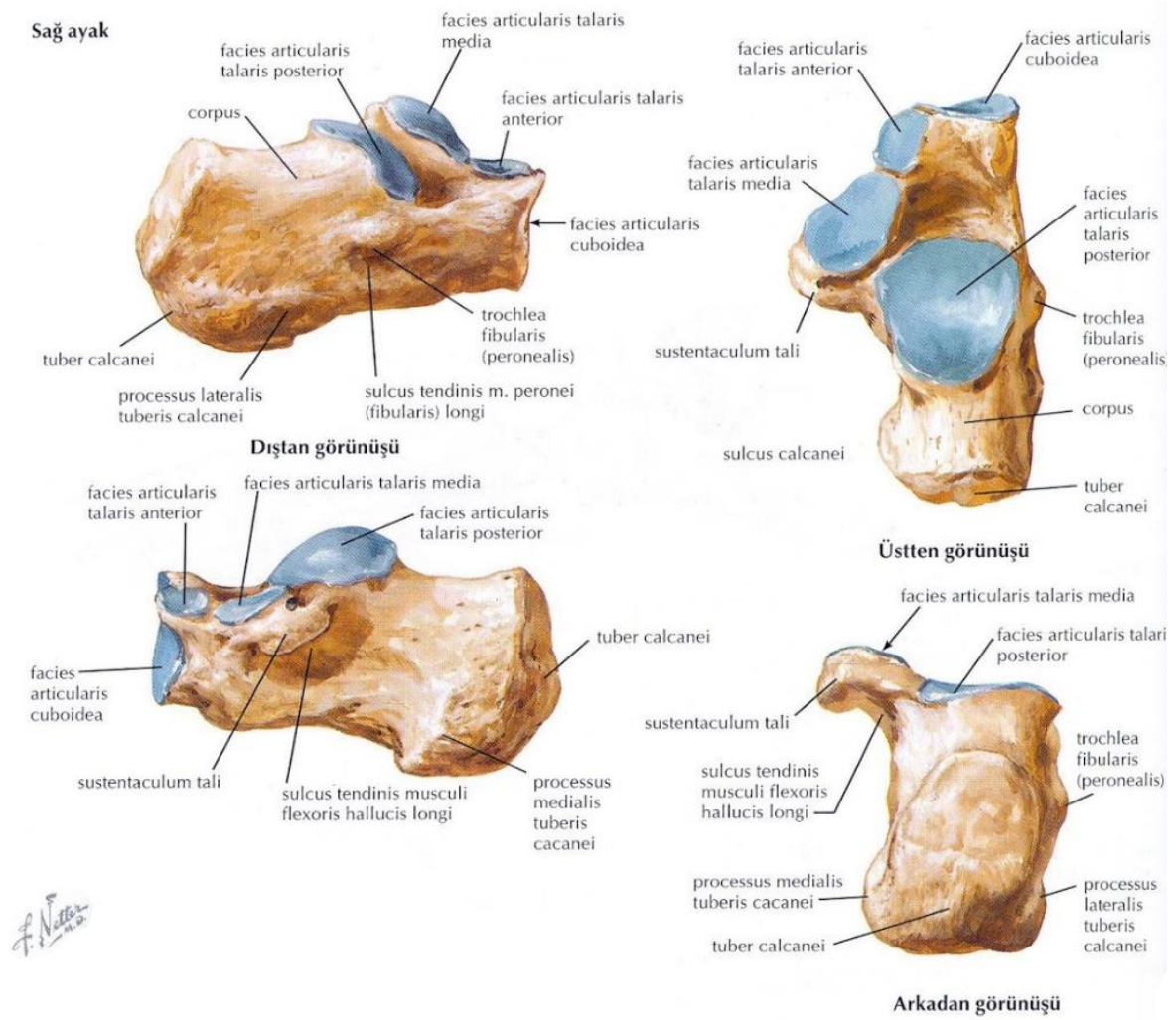
Kalkaneus, iki kemik arasındaki temasın ön, orta ve arka fasetlerden kaynaklandığı talokalkaneal eklem yoluyla talus ile eklem yapar. Subtalar eklem olarak da bilinen talokalkaneal eklem, ayağın inversiyon, eversiyon, dorsifleksiyon ve plantarfleksiyon gibi temel ayak hareketlerine izin verir. Ayrıca kalkaneus, ayakta durma, yürüme, koşma ve zıplama için hayati önem taşıyan ayağın plantar fleksiyonuna yardımcı olan Aşil tendonu için bir bağlantı noktası görevi görür. Kalkaneus, ayak parmaklarını hareket ettiren kaslar için de bir bağlantı noktası görevi görür. Kemiğe bağlı kalkaneofibular, talocalcaneal, kalkaneoküboid ve kalkaneonaviküler bağlar gibi birkaç eklem stabilize edici bağ vardır. Plantar aponevroz ve uzun plantar bağ, ayağın kemerini destekler ve aynı zamanda kalkaneusa bağlanır

Ayak bileği bir dizi ligament tarafından desteklenir. Bu bağlar ayak bileğini medialden destekleyen deltoid bağ kompleksi, ayak bileğini lateralden destekleyen bağlar (Anterior talofibuler ligament, kalkaneofibuler ligament ve posterior talofibuler ligament) ve sindezmotik bağlardır (Anterior inferior tibiofibuler ligament, interosseöz membran ve posterior inferior tibiofibuler ligament) (Şekil 6) (64).

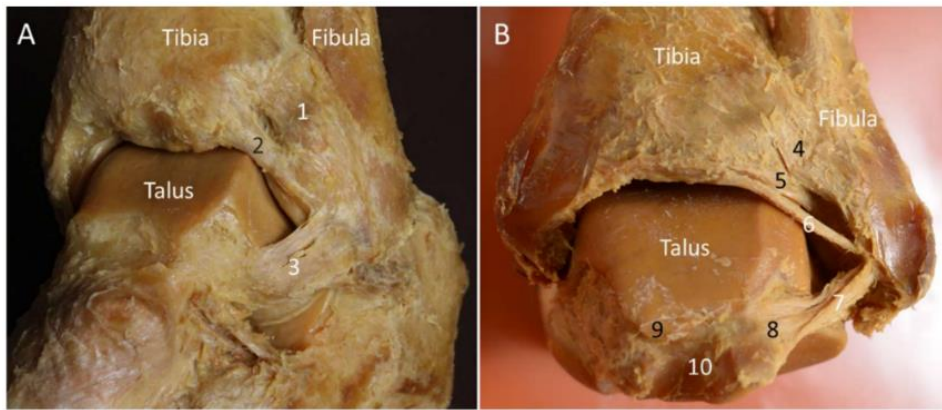
Ayak bileğinde klinik önemi olan diğer bağlar ise kalkaneoküboid/kalkaneonaviküler bağ, tarsometatarsal bağlardır. Tarso metatarsal bağlardan ayak bileği stabilitesi için en önemlisi ise Lisfrank ligamentidir. Bu ligament medial kuneiform kemik ile ikinci metatars arasında yer alır.



Şekil 4: Ayak bileği anatomisinin ön-arka ve yan planlardan şematik görünüşü (65)



Şekil 5: Kalkaneusun medial lateral, arkadan ve yukarıdan görünümü, önemli anatomik yapıların gösterilmesi (66)

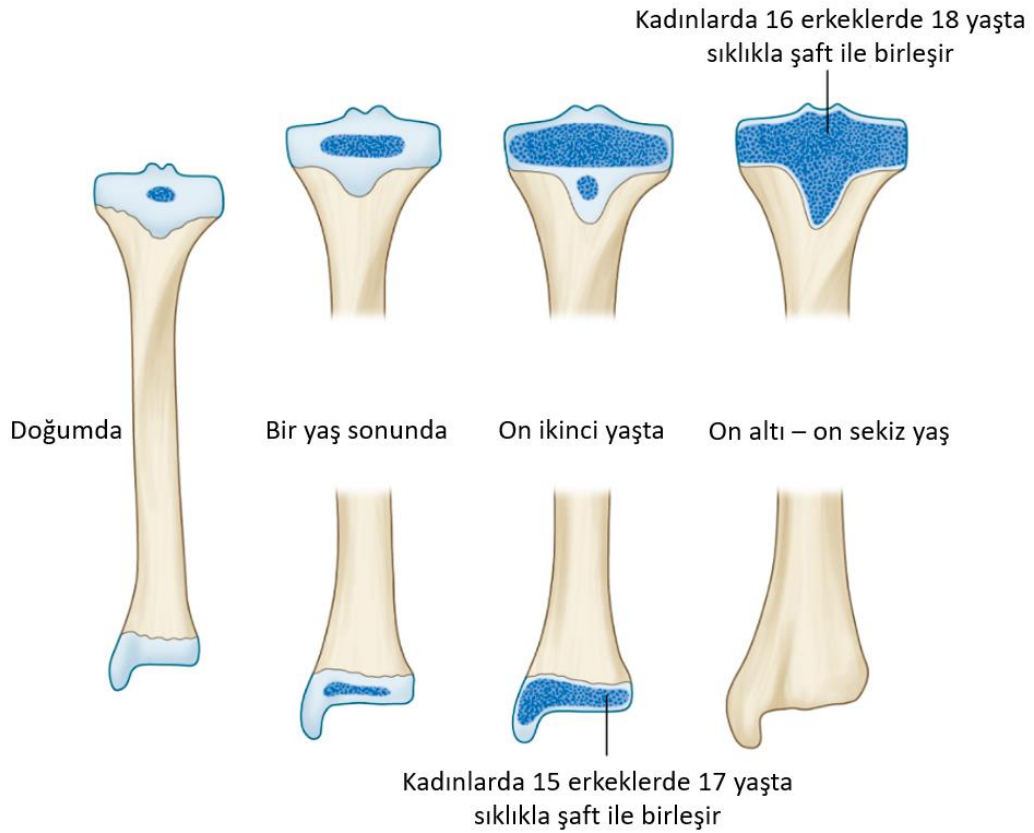


Şekil 6: Ayak bileği ekleminin kadavra modelinde yandan (A) ve arkadan (B) görünüşleri. 1-2: Anterior tibiofibular bağ; 3: Anterior talofibular bağ; 4-5: Posterior tibiofibular bağ; 6: intermalleolar bağ; 7: posterior talofibular bağ; 8: posterior talar prosesin lateral tüberkülü; 9: posterior talar prosesin medial tüberkülü; 10: Fleksör hallusis longus için tünel (67).

4.4. Ayak ve Ayak Bileği Kemikleşme Merkezleri

4.4.1. Tibia – Fibula

Kemikleşme tibiada (döllenmeden 50-58 gün sonra) orta şaftta başlar. Proksimal epifiz merkezi genellikle doğumda mevcuttur; yaklaşık 10 yaşında, merkezden ince bir ön çıkıntı alçalarak tibial tüberozitenin düz kısmını oluşturur. Yaklaşık on ikinci yılda tüberkül için ayrı bir merkez ortaya çıkabilir ve kısa süre sonra epifiz ile birleşir. Epifiz plağının distal tabakaları, liflerin patellar bağ ile hizalandığı yoğun kollajen dokudan oluşur. Proksimal epifiz, kadınlarda on altıncı yılda ve erkeklerde on sekizinci yılda birleşir. Distal epifiz merkezi birinci yılın başlarında belirir ve kadınlarda yaklaşık on beşinci, erkeklerde on yedinci yılda şaftla birleşir. Medial malleol, distal epifizden bir uzantıdır ve yedinci yılda kemikleşmeye başlar; kendi ayrı kemikleşme merkezine sahip olabilir. Bazen medial malleolun ucunda, kadınlarda erkeklerden daha sık olarak bir aksesuar ossifikasyon merkezi belirir. Kızlarda sekizinci, erkeklerde dokuzuncu yılda kaynaşır; medial malleolun arka yüzünde bulunan nadir bir aksesuar kemik olan os subtibiale ile karıştırılmamalıdır. Distal tibianın ortalama büyüme hızı, erkeklerde yaklaşık 11 yaşında ve kızlarda 10 yaşında zirveye ulaşır (Şekil 7).



Şekil 7: Tibia kemikleşme aşamalarının şematik gösterimi (68)

Fibulada kemikleşme döllemeden yaklaşık 53-58 gün sonra şaftta başlar; ilk yılda distal uçta; ve proksimal uçta, kadınlarda yaklaşık üçüncü yılda ve erkeklerde dördüncü yılda büyüme çekirdekleri görünür. Distal epifiz, kadınlarda yaklaşık on beşinci, erkeklerde on yedinci yılda şaftla birleşirken, proksimal epifiz, kadınlarda yaklaşık on yedinci, erkeklerde on dokuzuncu yaşa kadar birleşmez (68).

4.4.2. Tarsal – Metatarsal Kemikler ve Falankslar

Talus 21-24. postmenstrüel haftalarda tek bir ossifikasyon merkezi ile belirir. Posterolateral proses bazen os trigonum adı verilen aksesuar bir kemikle oluşturarak hiç birleşmeyebilir. Bu aksesuar kemik 8 ile 11 yaşları arasında ortaya çıkan ayrı bir kemikleşme merkezinden kaynaklanır. Os trigonum talusun posterolateral çıkıntısıyla birleştiğinde buna uzamış lateral proses denir.

Kalkaneus, her zaman iki kemikleşme merkezine sahip olan tek tarsal kemiktir. Ana ossifikasyon merkezine ek olarak, arka yüzeylerin çoğunu ve plantar yüzeylerin bir kısmını kaplayan bir arka apofiz vardır. Ana merkez doğum öncesi olarak postmenstrüel 9-12 sonrası oluşur. Posterior apofiz ise kadınlarda altıncı yılda, erkeklerde sekizinci yılda görünür ve sırasıyla ondördüncü ve onaltıncı yılda ana parça ile birleşir.

Naviküler ossifikasyon merkezi en son ortaya çıkan tarsal merkezdir ve üçüncü yılda ortaya çıkar, küboid ise sıklıkla doğumdan önce kemikleşmeye başlar, birincil ossifikasyon merkezi doğumdan hemen önce postmenstrüel 37-41. haftalarda ortaya çıkar. Medial kuneiform, yaşamın ikinci yılında ortaya çıkan iki ayrı kemikleşme merkezine sahip olabilir. Çok nadiren medial kuneiform iki parçalıdır ve iki parça arasında yatay bir bölünme düzlemi vardır. Orta kuneiform kemikleşme merkezi yaşamın üçüncü yılında ortaya çıkarken lateral kuneiform yaşamın ilk yılında kemikleşir.

Her metatars, şaft için bir birincil merkezden ve tabandaki (birinci metatars) veya baştaki (ikinci-dördüncü metatarslar) ikincil bir merkezden kemikleşir (bkz. Şekil 79.8). Şaft ve tabandaki birinci metatarsdaki iki ossifikasyon merkezi sırasıyla adet sonrası 12. hafta ve yaşamın üçüncü yılından sonra ortaya çıkar ve on yedinci ve yirminci yıllar arasında kaynaşır. Birinci metatars başında üçüncü bir merkez olabilir. İkinci, üçüncü ve dördüncü metatarsalarda biri şaftta ve diğeri distalde metatars başında olmak üzere iki ossifikasyon merkezi vardır. Şaftın kemikleşmesi postmenstrüel 12. haftadan sonra başlar ve metatarsal başın kemikleşmesi üçüncü ve dördüncü yıllar arasında başlar; füzyon on yedinci ve yirminci yıllar arasında gerçekleşir. Beşinci metatarsalda üç ossifikasyon merkezi vardır: tabanda tüberkül bölgesinde (bir apofiz), şaftta ve distal olarak metatars başında. Şaftın kemikleşmesi

postmenstrüel 12. haftadan sonra başlar ve metatarsal başın kemikleşmesi üçüncü ve dördüncü yaşlar arasında başlar. Distal ve şaft merkezlerinin füzyonu on yedinci ve yirminci yıllar arasında gerçekleşir ve proksimal apofiz daha erken birleşir.

Falankslar, şaft için bir birincil merkezden ve bir bazal epifizden kemikleşir. Distal falankslar için birincil merkezler, postmenstrüel 12. haftadan sonra ve biraz sonra beşinci parmakta ortaya çıkar. Proksimal falankslar için birincil merkezler, postmenstrüel 12. haftadan sonra ve daha sonra orta falankslar için ortaya çıkar, ancak geniş bir varyasyon vardır. Bazal merkezler ikinci ve sekizinci yaşlar arasında ortaya çıkar ve on sekizinci yılda şaftla birleşir (Şekil 8).



Şekil 8: Ayak ve ayak bileği kemiklerine ait ossifikasyon bilgilerini gösterir şematik görünüm (63)

5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1. Araştırma Yöntemi

Çalışmanın amacı: Bu çalışmanın amacı, 8-25 yaş arası bireylerin ayak ve ayak bileği manyetik rezonans görüntülerinin incelenerek, daha önce başka kemik bölgeleri için kullanılabilir olduğu gösterilmiş Vieth (60) ve Dedouit (54) evreleme yöntemlerinin distal tibia epifizi ve kalkaneus apofizi için uygulanabilirliğinin araştırılması ve fizis kalınlığının adli yaş tahmininde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesidir.

Araştırma Tipi: Tanımlayıcı ve kesitsel araştırma yöntemleri kullanıldı

Araştırmanın Yapılacağı Yer ve Evreni: Araştırmanın yeri Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi olarak belirlendi. Araştırmanın evreni ise Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalına başvurarak ayak bileği manyetik rezonans görüntüleme işlemi uygulanan 8-25 yaş arası bireyler oluşturdu.

Örnek Büyüklüğü ve Yöntemi: Çalışmanın örneklem büyüklüğü açık erişimli bir çevrimiçi uygulama ile hesaplanmıştır (www.openepi.com). Yapılan analiz neticesinde, gerçek değerin ölçülen değerin $\pm\%5$ 'i dahilinde olduğuna dair %95'lik bir güven düzeyine sahip olması için 384 veya daha fazla ölçüm gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak yapılan arşiv taramasında 384 hastaya ulaşılamamıştır. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesine başvurarak Ocak 2010 – Aralık 2021 tarihleri arasında ayak bileği manyetik rezonans görüntüleme uygulanan 8-25 yaş arası tüm bireyler çalışmaya dahil edilmiştir.

Araştırma İşleme Kriterleri:

- 1- 8 – 25 yaş arasında olmak
- 2- Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı hasta kayıtlarında ayak bileği MRG kaydına sahip olmak

Araştırma Dışlama Kriterleri:

- 1- Alt ekstremitede cerrahi ve / veya kırık öyküsü olması
- 2- Charcot-Marie-Tooth bozukluğu, Ehlers-Danlos veya diğer kalıtsal sinir, denge veya bağ dokusu bozukluklarına sahip olması
- 3- Romatolojik, endokrin, onkolojik veya hematolojik hastalıklara sahip olması

Araştırmanın Hipotezleri:

- 1- Ayak bileği MRG kesitleri adli yaş tahmininde kullanılabilir.
- 2- Vieth ve Dedouit tarafından distal femur ve proksimal tibia için tanımlanan evrelendirme sistemleri distal tibia ve kalkaneus içinde uygulanabilir.
- 3- Distal tibia ve kalkaneus fizis hattı kalınlıkları adli yaş tahmininde kullanılabilir.

Verilerin Toplanması: Veriler Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi AVICENNA hastane bilgi yönetim sistemi kullanılarak tarandı. Hastaların demografik verileri, mevcut hastalık durumları ve tıbbi özgeçmişleri bilgileri not alındı. Ardından hastaların MRG kesitleri radyoloji ve adli tıp birimleri tarafından değerlendirildi. Evreleme yapılmadan önce MRG değerlendirme konusunda ileri derece deneyimli ve çocuk radyolojisi alanında profesör olan bir kişi tarafından bir adli tıp ve bir radyoloji öğretim elemanından oluşan iki gözlemciye eğitim verildi ve süreç sonunda ortak karara varması sağlandı. Ortak karara varılamadığı durumda MRG ve adli yaş tahmini konusunda tecrübeli bahsedilen çocuk radyolojisi profesöründen görüş soruldu.

5.2. Radyolojik Değerlendirme

MRG incelemesi gerçekleştirilmiş olan hastalar hastane PACS (Picture Archiving and Communication Systems) sistemi üzerinden değerlendirildi. MRG tetkikleri 1.5 tesla MRG cihazları ile gerçekleştirildi (Philips, Insignia ve GE, 450W Optima). Koronal T1 ağırlıklı görüntü ve koronal STIR görüntüler, sagittal T1 ve PD ağırlıklı görüntüler için kesit kalınlığı 4 mm, matriks boyutu ortalama 512x512 mm ve vokselle boyutu ise 0.6 mm kullanıldı. FOV (field of view) değeri görüntülenecek bölgeye göre belirlendi. Distal tibia ossifikasyon evresi için koronal planda yağ baskısız T1 ağırlıklı görüntüler ve yine koronal planda STIR (short tau inversion recovery) görüntüler üzerinden ‘Vieth’ yöntemine göre ve yalnızca STIR görüntüler üzerinden ‘Dedouit’ yöntemine göre değerlendirme yapıldı. Kalkaneus ossifikasyon evresi için ise sagittal planda T1 ve PD(proton dansite) ağırlıklı görüntüleri üzerinden ‘Vieth’ ve yalnızca PD(proton dansite) ağırlıklı görüntüler üzerinden ‘Dedouit’ yöntemi ile sınıflandırma yapıldı. Distal tibia ve kalkaneus fizis kırıkdağı kalınlıkları PACS sistemine entegre ölçüm yöntemleri kullanılarak milimetre cinsinden ölçüldü.

Verilerin alındığı hastane sisteminde rutin protokolünde sagittal planda STIR (short tau inversion recovery) sekans bulunmadığı için kalkaneusu değerlendirmek için sagittal plan gerektiği için PD(proton dansite) ağırlıklı görüntüler üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

Dedouit ve ark.'nın sınıflandırma sisteminde değerlendirme aşağıda tarif edilen evre özelliklerine göre yapıldı.

Evre 1: Distal tibia metafizi ile epifizi arasında ve kalkaneus distalinde şerit şeklinde fizis hattı vardır ve kalınlığı 1,5 mm'den fazla olan sürekli, yatay ve çok katmanlı kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur.

Evre 2: Distal tibia metafizi ve epifizi arasında, kalkaneus distalinde sürekli yatay lineer kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur, kalınlığı 1,5 mm'den fazla, sinyal yoğunluğu artmış, ancak laminer görünüm yoktur.

Evre 3: Distal tibia metafizi ile epifizi arasında, kalkaneus distalinde kalınlığı 1,5 mm'den az, sinyal yoğunluğu artmış, sürekli yatay lineer kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur.

Evre 4: Distal tibia metafizi ile epifizi arasında, kalkaneus distalinde süreksiz yatay lineer kıkırdak sinyal yoğunluğu mevcuttur, kalınlığı 1.5 mm'den azdır ve süreksiz artan sinyal yoğunluğu vardır.

Evre 5: Distal tibia metafizi ile epifizi arasında, kalkaneus distalinde artan sinyal yoğunluğu yoktur (Şekil 9, 10).

Vieth metodu kullanılırken ise fizis kıkırdakları değerlendirme kriterlerimiz şöyleydi.

Evre 2: T1 sekansında orta düzeyli sinyal intensitesine sahip kesintisiz bir band izlenir. Bu bandın epifiz ve diyafize doğru olan duvarlarında sinyal intensitesinin düşük olduğu ya da hiç olmadığı tırtıklı hatlar izlenir. Distal tibia için STIR sekansında, kalkaneus için PD sekansında, epifiz sinyal yoğunluğunun düşük olduğu ya da hiç olmadığı tırtıklı bir hat ile sınırlanır. Metafizde iki adet yüksek sinyal intensitesine sahip tırtıklı hat izlenir. Her iki hat kesintili veya kesintisiz olabilir.

Evre 3: T1 sekansında orta düzeyli sinyal intensitesine sahip kesintili bir band izlenir. Bu bandın epifiz ve diyafize doğru olan duvarlarında sinyal intensitesinin düşük olduğu ya da hiç olmadığı tırtıklı hatlar izlenir ve bu hatlar sporadik olarak birleşip ayrılarak sinyal intensitesi olmayan tek bir tırtıklı hat meydana getirir. Distal tibia için STIR sekansında, kalkaneus için PD sekansında metafizde iki adet yüksek sinyal intensitesine sahip tırtıklı hat izlenir ve bu hatlar sporadik olarak birleşerek sinyal intensitesi yüksek olan tek bir tırtıklı hat meydana getirir.

Evre 4: T1 sekansında epifiz ve diyafiz arasında orta düzeyde sinyal intensitesine sahip kesintili, ince ve tırtıklı hat izlenir. Bu hattın devamlılığında sinyal intensitesi olmayan daha kalın bölümler görülebilir. Distal tibia için STIR sekansında, kalkaneus için PD sekansında, T1 sekansında tanımlanan ince hatta karşılık gelen bölgede tek, ince, kesintili veya noktalı, hiperintens hat izlenir. Hattın devamlılığında daha kalın hiperintens bölümler izlenebilir.

Evre 5: T1 sekansında epifiz ve diyafiz arasında orta düzey sinyal yoğunluğuna sahip devamlı bir hat izlenir. Distal tibia için STIR sekansında, kalkaneus için PD sekansında, T1 sekansında tanımlanan ince hatta karşılık gelen bölgede tek, ince, kesintili veya noktalı, hiperintens hat izlenir.

Evre 6: T1 sekansında epifiz ile diyafiz arasında orta düzeyli sinyal intensitesine sahip kesintisiz ince bir hat izlenir. Distal tibia için STIR sekansında, kalkaneus için PD sekansında, T1 sekansında tanımlanan ince hatta karşılık gelen bölgede herhangi bir hiperintens hat izlenmez (Şekil 10-13).

5.3. İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler, IBM SPSS sürüm 26.0 yazılımı (IBM Corp, Armonk, NY) kullanılarak yapıldı ve $p < 0.05$ değerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edildi. İstatistiksel analizde kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak, sürekli değişkenler ise ortalama $\pm$ standart sapma (SD) ve yüzdelik değerler verilerek sunuldu. Kategorik değişkenlerin bağımsız gruplarda karşılaştırılmasında “ki-kare” testi kullanıldı. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri) kullanılarak değerlendirildi.

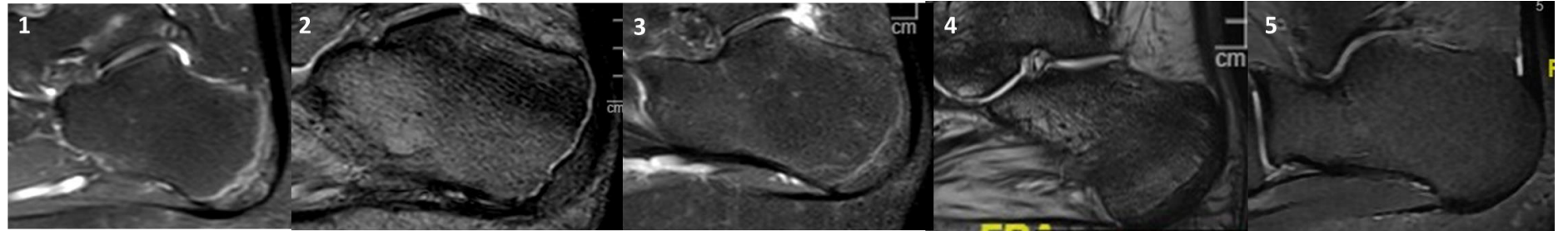
Gözlemciler arası ve gözlemci içi güvenilirlik Cohen's Kappa (k) kullanılarak belirlendi. Cohen'in kappa'sı için 0-0,2 zayıf anlaşmayı, 0,21-0,40 orta anlaşmayı, 0,41-0,60 orta anlaşmayı, 0,61-0,8 iyi anlaşmayı ve 0,81-1 mükemmel anlaşmayı temsil eder.

Verilerin normal dağılıma uyması halinde student-t testi, uymadığı durumda ise Mann Whitney U testi kullanıldı. Değişkenler arasındaki korelasyon Spearman Korelasyon testi ile incelendi. İki'den fazla grubun olduğu ve normal dağılıma uyan veriler için tek yönlü ANOVA, normal dağılıma uymayanlarda ise Kruskal-Wallis analizi kullanıldı.

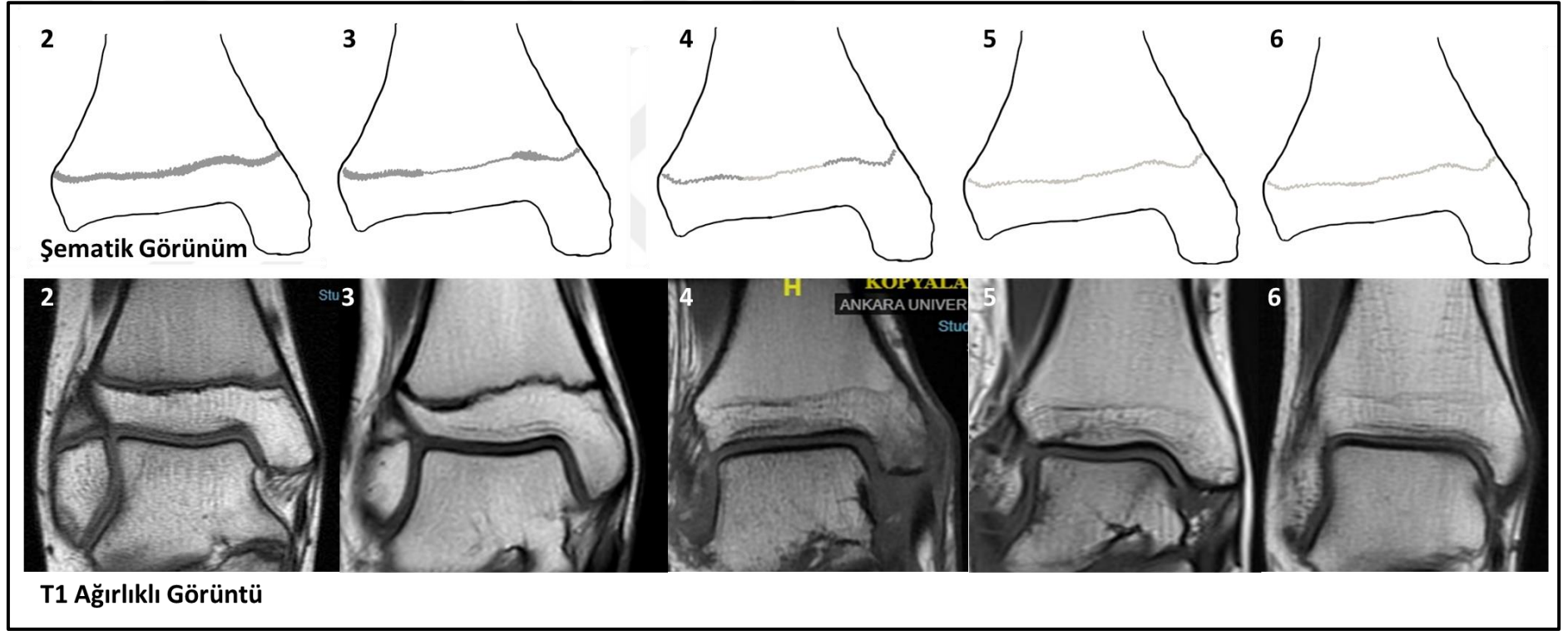
Distal tibia ve kalkaneus epifiz kalınlıklarının adli yaş tahmininde kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için, alıcı işlem karakteristikleri-Receiver Operating Characteristic (ROC) analizi kullanıldı. Hasta grubu adli olarak önemli olan 12, 15 ve 18 yaş sınırlarına göre her yaş için ayrı ayrı iki gruba bölündü. Fizis kalınlıkları değişken olarak belirlenerek ROC eğrisi altında kalan alan (EAA) sonuçları 0,9-1 arasındaki EAA değerleri mükemmel, 0,8-0,9 arasındaki EAA değerleri iyi, 0,7-0,8 arasındaki EAA değerleri orta, 0,6-0,7 arasındaki EAA değerleri kötü ve 0,5-0,6 arasındaki EAA değerleri başarısız olarak değerlendirildi. ROC analizinden sonraki sonuçlar; eğri altında kalan alan (EAA) ve eşik değerleri, bu eşik değerlerin duyarlılık ve özgüllüğü, olabilirlik oranı pozitif prediktif değer (PPD) ve negatif prediktif değer (NPD) sunuldu.



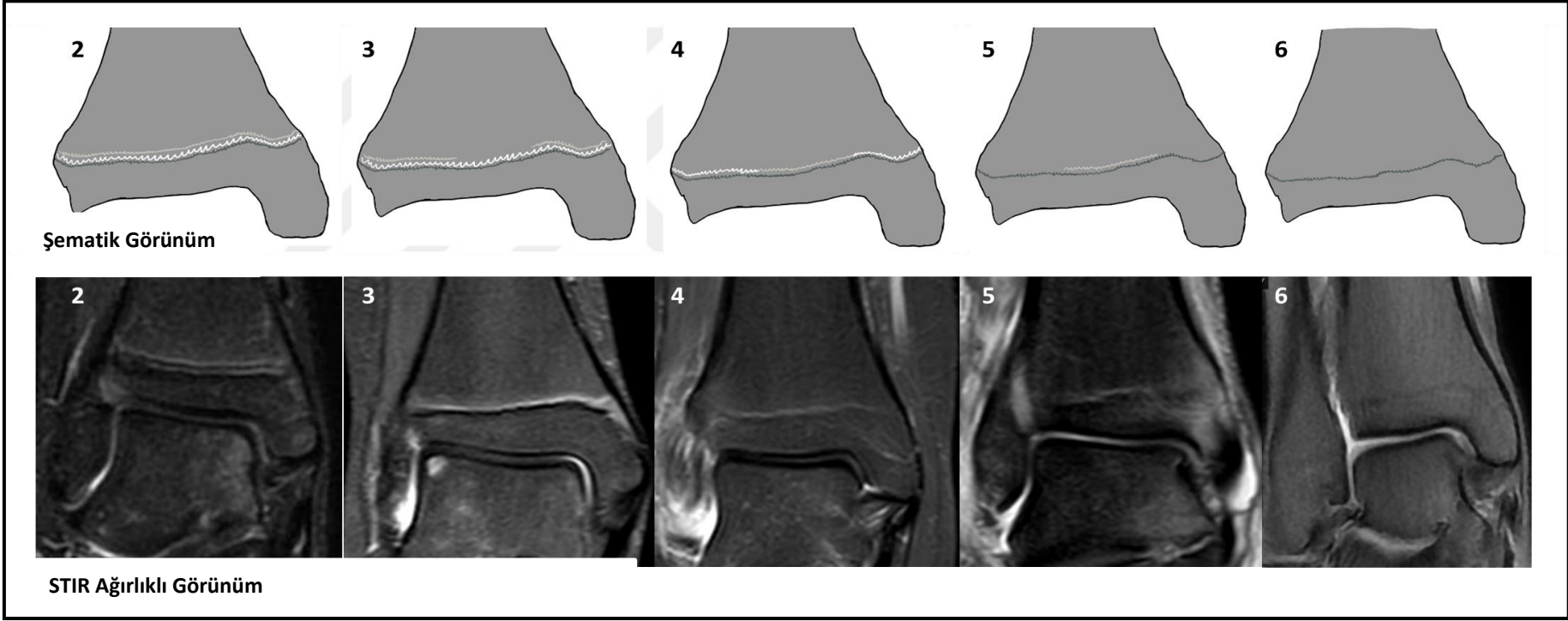
Şekil 9: Dedouit evreleme yönteminin distal tibia için yapılan uyarlaması STIR ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri



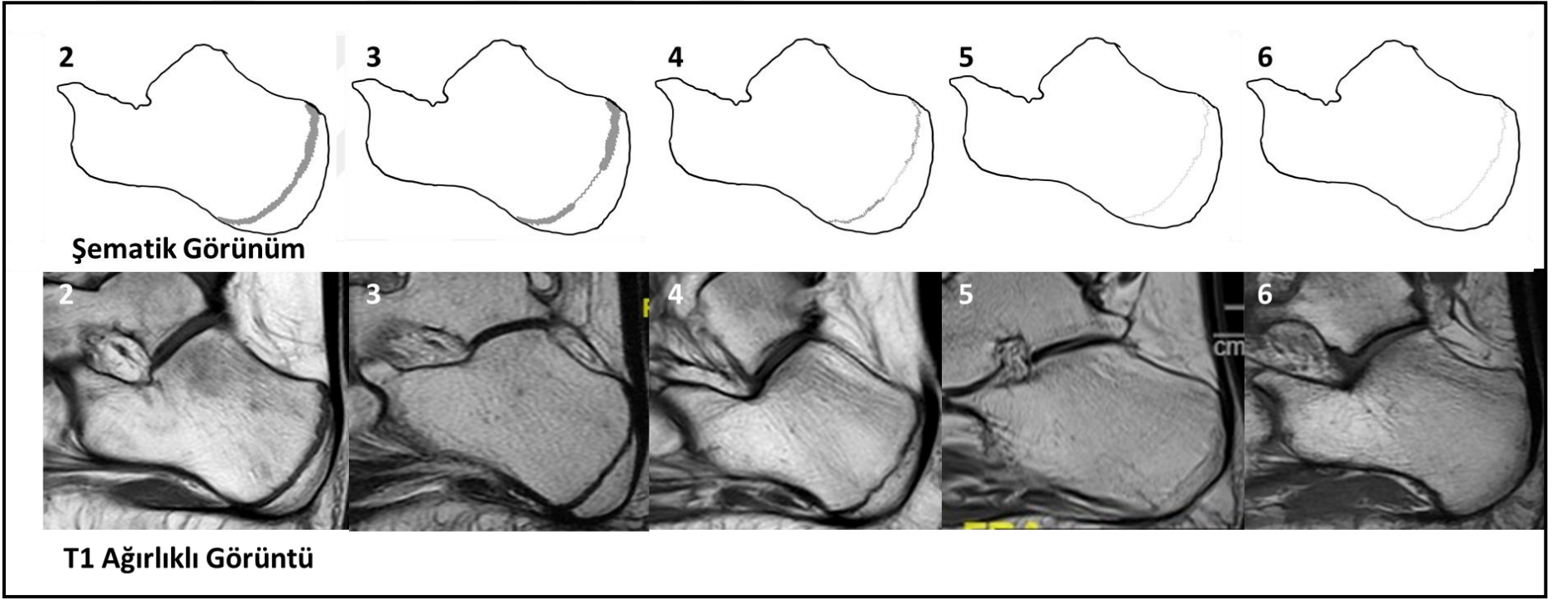
Şekil 10: Dedouit evreleme yönteminin kalkaneus için yapılan uyarlaması PD ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri



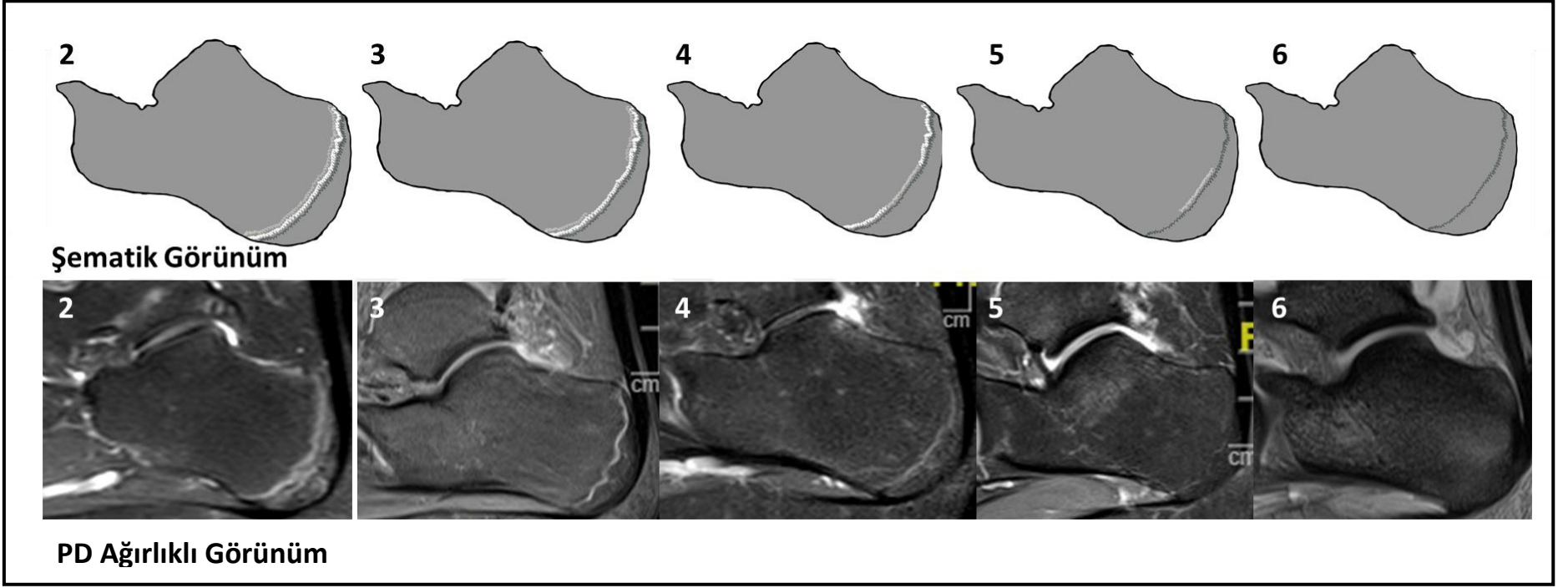
Şekil 11: Vieth evreleme yönteminin distal tibia için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görünüm alt kısımda ise T1 ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri



Şekil 12: Vieth evreleme yönteminin distal tibia için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görünümler alt kısımda ise STIR ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri



Şekil 13: Vieth evreleme yönteminin kalkaneus için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görünüm alt kısımda ise T1 ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri



Şekil 14: Vieth evreleme yönteminin kalkaneus için yapılan uyarlaması, üst kısımda şematik görünümler alt kısımda ise PD ağırlıklı kesitlerden alınan MRG kesitleri

6. BULGULAR

6.1. Hasta Karakteristikleri

Ocak 2010 – Aralık 2021 arasında Eklem MR (Tek Eklem) kodu ile görüntüleme işlemi yapılan 5317 hastaya ait görüntüler incelendi ve ayak bileği MRG çekilen hastalar geriye dönük olarak tarandı ve 392 hastaya ait ayak bileği görüntüsüne ulaşıldı. 18 hasta ayak bileği çevresinde fizis hatlarını ilgilendiren tümöral lezyonları olduğu için, 7 hasta ayak-ayak bileği deformitesi nedeniyle, 5 hasta metabolik kemik hastalıkları olduğundan, 8 hasta ayak-ayak bileğinden geçirilmiş cerrahi öyküsü nedeniyle, 7 hasta MRG görüntüsünün sınıflandırmayı yapabilecek kalitede olmamasından, 5 hasta ise büyüme ve gelişmeyi etkileyebilecek inflamatuvar, hematolojik ve romatolojik hastalıkları olması nedeniyle çalışma dışı bırakıldı.

Mevcut çalışmaya yaş ortalaması $17,77 \pm 4,87$ olan 173 erkek ve $17,64 \pm 4,74$ yaş ortalamasına sahip 169 kadın dahil edildi ($p:0,803$). Çalışmaya dahil edilen kişilerin yaş ve cinsiyet dağılımı tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ve cinsiyete göre dağılımı

	Erkek	Kadın	Toplam
8	4	2	6
9	7	3	10
10	4	8	12
11	6	11	17
12	9	6	15
13	10	9	19
14	9	6	15
15	16	15	31
16	5	12	17
17	11	10	21
18	8	10	18
19	9	11	20
20	7	11	18
21	13	10	23
22	17	12	29
23	20	10	30
24	10	11	21
25	8	12	20
Toplam	173 (% 50,6)	169 (% 49,4)	342

6.2. Vieth Yöntemi ile Distal Tibia Epifizinin Değerlendirilmesi

Distal tibia ossifikasyon evresi için koronal planda yağ baskısız T1 ağırlıklı görüntüler ve yine koronal planda STIR (short tau inversion recovery) görüntüler üzerinden değerlendirmeler yapıldı ve 71 (%20,8) hastanın evre 2, 18 (%5,3) hastanın evre 3, 39 (%11,4) hastanın evre 4, 102 (%29,8) hastanın evre 5, 112 (%32,7) hastanın ise evre 6 olduğu tespit edildi.

Yaş dağılımları incelendiğinde ise Evre 2’de yer alan bireylerin ortalama yaşı $11,08 \pm 1,86$, evre 3’de yer alan bireylerin $12,94 \pm 1,35$, evre 4’dekilerin $19,32 \pm 2,91$, evre 6’da yer alanlarınsa $22,04 \pm 2,19$ olduğu gözlemlendi. Yaş ortalamalarındaki dağılımlar cinsiyete göre ayrılarak yeniden incelendiğinde ise tüm gruplarda kadınların yaş ortalamasının erkeklerden daha az olduğu görüldü ancak sadece evre 2 (p: 0,044) ve evre 5’de (p: <0,001) istatistiksel olarak anlamlı fark vardı (Tablo 4, Şekil 15)

Tablo 4: Vieth yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler

Evre	Cinsiyet	n	Ort $\pm$ SS	%95 GA	Yüzdelik Dilimler					p
					0	25	50	75	100	
2	Kadın	28	10,54 $\pm$ 1,20	10,07-11,00	8	10	11	11	13	0,044
	Erkek	43	11,44 $\pm$ 2,12	10,79-12,09	8	9	12	13	15	
3	Kadın	9	12,44 $\pm$ 1,01	11,67-13,22	10	12	13	13	13	0,118
	Erkek	9	13,44 $\pm$ 1,51	12,28-14,60	11	12,5	13	14,5	16	
4	Kadın	18	14,83 $\pm$ 1,20	14,24 $\pm$ 15,43	13	14	15	16	17	0,069
	Erkek	21	15,67 $\pm$ 1,53	14,97-16,36	14	15	15	16,5	21	
5	Kadın	53	18,38 $\pm$ 2,86	17,59-19,16	15	16	18	20	25	<0,001
	Erkek	49	20,35 $\pm$ 2,63	19,59-21,10	16	18	20	23	25	
6	Kadın	61	21,85 $\pm$ 2,48	21,22-22,49	16	20	22	24	25	0,334
	Erkek	51	22,25 $\pm$ 1,78	21,76-22,75	18	21	22	23	25	

SS: Standart Sapma, GA: Güven aralığı

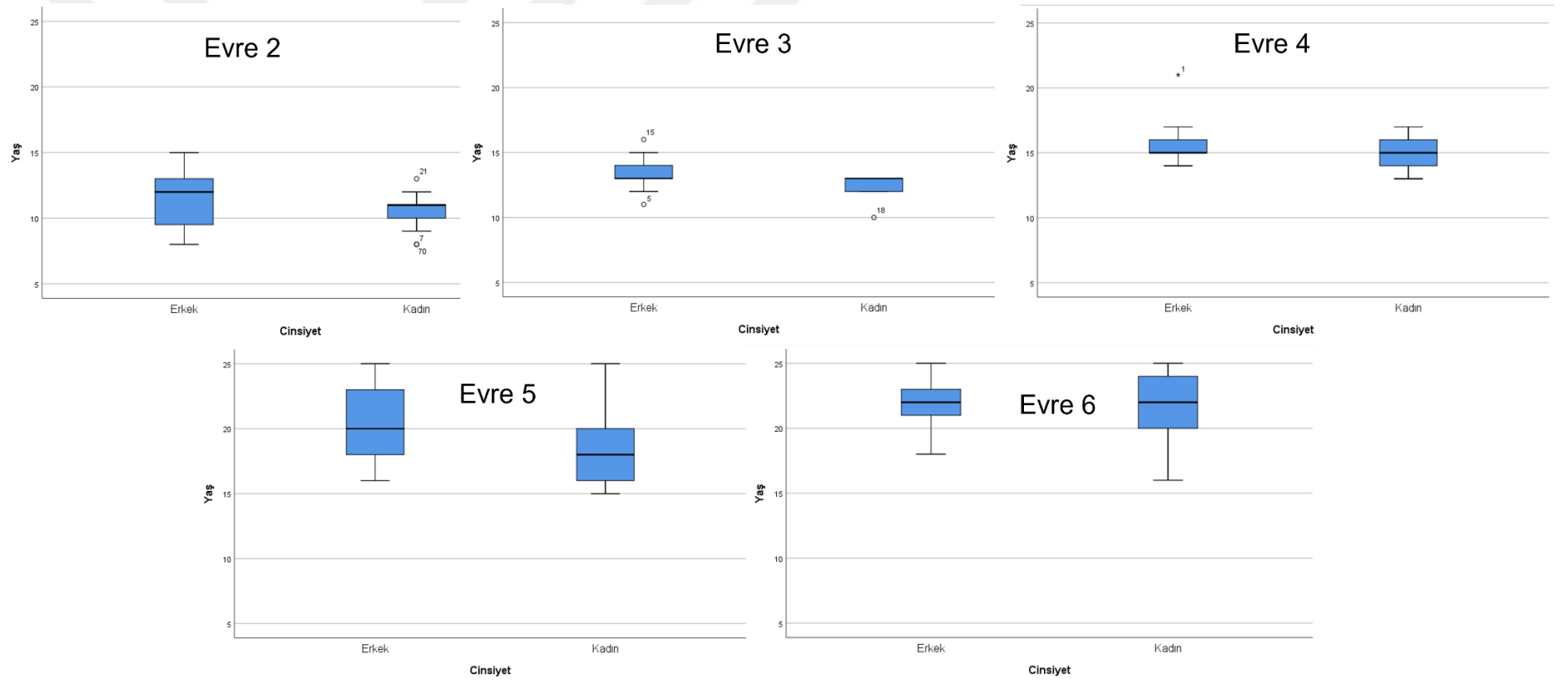
6.3. Dedouit Yöntemi ile Distal Tibia Epifizinin Değerlendirilmesi

Distal tibia fizis hattındaki değişiklikler Dedouit yöntemi ile değerlendirmesi koronal planda STIR (short tau inversion recovery) görüntüler üzerinden yapıldı. İncelemeler sonucunda 72 (%21,1) kişinin evre 1, 17 (%5) kişinin evre 2, 39 (%11,4) kişinin evre 3, 102 (%29,8) kişinin evre 4 ve 112 (%32,7) kişinin ise evre 5 olduğu tespit edildi.

Cinsiyete göre ayırmadan yapılan yaş analizinde evre 1’de yer alan hastaların yaş ortalaması $11,13 \pm 1,88$ çıkarken, evre 2’nin $12,88 \pm 1,36$ çıkmış, evre 3’ün ise $15,28 \pm 1,43$

olarak belirlenirken evre 4'ün $19,32 \pm 2,91$ hesaplanmıştır. Evre 5'de yer alan kişilerin yaş ortalaması ise $22,04 \pm 2,19$ olarak tespit edildi. Cinsiyete göre gruplanan ve sonrasında Dedouit yöntemi ile gruplandırılan hastalar karşılaştırıldığında ise evre 1 ($p: 0,032$) ve evre 4'de ($p: <0,001$) istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlendi. Yaş ortalamaları tüm evrelerde erkeklerde daha yüksek olarak hesaplandı. Analizler hakkında ayrıntılı veriler tablo 5'de sunuldu (Şekil 16).





Şekil 15: Vieth yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği

Tablo 5: Dedouit yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler

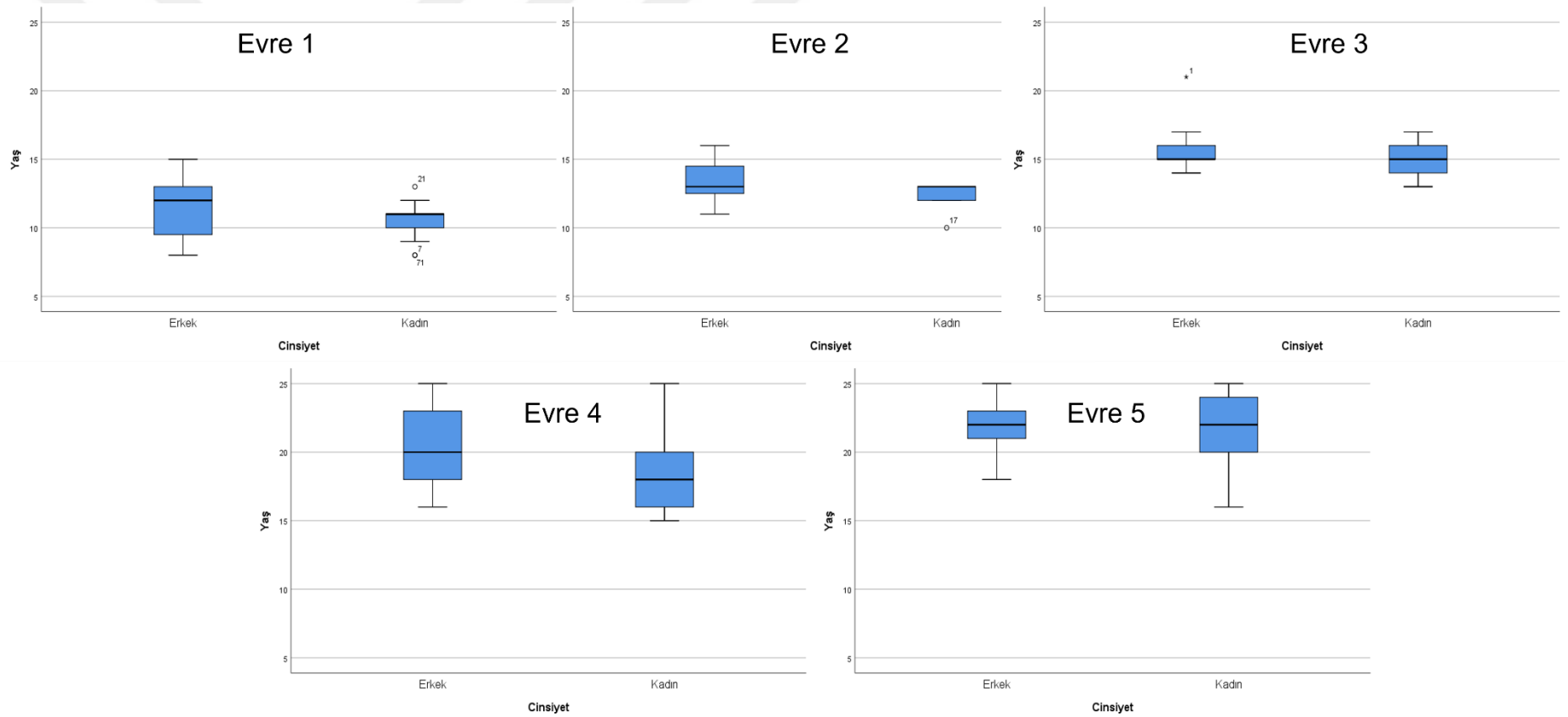
Evre	Cinsiyet	n	Ort±SS	%95 GA	Yüzdelik Dilimler					p
					0	25	50	75	100	
1	Kadın	28	10,54±1,20	10,07-11,00	8	10	11	11	13	0,032
	Erkek	44	11,50±2,13	10,85-12,15	8	9,25	12	13	15	
2	Kadın	9	12,44±1,01	11,67-13,22	10	12	13	13	13	0,210
	Erkek	8	13,38±1,60	12,04-14,71	11	12,25	13	14,75	16	
3	Kadın	18	14,83±1,20	14,24±15,43	13	14	15	16	17	0,069
	Erkek	21	15,67±1,53	14,97-16,36	14	15	15	16,5	21	
4	Kadın	53	18,38±2,86	17,59-19,16	15	16	18	20	25	<0,001
	Erkek	49	20,35±2,63	19,59-21,10	16	18	20	23	25	
5	Kadın	61	21,85±2,48	21,22-22,49	16	20	22	24	25	0,334
	Erkek	51	22,25±1,78	21,76-22,75	18	21	22	23	25	

SS: Standart Sapma, GA: Güven aralığı

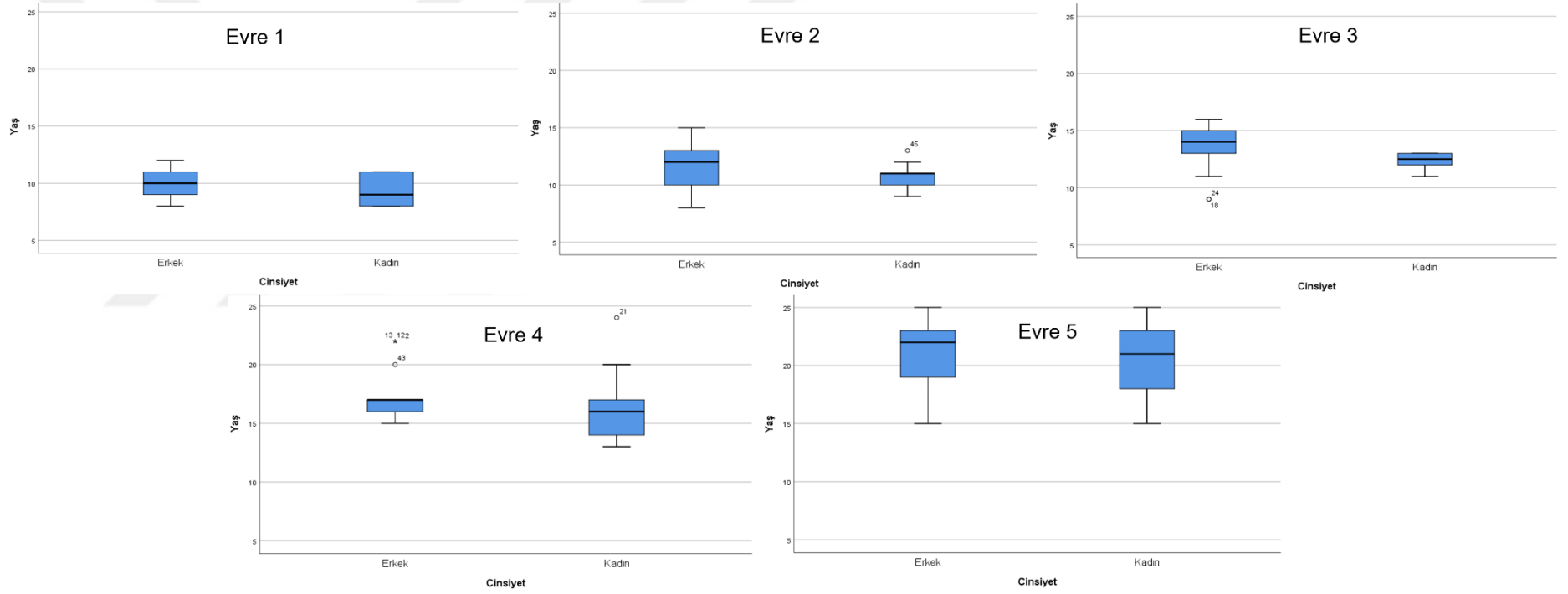
6.4. Dedouit Yöntemi ile Kalkaneus Apofizinin Değerlendirilmesi

Kalkaneus ossifikasyon evresi için sagittal planda PD(proton dansite) ağırlıklı görüntüler değerlendirildi ve Dedouit yöntemi ile evrelendirildi. Yapılan değerlendirme sonucunda 14 (%4,1) kişinin evre 1, 47 (%13,7) kişinin evre 2, 35 (%10,2) kişinin evre 3, 48 (%14,0) kişinin evre 4 ve 198 (%57,9) kişinin ise evre 5 olduğu tespit edildi. Kalkaneus apofizinin distal tibiaya göre daha erken yaşlarda ileri evrelere ulaştığı görüldü.

Çalışmaya dahil edilen kişiler cinsiyete göre gruplandırıldıklarında başlangıç evrelerinde anlamlı fark izlenmezken evre 3 (p: 0,004), evre 4 (p: 0,025) ve evre 5 (p: 0,043) iç analizinde cinsiyetlerin yaş ortalamaları arasında istatistiksel anlamlı fark izlenmiştir (Tablo 6, Şekil 17). Distal tibiaya benzer şekilde tüm gruplarda erkeklerin yaş ortalaması kadınlara göre daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Ancak evreler ilerledikçe ortalamalar kadınlarda daha düşük olsa da yüzdelik dilimlerin benzerlikleri arttı.



Şekil 16: Dedouit yöntemine göre evrelendirilen distal tibia epifizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği



Şekil 17: Dedouit yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği

Tablo 6: Dedouit yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler

Evre	Cinsiyet	n	Ort±SS	%95 GA	Yüzdelik Dilimler					p
					0	25	50	75	100	
1	Kadın	5	9,40±1,52	7,52±11,28	8	8	9	11	11	0,434*
	Erkek	9	10,00±1,26	9,06-10,94	8	9	10	11	12	
2	Kadın	21	10,62±0,98	10,18-11,06	9	10	11	11	13	0,063*
	Erkek	26	11,54±2,02	10,72-12,36	8	9,75	12	13	15	
3	Kadın	10	12,40±1,80	11,90-12,90	11	12	12,5	13	13	0,004*
	Erkek	25	13,64±0,69	12,90-14,38	9	13	14	15	16	
4	Kadın	31	16,00±2,46	15,10-16,90	13	14	16	17	24	0,025*
	Erkek	17	17,41±2,50	16,13-18,70	15	15,5	17	18	22	
5	Kadın	102	20,90±2,86	20,50-21,30	17	19	21	23	25	0,043**
	Erkek	96	21,32±2,50	20,82-21,83	17	19	22	23	25	
SS: Standart Sapma, GA: Güven aralığı										

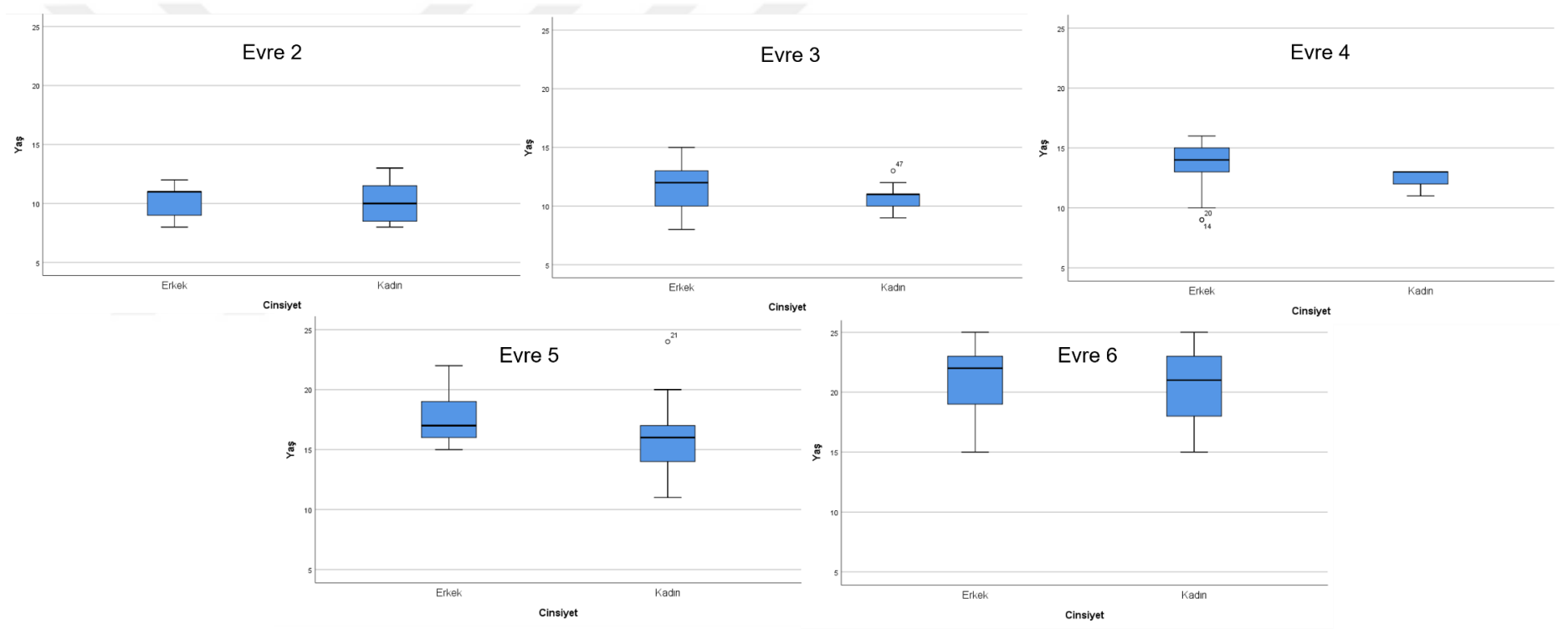
6.5. Vieth Yöntemi ile Kalkaneus Apofizinin Değerlendirilmesi

Sagittal planda T1 ve PD(proton dansite) ağırlıklı görüntüler üzerinden kalkaneus ossifikasyon merkezi Vieth yöntemine göre evrelendirildi. Değerlendirme sonucunda 17 (%5) kişinin evre 2, 49 (%14,3) kişinin evre 3, 30 (%8,8) kişinin evre 4, 48 (%14,0) kişinin evre 5 ve 198 (%57,9) kişinin evre 6 olduğu tespit edildi.

Evreler içinde cinsiyete göre karşılaştırma yapıldığı da evre 2 hariç tüm evrelerde istatistiksel anlamlı olarak yaş ortalamaları kadınlarda daha düşüktü (Tablo 7, Şekil 18).

Tablo 7: Vieth yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizine göre oluşturulan gruplara ait demografik veriler

Evre	Cinsiyet	n	Ort±SS	%95 GA	Yüzdelik Dilimler					p
					0	25	50	75	100	
2	Kadın	8	10,13±1,89	8,55-11,70	8	8,25	10	11,75	13	0,768
	Erkek	9	10,24±1,60	9,41-11,06	8	9	11	11,5	12	
3	Kadın	19	10,68±0,95	10,23-11,14	9	10	11	11	13	0,025
	Erkek	30	11,73±2,06	10,96-12,51	8	10	12	13	15	
4	Kadın	9	12,44±0,73	11,89-13,00	11	12	13	13	13	0,008
	Erkek	21	13,62±1,99	12,71-14,52	9	13	14	15	16	
5	Kadın	31	15,94±2,57	14,99-16,88	12	14	16	17	24	0,016
	Erkek	17	17,59±2,50	16,30-18,87	15	15,5	17	19,5	22	
6	Kadın	102	20,50±3,13	19,88-21,12	17	18	21	23	25	0,049
	Erkek	96	21,29±2,55	20,78-21,81	17	19	22	23	25	
SS: Standart Sapma, GA: Güven aralığı										



Şekil 18: Vieth yöntemine göre evrelendirilen kalkaneus apofizinin cinsiyete göre gruplandırıldığında hastaların yaşlarına göre kutu grafiği

6.6. Distal Tibia Epifizi ve Kalkaneus Apofizinden Yapılan Evrelendirmelerinin Korelasyonlarının Değerlendirilmesi

Evreleme yöntemlerinin birbirleri ile olan ilişkisi Spearman korelasyon analizi ile değerlendirildiğinde distal tibia ve kalkaneus için kullanılan Dedouit ve Vieth yöntemlerinin korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Evrelenen bölge aynı olduğunda her iki evreleme sistemlerinin korelasyon katsayıları daha artmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8: Evreleme sistemleri ve evrelenen ossifikasyon merkezlerinin korelasyon analizleri

	Dedouit DT	Dedouit K	Vieth DT	Vieth K
Dedouit DT		r: 0,861 – p<0,001	r: 1,000 – p<0,001	r: 0,855 – p<0,001
Dedouit K	r: 0,861 – p<0,001		r: 0,862 – p<0,001	r: 0,984 – p<0,001
Vieth DT	r: 1,000 – p<0,001	r: 0,862 – p<0,001		r: 0,855 – p<0,001
Vieth K	r: 0,855 – p<0,001	r: 0,984 – p<0,001	r: 0,855 – p<0,001	
Korelasyon (r) 0,01 düzeyinde tüm gruplar arasında anlamlıdır. DT: Distal tibia, K: Kalkaneus				

6.7. Distal Tibia Fizis Kalınlığının Adli Yaş Tahmininde Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi

Dedouit yöntemine göre evrelendirme yapılırken fizis hattının kalınlığı önem arz etmektedir ve 1,5 mm kesme noktası olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışma da ilgili evrelendirme için 176 kişinin fizis hattının kalınlığı ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere göre evre 1’de ortalama fizis kalınlığı $2,32 \pm 0,45$ ölçülürken, evre 2’de yer alanların $1,75 \pm 0,48$ idi. Evre 3’de ise ölçüm ortalamaları $1,06 \pm 0,33$ hesaplanırken, evre 4’de bu ortalama $0,74 \pm 0,17$ idi. Evre 4 ve 5’de fizis hattı ölçülebilecek seviyenin altına inen kişiler mevcuttu.

Dedouit evre ortalamaları arasında ANOVA analizinde istatistiksel anlamlı fark gözlenmiş ($p<0,001$) ve fark yapılan post-hoc analizlerde de devam etmiştir. Bonferroni düzeltmesi uygulanan analizler sonucunda evre 3 ve evre 4 arasında yapılan karşılaştırmada $p:0,001$ iken diğer tüm gruplar arası karşılaştırmada $p<0,001$ idi.

Adli tıp uygulamaları açısından önemli olan yasa ve kanun maddeleri incelendiğinde 12,15 ve 18 yaşların en sık kullanılan yaş sınırları olduğu görülmüştür. Adli tıpta kullanılabilirliği açısından 12,15 ve 18 yaş açısından verilerin yorumlanması önemlidir.

Evreler arasındaki anlamlı farklar hastalar adli uygulamalar açısından önemli yaş gruplarına göre gruplandırılarak ROC analizi ile incelendiğinde <12 yaş erkek ve <18 yaş kadını tespit etmekte kesme noktası değerlerinin iyi, diğer gruplar içinse mükemmel sonuçlar verdiği hesaplandı. Fizis hattının kadınlarda erkeklere göre daha hızlı kapanması beklenir

buna paralel olarak kesme değerleri tüm yaş grupları için kadınlarda erkeklere göre daha ince idi. Belirlenen kesme değerlerinin pozitif olabilirlik oranları <12 Kadın (OO+:18,6) ve <15 Kadın (OO+: 34,42) gruplarında onun üzerinde ve testin geçerliliğinin yüksek olduğu, <15 Erkek grubunda geçerliliğin orta düzeyde, diğer gruplarda ise yeterli düzeyde olduğu tespit edildi (Tablo 9, Şekil 19-21).



Tablo 9: Adli uygulamalar açısından önemli yaşlara göre gruplandırılan hastalarda belirlenen distal tibia fizis kalınlığı kesme noktalarının yaş tahmininde kullanılabilirliğine ait veriler

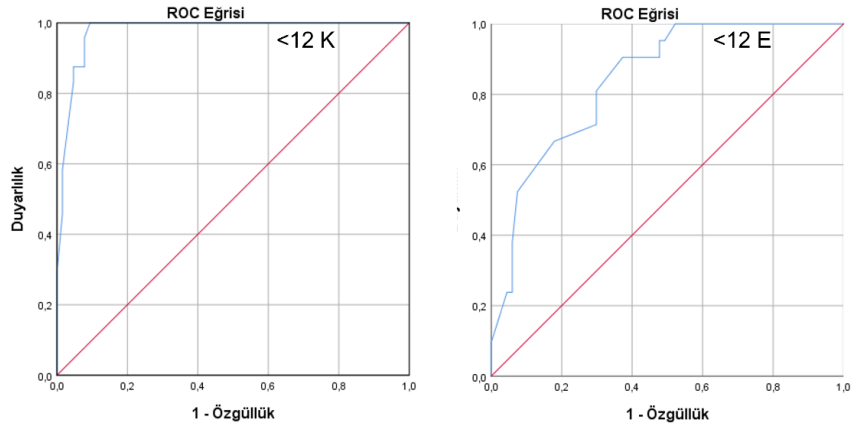
E:88 K:88	Cinsiyet	AUC (95% CI)	p	Kesme Noktası (mm)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	OO+	PPD (%)	NPD (%)
<12 YAŞ	Kadın	0,977 (0,951-1,000)	<0.001	1,95≤	87,5	95,3	18,6	87,5	95,3
	Erkek	0,842 (0,756-0,928)	<0.001	2,05≤	81,0	70,1	2,71	80,9	70,2
<15 YAŞ	Kadın	0,962 (0,926-0,998)	<0.001	1.25≤	80,0	97,7	34,42	80	100
	Erkek	0,935 (0,882-0,987)	<0.001	1.55≤	91,8	82,1	5,11	91,8	82,1
<18 YAŞ	Kadın	0,870 (0,746-0,994)	0,003	0,75≤	74,4	83,3	4,46	74,4	83,3
	Erkek	0,901 (0,826-0,976)	<0.001	0,85≤	87,8	71,4	3,06	87,7	71,4

AUC: Eğri altında kalan alan, OO+: Pozitif Olabilirlik Oranı, PPD: Pozitif prediktif değer, NPD: Negatif prediktif değer

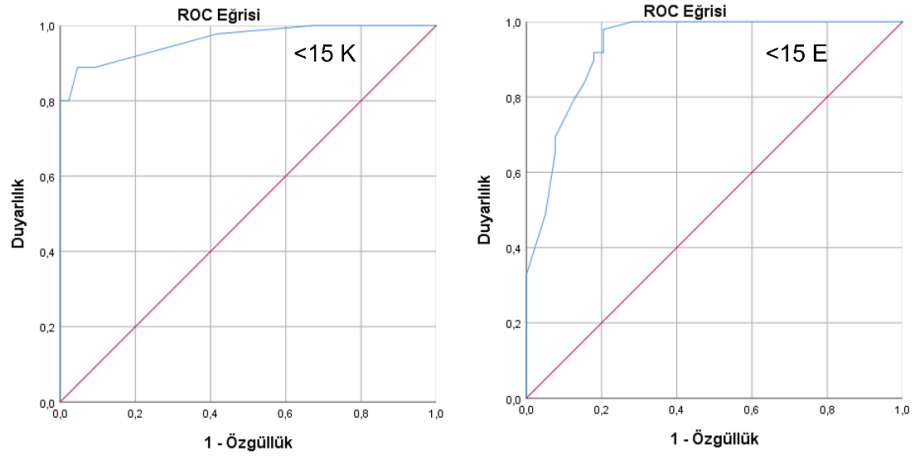
Tablo 10: Adli uygulamalar açısından önemli yaşlara göre gruplandırılan hastalarda belirlenen kalkaneus fizis kalınlığı kesme noktalarının yaş tahmininde kullanılabilirliğine ait veriler

E:78 K:76	Cinsiyet (n)	AUC (95% CI)	p	Kesme Noktası (mm)	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	OO+	PPD (%)	NPD (%)
<12 YAŞ	Kadın	0,961 (0,921-1,000)	<0.001	≤1,25	95,8	88,5	8,31	70,8	88,5
	Erkek	0,847 (0,762-0,931)	<0.001	≤1,35	85,7	77,2	3,76	57,1	84,2
<15 YAŞ	Kadın	0,889 (0,811-0,966)	<0.001	≤1,05	82,2	93,5	12,74	68,9	93,5
	Erkek	0,982 (0,961-1,000)	<0.001	≤1.15	91,8	93,1	13,32	65,3	93,1

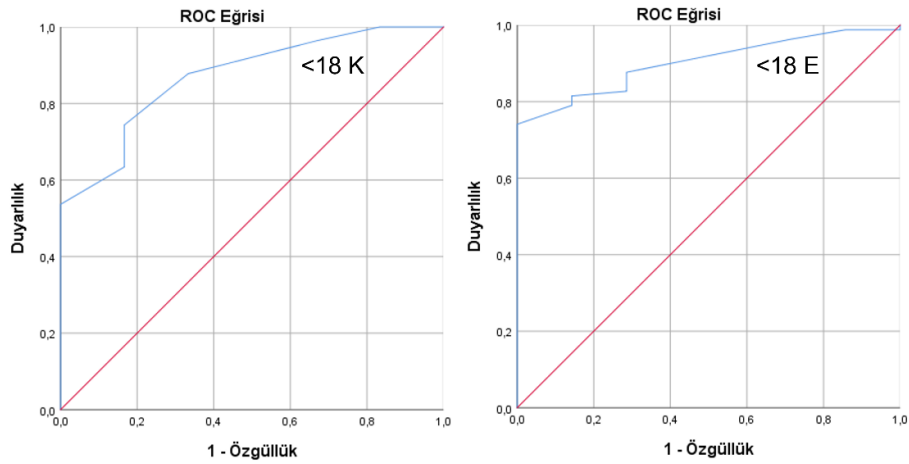
AUC: Eğri altında kalan alan, OO+: Pozitif Olabilirlik Oranı, PPD: Pozitif prediktif değer, NPD: Negatif prediktif değer



Şekil 19: Distal tibia fizis kalınlığı için <12 kadınlarda " $1,95 \leq$ " ve <12 erkeklerde " $2,05 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri



Şekil 20: Distal tibia fizis kalınlığı için <15 kadınlarda " $1,25 \leq$ " ve <15 erkeklerde " $1,55 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri



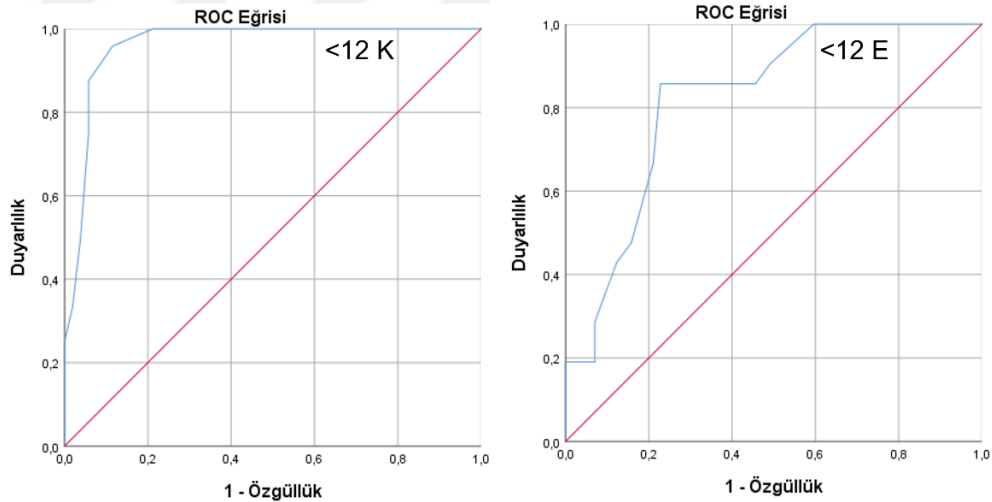
Şekil 21: Distal tibia fizis kalınlığı için <18 kadınlarda " $0,75 \leq$ " ve <18 erkeklerde " $0,85 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri

6.8. Kalkaneus Fizis Kalınlığının Adli Yaş Tahmininde Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi

Kalkaneus fizis kalınlığı değerlendirildiğinde ise çalışmaya dahil edilen kişilerin %57,9'unun evre beşe ulaştığı ve sadece 154 kişinin ölçülebilir fizis kalınlıkları olduğu tespit edildi. Yapılan ölçümlere göre evre 1 olan kişilerin ortalama fizis kalınlığı $2,38 \pm 0,76$ ölçülürken, evre 2' de yer alanların $1,62 \pm 0,34$ idi. Evre 3' de ise ölçüm ortalamaları $1,15 \pm 0,23$ hesaplanırken, evre 4' de bu ortalama $0,80 \pm 0,20$ idi.

Yapılan ANOVA analizinde fizis kalınlığının gruplar arasında istatistiksel olarak farklı olduğu ve evre ilerledikçe kalınlığın azaldığı tespit edilmiştir. Evre 5 dahil edilmeden yapılan Bonferroni düzeltmesinde tüm gruplar arasında p değeri $<0,001$ olarak hesaplandı.

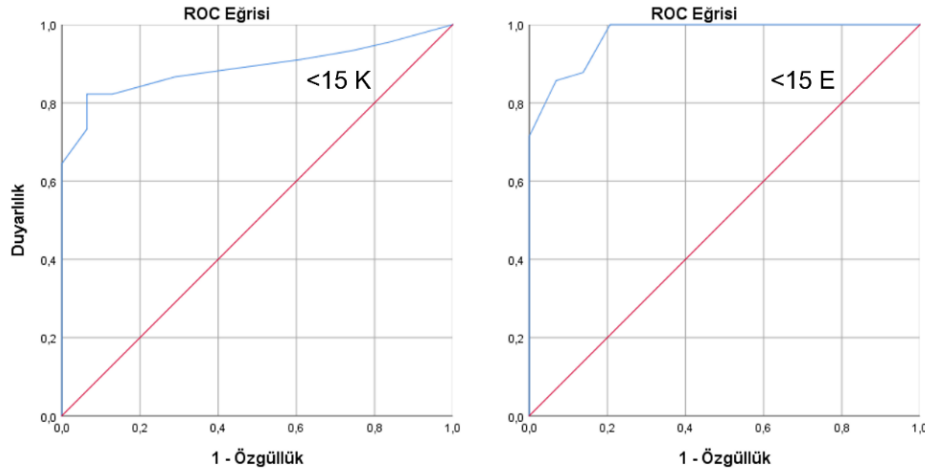
18 yaş üzerinde olan kişilerden ROC analizi için yeterli sayıda ölçüm olmadığı için kalkaneus fizis kalınlığı sadece <12 ve <15 yaş grupları için değerlendirilmiştir. Kesme noktaları distal tibiaya kıyasla daha ince idi. Benzer şekilde Erkeklerin kalkaneal fizis kalınlıkları kadınlardan daha fazla idi. <15 yaş için belirlenen kesme noktalarının pozitif olabilirlik oranları <12 gruplarına göre daha fazla idi. <12 erkeklerde olabilirlik oranı 3,76 ile en düşük değerdı ve tüm gruplarda kalkaneus fizis kalınlığının adli yaş tahmininde kullanımının kullanılabilir olduğu gözlenmiştir.



Şekil 22: Kalkaneus fizis kalınlığı için <12 kadınlarda " $1,25 \leq$ " ve <12 erkeklerde " $1,35 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri

Eğri altında kalan alanlar incelendiğinde <12 kadınlar ve <15 erkekler için mükemmel diğer gruplar için ise iyi olarak sınıflandırılacak değerler hesaplanmıştır. <15 erkekler için duyarlılık %91,8, özgüllük %93,1 hesaplanmıştır. <12 erkek - kadın ve <15 erkek – kadın

ayrımını yapmadan kalkaneus fizis kalınlığının önemini gösteren diğer testler Tablo 10'de özetlenmiştir (Şekil 22, 23).



Şekil 23: Kalkaneus fizis kalınlığı için <15 kadınlarda " $1,05 \leq$ " ve <12 erkeklerde " $1,15 \leq$ " değerlerinin kesme noktası olarak belirlendiği ROC eğrileri

6.9. Yasa ve Kanunlara Göre Adli Tıp Uygulamaları Açısından Sık Kullanılan Yaş Sınırlarına Göre Yapılan Gruplar İle Evrelerin Karşılaştırılması

Çalışmaya dahil edilen kişilerin yaşları adli tıp uygulamaları açısından önemli olan yasa ve kanun maddelerinde sık kullanılan yaş sınırlarına göre gruplandırıldığında 12 yaş altında 45 (%13,2) üzerinde 297 (%86,8) kişi olduğu, 15 yaş altında 94 (%27,5) üzerinde 248 (%72,5) kişi olduğu ve 18 yaş altında 163 (%47,7) üzerinde 179 (%52,3) kişi olduğu tespit edilmiştir. Cinsiyet dağılımları incelendiğinde ise tüm yaş gruplarında eşit olarak dağıldığı gözlenmiştir (12 yaş p: 0,343, 15 yaş p: 0,409, 18 yaş p: 0,418).

Dağılım incelendiğinde ise distal tibia Dedouit'e göre Evre 3-4-5 Vieth'e göre Evre 4-5-6 olan tüm kişilerin cinsiyet fark etmeksizin 12 yaş üzerinde olduğu, Dedouit'e göre Evre 4-5 Vieth'e göre Evre 5-6 olan tüm kişilerin cinsiyet fark etmeksizin 15 yaş üzerinde olduğu ve Dedouit'e göre Evre 5 Vieth'e göre Evre 6 olan tüm kişilerin erkeklerde 18 yaş üzerinde olduğu kadınlarda ise 18 yaş altında olmasına rağmen en üst evreye ulaşan kişilerin olduğu tespit edilmiştir.

Kalkaneus evreleri incelendiğinde ise fizisin daha hızlı ossifikasyona gittiğinden dolayı kişilerin üst evrelere daha erken yaşlarda ulaştığı görülmüş olup Dedouit'e göre Evre 1-2-3 Vieth'e göre Evre 2-3-4 olan erkeklerin tamamının 18 yaşın altında kadınların ise 15 yaşın altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca distal tibia evresi Dedouit'e göre Evre 1-2 Vieth'e göre Evre 2-3 olan kadınların tamamının 15 yaşın altında olduğu gözlenmiştir (Tablo 11, 12).

6.10. Gözlemci İçi ve Gözlemciler Arası Uyumun Değerlendirilmesi

Gözlemci içi ve gözlemciler arası Cohen's kappa değerleri incelendiğinde hem distal tibia hem de kalkaneus için mükemmeldi. Distal tibia için gözlemci içi tutarlılık kappa değeri $0,844 \pm 0,031$ iken gözlemciler arası tutarlılık $0,901 \pm 0,026$ idi. Kalkaneus için ise gözlemci içi tutarlılık $0,863 \pm 0,030$ iken gözlemciler arası tutarlılık kappa değeri $0,891 \pm 0,027$ idi.

Tablo 11: Adli tıp uygulamaları açısından önemli olan yasa ve kanunlara göre belirlenen yaş sınırlarına göre evrelerdeki kişi sayılarının dağılımı (Erkekler)

		Distal tibia		Kalkaneus		Distal tibia		Kalkaneus		Distal tibia		Kalkaneus	
		<12	>12	<12	>12	<15	>15	<15	>15	<18	>18	<18	>18
DEDOÜİT	1	20	24	8	1	41	3	9	0	44	0	9	0
	2	1	7	10	16	6	2	25	1	8	0	26	0
	3	0	21	3	22	2	19	15	10	20	1	25	0
	4	0	49	0	17	0	49	0	17	9	49	13	4
	5	0	51	0	96	0	51	0	96	0	51	8	88
VIETH	2	20	23	7	2	40	3	9	0	43	0	9	0
	3	1	8	11	19	7	2	28	2	9	0	30	0
	4	0	21	3	18	2	19	12	9	20	1	21	0
	5	0	49	0	17	0	49	0	17	9	40	12	5
	6	0	51	0	96	0	51	0	96	0	51	9	87

Tablo 12: Adli tıp uygulamaları açısından önemli olan yasa ve kanunlara göre belirlenen yaş sınırlarına göre evrelerdeki kişi sayılarının dağılımı (Kadınlar)

		Distal tibia		Kalkaneus		Distal tibia		Kalkaneus		Distal tibia		Kalkaneus	
		<12	>12	<12	>12	<15	>15	<15	>15	<18	>18	<18	>18
DEDOÜİT	1	23	5	5	0	28	0	5	0	28	0	5	0
	2	1	8	18	3	9	0	21	0	9	0	21	0
	3	0	18	1	9	8	10	10	0	18	0	10	0
	4	0	53	0	31	0	53	9	22	25	28	26	5
	5	0	61	0	102	0	61	0	102	2	59	20	82
VIETH	2	23	5	6	2	28	0	8	0	28	0	8	0
	3	1	8	16	3	9	0	19	0	9	0	19	0
	4	0	18	1	8	8	10	9	0	18	0	9	0
	5	0	53	1	30	0	53	9	22	25	28	26	5
	6	0	61	0	102	0	61	0	102	2	59	20	82

7. TARTIŞMA

Adli tıp uygulamalarında aşamalar kimlik tespiti ile başlar ve kimlik tespitinin en önemli aşamalarından biri kişinin yaşının tespit edilmesidir. Adli yaş tahmini ise kişinin yaşı ile ilgili şüphelerin olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Adli yaş tahmini uygulaması son yıllarda yasa dışı göçmenler ve mülteci sayılarının ülkemizde artması nedeniyle daha da önemli olmuştur (69).

Adli yaş tahmininde kullanılan geleneksel metotların yanı sıra son yıllarda MRG'nin de yeri olabileceği savunulmaktadır. Bu konuda tanımlanmış evreleme sistemleri vardır ve neredeyse tamamında ana mantık epifiz kemikleşmesini ve fizis kıkırdak sinyal yoğunluğunu, devamlılığını ve multilaminer yapısının değerlendirmesi üzerinedir. Mevcut çalışmada incelenen evreleme sistemlerinin farkları ise Dedouit evrelendirmesinde fizis kalınlığının evreler arasında geçişi etkilemesi ve sadece tek bir kesitten incelemenin yapılması, Vieth yönteminde ise değerlendirmenin birden fazla kesitten elde edilen verilerle yapılması ve farklı sinyal yoğunluklarının aynı evrede eş zamanlı da olabileceğinin tanımlanmış olmasıdır (54, 60).

Mevcut çalışmada Tablo 4 ve 7'de Vieth ve Tablo 5 ve 6'da Dedouit yöntemleri kullanılarak distal tibia epifizi ve kalkaneus apofizi incelenerek evrelendirilmiş kişiler cinsiyetlerine göre gruplandırılarak yaş ortalamaları, standart sapmaları, evreler içerisindeki minimum ve maksimum yaşlar ve bunlara ek olarak da yüzdelik dilimleri sunulmuştur. Distal tibia evrelendirmeleri koronal plan, kalkaneus evrelendirmeleri ise sagittal planlarda yapılmıştır. Ayrıca daha önce literatürde üzerinde çalışılmamış olan fizis kalınlığının yaş tahmininde kullanılabilirliği ile ilgili analizler yapılmıştır.

Genel olarak kadınların erkeklere göre kemik gelişimi daha hızlı ilerlemektedir (70). Mevcut çalışmada da benzer şekilde kadınların yaş ortalamaları erkeklerden daha düşüktü. Erken evrelerde yaklaşık bir yaş olan bu fark evreler ilerledikçe azalmaktaydı. Saint-Martin ve ark. (55) tarafından tanımlanan ve distal tibia ve kalkaneus büyüme plaklarının 3 Evrede değerlendirildiği çalışmada da kadınların erkeklere göre daha erken yaşlarda üst evrelere çıktığı bildirilmiştir. Benzer şekilde Lu ve ark. (71) ve Ekizoğlu ve ark.'da (72) kadınların iskelet gelişiminin ayak bileğinde erkeklerden hızlı olduğunu savunmaktadır. Ancak Türk örnekleme yapılan ve beş evreli Vieth yönteminin kullanıldığı bir doktora tezi çalışmasında mevcut çalışmanın bulgularının ve literatürün aksine Vieth Evre 2'de yer alan kişilerden kadın olanların yaş ortalamaları distal tibia için $11,40 \pm 1,03$ kalkaneus için ise $11,42 \pm 0,02$ olduğu, erkeklerin ise yaş ortalamaları distal tibia için $10,33 \pm 1,30$ kalkaneus için ise $9,97 \pm 1,32$ olarak hesaplanmıştır

(73). Çalışmanın verileri incelendiğinde evre 2 hasta sayısının az olduğu görülmüş ve bu durumun yetersiz örneklem büyüklüğünden kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

Daha önceki çalışmalarda distal tibia ile kalkaneusun tam füzyonunun diğer büyüme plakları ile karşılaştırıldığında bir miktar erken yaşlarda ve genellikle her iki cinsten de yaklaşık 16-18 yaşında gerçekleştiği bildirilmiştir (63, 68, 74). Bahsedilen durum nedeniyle mevcut çalışmada her iki evreleme sisteminde de erken evrelerin yaş ortalamalarının diğer anatomik bölgeler ile kıyaslandığında daha düşük olduğu görülmektedir. İncelenen büyüme plakları kendi içinde değerlendirildiğinde ise kalkaneus büyüme plağı ossifikasyonunun distal tibiya göre daha hızlı ilerlediği gözlenmiştir. Anatomik bölgeler arasındaki bahsedilen fark evre yükseldikçe kapanmakta son evrelerde ise benzer ortalamalar gözlenmektedir. Mevcut çalışma için oluşturulan tablo 4 ve tablo 7'den anlaşılabileceği üzere Vieth yöntemine göre evre 2 olan erkeklerin yaş ortalaması distal tibia için $11,44 \pm 2,12$ kalkaneus için ise $10,24 \pm 1,60$ olarak hesaplanmıştır. Vieth evre 2 Kadınlarda ise yaş ortalamaları distal tibia için $10,54 \pm 1,20$ kalkaneus için $10,13 \pm 1,89$ 'dir. Proksimal tibia için yapılan bir çalışmada Vieth evre 2 yaş ortalaması erkeklerde $13,27 \pm 1,04$, kadınlarda $12,41 \pm 0,3$ olarak sunulmuş (60), proksimal humerus için yapılan başka bir çalışmada ise $11,97 \pm 1,27$ erkeklerin, $11,74 \pm 1,27$ kadınların yaş ortalaması olarak belirtilmiştir (75). Diz çevresi büyüme plakları için yapılan başka bir değerlendirmede ise Vieth Evre 2 için distal femur yaş ortalamaları $13,68 \pm 1,29$ (Erkekler) ve $12,89 \pm 0,72$ (Kadınlar) iken proksimal tibia yaş ortalamaları ise $13,13 \pm 0,93$ (Erkekler) ve $12,49 \pm 0,50$ (Kadınlar) idi (76).

Vieth yöntemine göre sınıflandırılan tüm anatomik bölgelere genel olarak bakıldığında ise evre 2 için erkeklerde belirtilen en yüksek yaş ortalaması $13,68 \pm 1,29$ ile distal femur (76) için bildirilirken en düşük ortalama ise ayak bileği için $10,33 \pm 1,30$ (73) olarak hesaplanmıştır. Dedouit yöntemine göre evre 1 erkekler için ise en yüksek yaş ortalaması proksimal humerus için $14,14 \pm 1,40$ (77), en düşük ortalama ise $12,09 \pm 1,48$ olarak proksimal tibia için hesaplanmıştır (78). Bir başka sınıflama sistemi ise Schmeling tarafından bilgisayarlı tomografi için tasarlanan sistemin modifikasyonu ile yapılmıştır ve ilk olarak Hillewig ve ark. tarafından medial klavikula için kadınlar üzerinde 2011 yılında yayınlanmıştır. 11-30 yaş grubu için yapılan çalışmada yaş ortalamaları evre 1 için $16,5 \pm 1,6$, evre 2 için ise $19,8 \pm 1,6$ olarak hesaplanmıştır (79). Ancak daha sonraki çalışmalarda evreleme sistemi detaylandırılmış ve alt gruplara ayrılmıştır (Tablo 2). Literatürde yapılan inceleme de ise sıklıkla tespit edilen en alt evrenin ise evre 2 olduğu görülmüştür. Ancak çalışmaya dahil edilen kişilerin yaş aralıklarındaki heterojenlik nedeniyle literatürde sunulan ortalamalar değişiklik göstermektedir. Yazarlar evreleme başlangıç yaşı olarak 10-18 arası yaşlar kabul etmiş ve erken evrelerin ortalamalarında bu nedenle farklılıklar oluşmuştur (Tablo 13).

Tablo 13: Literatürde yapılan tarama sonucunda tespit edilen adli yaş tahmininde MRG kullanımı ile ilgili çalışmalara ait veriler

Araştırmacılar	Yıl	Yaş Aralığı	Çalışmanın evreni	Anatomik Bölge	Evreleme Sistemi	Örneklem büyüklüğü	Ortalama Yaş (E)	Ortalama Yaş (K)
Hillewig ve ark (79)	2011	11-30	Belçika	Medial Klavikula	Schmeling (5 evre)	82 Kadın	-	1: 16,5±1,6 2: 19,8±1,6 3: 21,3±0,4 4: - 5: 24,5±0,6
Saint-Martin ve ark (55)	2013	8-25	Fransa	Distal Tibia	Saint-Martin (3 Evre)	80 Erkek 100 Kadın	1: 10,2 2: 16,5 3: 21,6	1: 9,7 2: 13 3: 20
Saint-Martin ve ark (55)	2013	8-25	Fransa	Kalkaneus	Saint-Martin (3 Evre)	80 Erkek 100 Kadın	1: 9,9 2: 15 3: 21,3	1: 8,9 2: 10,9 3: 18,8
Tangmose ve ark (80)	2013	12,9-33,5	Danimarka	Medial klavikula	Schmidt (4 evre)	74 Erkek 28 Kadın	2: 20,8±2,3 3: 22,7±2,2 4: 26,3±3,1	2: 18,1±2,4 3: 23,1±2,9 4: 26,4±3,1
Krämer ve ark (81)	2014	10-30	Almanya	Distal femur	Schmeling (5 evre)	166 Erkek 124 Kadın	2c: 12,3±1,7 3a: 15,0±1,7 3b: 15,1±0,1 3c: 17,0±1,2 4: 24,9±3,5	2c: 11,8±1,4 3a: 13,8±1,7 3b: - 3c: 17,0±0,7 4: 24,3±4,0
Vieth ve ark (82)	2014	18-22	Almanya	Medial klavikula	Schmeling (5 evre)	152 Erkek	2a: 18,7±0,5 2b: 20,1±0,9 2c: 20,9±1,0 3a: 19,9±1,6 3b: 20,3±1,1 3c: 21,2±1,3	-
Ekizoğlu ve ark (72)	2015	8-25	Türkiye	Distal Tibia	Saint-Martin (3 Evre)	97 Erkek 70 Kadın	1: 11,7±1,8 2: 16,8±1,9 3: 22,4±2,4	1: 10,8±1,6 2: 14,5±2,2 3: 20,7±3,0
Ekizoğlu ve ark (72)	2015	8-25	Türkiye	Kalkaneus	Saint-Martin (3 Evre)	97 Erkek 70 Kadın	1: 11,5±1,7 2: 16,5±1,9 3: 21,8±2,9	1: 10,2±1,4 2: 12,2±1,3 3: 19,8±3,6

Ekizoğlu ve ark (83)	2015	10-30	Türkiye	Distal Femur	Dedouit (5 evre)	305 Erkek 198 Kadın	1: 12,5±1,55 2: 14,5±1,53 3: 16,9±1,84 4: 24,0±3,26 5: 26,4±2,38	1: 12,0±1,63 2: 13,6±1,42 3: 15,4±1,56 4: 22,3±4,35 5: 25,9±2,92
Ekizoğlu ve ark (83)	2015	10-30	Türkiye	Proksimal Tibia	Dedouit (5 evre)	305 Erkek 198 Kadın	1: 12,5±1,53 2: 14,4±1,35 3: 15,8±0,75 4: 21,2±3,71 5: 25,1±3,01	1: 11,5±1,30 2: 14,0±1,34 3: 15,5±1,65 4: 17,8±4,04 5: 25,0±3,46
Fan ve ark (84)	2016	11-30	Çin	Distal Femur	Schmeling (5 evre)	183 Erkek 139 Kadın	1: 13,40±1,48 2a: 14,80±1,41 2b: 16,44±0,37 2c: 19,29±3,87 3: 22,64±3,93	1: 12,45±0,89 2a: 13,82±1,49 2b: 14,51±0,46 2c: 18,11±3,58 3: 20,87±3,75
Fan ve ark (84)	2016	11-30	Çin	Proksimal tibia	Schmeling (5 evre)	183 Erkek 139 Kadın	1: 13,01±1,30 2a: 14,73±1,24 2b: 16,19±0,82 2c: 19,98±4,61 3: 21,68±3,52	1: 12,31±0,73 2a: 13,44±1,79 2b: 14,44±0,45 2c: 16,68±3,25 3: 20,63±3,69
Fan ve ark (84)	2016	11-30	Çin	Proksimal fibula	Schmeling (5 evre)	183 Erkek 139 Kadın	1: 13,64±1,55 2a: 15,36±1,32 2b: 15,71±1,20 2c: 18,91±4,31 3: 21,83±3,91	1: 13,04±1,14 2a: 13,58±1,30 2b: 15,29±1,18 2c: 15,75±1,00 3: 20,83±3,65
Ottow ve ark (85)	2016	12-24	Almanya	Distal femur	Schmeling (5 evre)	325 Erkek 333 Kadın	2c: 14,12±1,45 3a: 15,95±1,22 3b: 17,77±- 3c: 17,95±2,12 4: 21,50±2,03	2c: 13,42±1,14 3a: 14,80±0,91 3b: 15,89±1,23 3c: 16,21±1,22 4: 20,72±2,38
Ottow ve ark (85)	2016	12-24	Almanya	Proksimal tibia	Schmeling (5 evre)	325 Erkek 333 Kadın	2c: 13,89±1,21 3a: 15,34±1,69 3b: 16,64±0,9 3c: 17,52±1,79 4: 21,49±2,04	2c: 12,98±0,72 3a: 14,45±0,67 3b: 16,03±2,69 3c: 15,73±0,97 4: 20,66±2,40

Ekizoğlu ve ark (77)	2017	12-30	Türkiye	Proksimal humerus	Dedouit (5 evre)	222 Erkek 173 Kadın	1: 14,14±1,40 2: 15,63±1,38 3: 17,88±2,33 4: 23,31±3,36 5: 24,80±3,70	1: 12,86±1,06 2: 14,01±1,05 3: 19,19±2,20 4: 22,56±2,98 5: 27,30±2,54
Vieth ve ark (60)	2018	12-24	Almanya	Proksimal Tibia	Vieth (5 evre)	344 Erkek 350 Kadın	2: 13,27±1,04 3: 14,03±1,22 4: 16,89±1,21 5: 20,75±2,27 6: 22,90±1,28	2: 12,41±0,31 3: 13,83±1,02 4: 15,90±1,00 5: 20,50±2,54 6: 22,62±1,20
Er ve ark (62)	2019	10-29	Türkiye	Distal radius	Timme (5 evre)	154 Erkek 185 Kadın	2c: 13,03±1,79 3a: 16,58±1,49 3b: 16,02±1,66 3c: 18,11±1,34 4a: 20,88±2,28 4b: 24,00±3,25	2c: 12,76±1,62 3a: 14,68±0,74 3b: 15,20±1,27 3c: 16,73±1,34 4a: 19,56±2,56 4b: 23,24±3,47
Lu ve ark (71)	2020	8-25	Çin	Distal Tibia	Saint-Martin (3 Evre)	372 Erkek 218 Kadın	1: 11,66±1,96 2: 20,41±2,55 3: 22,64±1,83	1: 10,58±1,54 2: 19,10±3,11 3: 22,73±1,92
Lu ve ark (71)	2020	8-25	Çin	Kalkaneus	Saint-Martin (3 Evre)	372 Erkek 218 Kadın	1: 11,19±1,83 2: 16,28±3,33 3: 21,27±2,31	1: 10,44±1,48 2: 16,12±2,55 3: 21,16±2,48
Daghighi ve ark (53)	2020	15-40	İran	Distal femur	Daghighi (5 evre)	139 Erkek 54 Kadın	1: 15,18±0,60 2: 16,56±1,09 3: 21,47±5,14 4: 29,08±5,59 5: 37,00±4,24	1: 15,00±0,00 2: 15,25±0,50 3: 16,43±0,98 4: 29,33±5,44 5: 37,17±2,25
Daghighi ve ark (53)	2020	15-40	İran	Proksimal tibia	Daghighi (5 evre)	139 Erkek 54 Kadın	1: 15,09±0,70 2: 16,38±0,77 3: 19,83±4,91 4: 28,19±5,60 5: 31,80±6,64	1: 15,00±0,00 2: 15,20±0,45 3: 16,80±0,84 4: 28,37±6,71 5: 35,22±4,22

Ekizoğlu ve ark (86)	2020	10-30	Türkiye	Distal femur	Schmeling (5 evre)	335 Erkek 314 Kadın	2c: 12,35±1,53 3a: 15,65±1,41 3b: 16,52±0,78 3c: 17,26±1,42 4: 23,91±3,19	2c: 11,21±0,82 3a: 13,91±0,91 3b: 15,32±0,30 3c: 16,27±1,22 4: 23,63±3,96
Ekizoğlu ve ark (86)	2020	10-30	Türkiye	Proksimal tibia	Schmeling (5 evre)	335 Erkek 314 Kadın	2c: 11,90±1,48 3a: 14,82±1,57 3b: 16,20±3,5 3c: 15,86±0,52 4: 22,73±3,89	2c: 11,07±0,74 3a: 13,12±0,75 3b: 13,55±0,41 3c: 15,15±0,69 4: 22,97±4,31
Uygun ve ark (78)	2020	10-25	Türkiye	Distal femur	Dedouit (5 evre)	292 Erkek 197 Kadın	1: 12,24±1,55 2: 13,51±1,49 3: 17,96±2,13 4: 21,51±2,10 5: 23,57±1,83	1: 11,67±1,09 2: 13,25±1,60 3: 16,78±2,31 4: 20,48±2,23 5: 23,37±2,12
Uygun ve ark (78)	2020	10-25	Türkiye	Proksimal tibia	Dedouit (5 evre)	292 Erkek 197 Kadın	1: 12,09±1,48 2: 13,37±1,44 3: 17,84±2,18 4: 21,22±2,01 5: 23,28±1,97	1: 11,55±1,09 2: 13,25±1,51 3: 15,93±2,20 4: 20,18±2,40 5: 22,80±2,40
Altınsoy ve ark (87)	2020	12-30	Türkiye	Proksimal humerus	Schmeling (5 evre)	178 Erkek 109 Kadın	2c: 13,95±0,78 3a: 16,33±1,26 3b: 19,18±1,51 3c: 21,16±2,19 4: 25,45±3,22	2c: 13,59±0,81 3a: 15,89±1,63 3b: 18,28±1,87 3c: 21,79±2,16 4: 25,51±3,68
Alatas ve ark (76)	2020	12-27	Türkiye	Distal femur	Vieth (5 evre)	425 Erkek 284 Kadın	2: 13,68±1,29 3: 15,07±1,19 4: 18,35±1,99 5: 21,02±2,54 6: 24,09±1,73	2: 12,89±0,72 3: 14,25±1,11 4: 16,26±1,24 5: 19,83±2,83 6: 23,89±2,19
Alatas ve ark (76)	2020	12-27	Türkiye	Proksimal tibia	Vieth (5 evre)	425 Erkek 284 Kadın	2: 13,13±0,93 3: 14,56±1,19 4: 16,09±1,70 5: 20,27±2,68 6: 22,72±2,25	2: 12,49±0,50 3: 13,47±0,77 4: 14,75±1,10 5: 18,36±2,90 6: 22,36±2,60

Lu ve ark (61)	2021	12-30	Çin	Proksimal Humerus	Schmeling (5 evre)	492 Erkek 196 Kadın	2: 13,24±0,28 3a: 15,18±0,26 3b: 17,86±0,33 3c: 21,25±0,22 4: 25,43±0,18 5: 28,26±0,21	2: 12,18±0,10 3a: 13,71±0,24 3b: 17,40±0,85 3c: 20,96±0,52 4: 24,93±0,32 5: 27,92±0,26
Ekizoğlu ve ark (88)	2021	10-29	Türkiye	Distal radius	Dedouit (5 evre)	254 Erkek 281 Kadın	1: 13,10±1,90 2: 12,67±1,79 3: 16,39±1,57 4: 17,71±1,78 5: 22,72±3,04	1: 11,91±1,23 2: 12,29±1,10 3: 14,02±1,36 4: 15,93±1,25 5: 21,40±3,30
Altınsoy ve ark (75)	2021	10-28	Türkiye	Proksimal humerus	Vieth (5 evre)	193 Erkek 122 Kadın	2: 11,97±1,27 3: 16,31±1,59 4: 20,49±1,96 5: 23,39±2,86 6: 25,66±1,83	2: 11,74±1,27 3: 15,43±1,25 4: 19,99±2,11 5: 22,48±1,98 6: 25,61±2,17
Gürses ve ark (89)	2021	12-30	Türkiye	Distal femur	Vieth (5 evre)	367 Erkek 231 Kadın	2: 13,65±1,11 3: 16,22±1,83 4: 18,33±1,40 5: 21,46±2,74 6: 25,41±3,07	2: 13,14±0,86 3: 14,58±0,89 4: 16,81±1,36 5: 20,46±2,86 6: 25,06±2,98
Gürses ve ark (89)	2021	12-30	Türkiye	Proksimal tibia	Vieth (5 evre)	367 Erkek 231 Kadın	2: 13,01±1,00 3: 14,94±1,53 4: 17,80±1,84 5: 21,15±3,08 6: 24,28±3,34	2: 12,74±0,59 3: 14,04±1,00 4: 15,90±1,57 5: 20,36±3,67 6: 23,72±3,34
Ottow ve ark (90)	2022	12-24	Almanya	Distal radius	Vieth (5 evre)	347 Erkek 348 Kadın	2: 13,63±1,18 3: 15,99±1,25 4: 17,94±1,30 5: 21,22±1,92 6: 22,74±1,63	2: 12,73±0,52 3: 14,67±1,14 4: 17,41±2,05 5: 20,62±2,25 6: 22,32±1,51
Gürses ve ark (73)	2022	8-25	Türkiye	Distal tibia	Vieth (5 evre)	118 Erkek 201 Kadın	2: 10,33±1,30 3: 13,56±1,00 4: 15,52±1,08 5: 20,24±2,86 6: 22,05±2,18	2: 11,40±1,03 3: 12,62±0,63 4: 14,08±0,63 5: 17,64±3,10 6: 21,57±2,45
Gürses ve ark	2022	8-25	Türkiye	Kalkaneus	Vieth (5 evre)	118 Erkek	2: 9,97±1,32	2: 11,42±0,02

						201 Kadın	3: 11.69±1.29 4: 15.06±1.13 5: 17.97±3.04 6: 21.39±2.61	3: 11.40±1.22 4: 12.91±0.74 5: 14.71±1.53 6: 19.77±3.62
Mevcut Çalışma	2022	8-25	Türkiye	Distal tibia	Vieth (5 evre)	173 Erkek 169 Kadın	2: 11,44±2,12 3: 13,44±1,51 4: 15,67±1,53 5: 20,35±2,63 6: 22,25±1,78	2: 10,54±1,20 3: 12,44±1,01 4: 14,83±1,20 5: 18,38±2,86 6: 21,85±2,48
Mevcut Çalışma	2022	8-25	Türkiye	Kalkaneus	Vieth (5 evre)	173 Erkek 169 Kadın	2: 10,24±1,60 3: 11,73±2,06 4: 13,62±1,99 5: 17,59±2,50 6: 21,29±2,55	2: 10,13±1,89 3: 10,68±0,95 4: 12,44±0,73 5: 15,94±2,57 6: 20,50±3,13
Mevcut Çalışma	2022	8-25	Türkiye	Distal tibia	Dedouit (5 evre)	173 Erkek 169 Kadın	1: 11,50±2,13 2: 13,38±1,60 3: 15,67±1,53 4: 20,35±2,63 5: 22,25±1,78	1: 10,54±1,20 2: 12,44±1,01 3: 14,83±1,20 4: 18,38±2,86 5: 21,85±2,48
Mevcut Çalışma	2022	8-25	Türkiye	Kalkaneus	Dedouit (5 evre)	173 Erkek 169 Kadın	1: 10,00±1,26 2: 11,54±2,02 3: 13,64±0,69 4: 17,41±2,50 5: 21,32±2,50	1: 9,40±1,52 2: 10,62±0,98 3: 12,40±1,80 4: 16,00±2,46 5: 20,90±2,86

Adli yaş tahmininde kullanılan bu evreleme sistemlerinin bir diğer dikkat çeken tarafı ise minimum ve maksimum yaş sınırlarıdır. Diz MRG üzerinden yapılan bir evreleme çalışmasında evre 6 olarak sınıflandırılan erkeklerde distal femur için en genç gönüllü 21 proksimal tibia için ise 20 yaşındaydı. Kadınlarda ise distal femur için benzer şekilde distal femur için en genç gönüllü 21 yaşında iken proksimal tibia epifizin değerlendirilmesinde en genç gönüllü 18 yaşını henüz tamamlamıştı. Bu bilgilere göre distal femur için Vieth evresi 6 olan bir kişi büyük olasılıkla 18 yaşından büyüktür. Proksimal tibia evresi 6 olan bir erkek içinde yine aynı genelleme yapılabilirken kadınlar için benzer çıkarım yapılamaz (60). Distal radius için yapılan değerlendirmelerde de Vieth evre 6 olan tüm kişilerin 18 yaş üzerinde olduğu gösterilmiştir (90). Proksimal humerusun Dedouit evrelemesine göre incelediği Türk popülasyonu üzerinde yapılan bir çalışmada da Evre 5 olarak değerlendirilen kişilerden en küçüğü 21 yaşını tamamlamamış bir erkekti (77). Ayak bileği eklemının incelendiği ve 3 evreden oluşan Saint-Martin sınıflamasının kullanıldığı bir çalışmada ise Evre 3 için bildirilen minimum yaşlar erkekler için distal tibia 15 kalkaneusta 16, kadınlarda ise distal tibia 14 kalkaneusta 12 idi (72). Gruplar içindeki yaş dağılımının heterojen yapısı nedeniyle Saint-Martin sınıflaması reşitliğin tespiti için kullanışlı gözükmemektedir. Bu durumun nedeni diğer büyüme plaklarına nazaran distal tibia ve kalkaneusun daha erken ossifikasyon aşamalarını katetmesi olabilir.

Mevcut çalışmada da minimum maksimum yaşlar evrelere göre değerlendirilmiş ve ülkemizde adli tıp uygulamaların açısından önemli olan yasa ve kanun maddelerine göre gruplandırılmıştır. Tablo 11 ve tablo 12’de sunulan veriler incelendiğinde Vieth yöntemine göre Evre 6 Dedouit yöntemine göre Evre 5 olan kişilerin benzer yaşlarda olduğu ve erkekler için distal tibia minimum yaşının 18 kadınlar içinse 16 olduğu tespit edilmiştir. Kalkaneus içinde yine minimum yaşlar değerlendirilmiş ve her iki cinsiyet ve evreleme sisteminde minimum yaş 17 olarak tespit edilmiştir. 12 ve 15 yaş sınırına göre dağılım incelendiğinde ise distal tibia Dedouit’e göre Evre 3-4-5 Vieth’e göre Evre 4-5-6 olan tüm kişilerin cinsiyet fark etmeksizin 12 yaş üzerinde olduğu, Dedouit’e göre Evre 4-5 Vieth’e göre Evre 5-6 olan tüm kişilerin cinsiyet fark etmeksizin 15 yaş üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca distal tibia evresi Dedouit’e göre Evre 1-2 Vieth’e göre Evre 2-3 olan kadınların tamamının 15 yaşın altında olduğu gözlenmiştir. Kalkaneus evreleri incelendiğinde ise fizisin daha hızlı ossifikasyona gittiğinden dolayı kişilerin üst evrelere daha erken yaşlarda ulaştığı görülmüş olup Dedouit’e göre Evre 1-2-3 Vieth’e göre Evre 2-3-4 olan erkeklerin tamamının 18 yaşın altında kadınların ise 15 yaşın altında olduğu tespit edilmiştir. Ayak bileği MRG’si ile minimum-maksimum yaş konseptine göre adli yaş tahmini yapmak 18 yaş için kısıtlayıcı olsa da alt yaş grupları için faydalı olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca geleneksel radyografik

yöntemlere göre MRG'de tam kemikleşme zamanı hakkında farklılıklar olabileceği ancak gözlemciler arası tutarlılığın daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Örneğin, büyüme plağında ödemin devam etmesi nedeniyle füzyon, X-ışınlarında tamamlanmış gibi görünebilirken, MRG görüntülerinde olmayabilir (79, 91).

Vieth yöntemi ile ayak bileği MRG kesitlerinin incelendiği Gürses ve ark tarafından yapılan çalışmada ise distal tibial epifizi için, her iki cinsiyette de Evre 2-3-4 olarak tespit edilen tüm olgular 18 yaşından küçük olduğu ve Evre 5 olarak tespit edilen tüm erkekler 15 yaş üzerinde tespit edilmiştir (73). Evre 2-3-4 için bahsedilen önerme kadınlar için mevcut çalışma içinde geçerli olsa da erkeklerde 18 yaş üzerinde olan bir birey Evre 4 olarak sınıflandırılmıştır. Mevcut çalışma verileri 15 yaşa göre değerlendirildiğinde ise Gürses ve ark tarafından önermeye benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Gürses ve ark kalkaneus epifizi için ise, her iki cinsiyette de Evre 2-3-4 olarak kaydedilen tüm olgular 18 yaşından küçük olduğu ve Evre 6 olarak tespit edilen tüm erkek olgular 15 yaş üzerinde tespit edilmiştir (73). Mevcut çalışmanın bulguları da bahsedilenleri destekler niteliktedir.

İleri evrelerde karşılaşılan bir diğer problem ise her iki cinsiyette ve her iki evreleme sistemi içinde son 2 evrenin maksimum yaşları üst üste binmektedir. Yapılan bir çalışmada 6. evredeki maksimum yaş evre 5'in altındadır (60). Bu büyük olasılıkla kohortun seçtiği üst sınır olan 24 yaşam yılı nedeniyledir. Eğer daha yüksek bir maksimum yaş seçilmiş olsa idi Evre 6'nın gerçek maksimum yaşı, Evre 5'in üzerinde olacaktır. Bahsedilen çalışmada 12 yaşına yakın olan 2. ve 3. evrelerin minimum yaşları, büyük olasılıkla, kohortun seçtiği 12 yıllık yaşam sınırına göre oluşmuştur. Bu nedenle adli yaş tahmini çalışmaları değerlendirilirken muhakkak çalışmaya dahil edilen kişilerin yaş aralıkları kontrol edilmelidir. Bu durum hem minimum-maksimum yaşları ve yaş ortalamalarını etkileyecektir. Minimum-maksimum yaş konsepti erken evrelerde en üst yaşı belirlemede geç evrelerde ise en alt yaşı belirlemede bahsedilen kısıtlılığa rağmen faydalı görünmektedir.

Adli yaş tahmininde kullanılan MRG evrelendirmelerinde sıklıkla büyüme plağının durumu değerlendirilmektedir. Büyüme plağının histolojik durumu ile radyolojik durumunu değerlendiren bir çalışmada büyüme plağının gerçek kalınlığının MRG'de görünenden daha fazla olduğu ve gerçek boyutun 1,5 Tesla MRG ile değerlendirilmesinin uygun olmadığı ancak radyolojik değerler ile histolojik değerler arasında korelasyon olduğu bildirilmiştir (92). Adli yaş tahmini için daha kaliteli görüntüler sunan 3,0 Tesla MRG literatürde tavsiye edilmekte olsa da (81), 1,5 Tesla MRG ile yapılan çalışmalarda da yeterli sonucun elde edilebildiği gösterilmiştir (93). Ancak bahsedilen dezavantaj tüm değerlendirilen kişiler için geçerli olduğundan ve daha düşüğe olsa gerçek değerle radyolojik değer korelasyon

gösterdiğinden büyüme plağı değerlendirmeleri popülerliğini korumaktadır. Hatta prestijli uluslararası kuruluşlar yaş sınırı ile yapılan spor müsabakaları ve turnuvalarda MRG ile kemik yaşı kontrolünü rutin haline getirmişlerdir (82).

Adli yaş tahmini için kullanılan Dedouit evreleme sisteminde değerlendirilen kriterlerden birisi de büyüme plağının kalınlığıdır. Bahsedilen evreleme sisteminde Evre 2 ile Evre 3'ü birbirinden ayıran en önemli ölçüt büyüme plağı kalınlığının 1,5 mm değerinin altında ya da üstünde olmasıdır (54). Yani Dedouit evreleme sistemini kullanmak için büyüme plağı kalınlığını ölçmek gerekir. Mevcut çalışmada da büyüme plağı kalınlığı ölçülmüştür ve devamlı bir değişken olan büyüme plağı kalınlığının adli yaş tahmininde kullanılabileceği düşünülmüştür. Bahsedilen değerler ileri istatistiksel analizler ile incelenmiştir. Yapılan ANOVA analizlerinde her iki evreleme sistemi içinde evreler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar izlendi ve değerlerin ROC analizi ile yeniden değerlendirilmesine karar verildi. Çalışmaya dahil edilen kişiler adli uygulamalar açısından önemli olan yasa ve kanun maddelerindeki önemli yaş sınırlarına göre gruplandırıldı. Analizler neticesinde distal tibia ve kalkaneus büyüme plağı kalınlıklarına göre ciddi duyarlılık ve özgüllüklere sahip kesme değerlerinin tespit edilebileceği görüldü (Tablo 9, 10). Bu kesme değerleri arasında en dikkat çekici olanları %87,5 duyarlılık ve %95,3 özgüllüğe sahip olan kadınların 12 yaş kesme değeri 1,95 ve %91,8 duyarlılık ve %82,1 özgüllüğe sahip erkeklerin 15 yaş kesme değeri olan 1,55 idi. Kalkaneusa ait veriler incelendiğinde ise 18 yaş için kesme değeri verilebilecek kadar kişinin çalışmada yer almadığı görüldü ve sadece 12 ve 15 yaşlar için analizler yapıldı. 12 yaş altında olan kadınları tespit etmek için belirlenen kesme değeri 1,25 için duyarlılık %95,8 ve özgüllük %88,5 iken erkeklerde en dikkat çekici kesme değeri %91,8 duyarlılık ve %93,1 özgüllüğe sahip 15 yaş için 1,15 idi. Büyüme plağı kalınlıklarına göre verilen kesme değerleri ile yapılan gruplandırmalar tersten kontrol edildiğinde de tüm analizler için tatmin edici pozitif ve negatif prediktif değerlere ulaşıldı. Daha önce yaş ilerledikçe büyüme plağının incelendiği gösterilmiş olsa da mevcut çalışma büyüme plağı kalınlığının adli yaş tahmininde başarı ile kullanılabileceğinin gösterildiği bildiğimiz kadarıyla ilk çalışmadır.

Büyüme plağının kalınlığındaki değişimi inceleyen sınırlı sayıda çalışma literatürde mevcuttur. Bu çalışmalardan birinde distal femur büyüme plağının uzunluğu ile büyüme bulguları arasında kısa dönemde korelasyon tespit edilmiş ve uzun dönem takipli çalışmaların gerekli olduğu ve altı aylık dönemlerde büyüme plağı ebatlarında bariz değişikliklerin olmadığı belirtilmiştir (94). Femur başı büyüme plağının bir yıl boyunca MRG ile takip edildiği bir başka çalışmada ise ciddi değişimlerin izlendiğinden bahsedilmiştir (95). Büyüme

plağının 1-20 yaş arası bireylerde diz MRG ile değerlendirildiği bir başka çalışmada da benzer şekilde yaş ilerledikçe büyüme plağının incelendiği bildirilmiştir (96).

Mevcut çalışmanın kısıtlılıkları incelendiğinde ise ilk olarak geriye dönük tasarımı ve radyolojik incelemelerin başka sebeplerle yapılmış olması ve direkt grafilerle korelasyonun yapılmamış olması belirtilmelidir. İkinci olarak ise retrospektif dizayn nedeniyle hastaların çekim sırasında sahip oldukları boy ve kilonun değerlendirmeye katılmamış olmasıdır. Anatomik yapıların fiziksel boyutları kişinin boyuyla ilişkilidir ancak bu dezavantaj çalışmaya dahil edilen tüm kişiler içinde geçerli olduğundan çalışmanın sonuçlarını etkilemediğini düşünmekteyiz. Ayrıca Dedouit ve Vieth evreleri arasında hem distal tibia hem de kalkaneus için tespit edilen yüksek korelasyon bahsedilen düşüncemizi destekler niteliktedir. Mevcut çalışmanın bir diğer kısıtlılığı ise sosyoekonomik düzey ve etnisitenin değerlendirilmemiş olmasıdır. Çalışmaya dahil edilen hastalar içerisinde Türkiye Cumhuriyeti vatandaşı olmayan kişiler olmadığı için etnisitenin etkisi kısıtlı olmuştur. Ayrıca yapılan çalışmalarda sosyoekonomik düzeyin büyümeye etkisinin etnisiteden daha fazla olduğu da gösterilmiştir (97). Bir diğer dezavantaj ise MRG'nin direkt grafi incelemeleri ve dış muayeneleri ile karşılaştırıldığında daha pahalı ve kompleks bir işlem olmasıdır. Ülkemizin bazı bölgelerinde halen MRG cihazlarına erişim sorunludur ve işlem ücreti geleneksel yöntemlere göre daha yüksektir. Ancak işlem sırasında hastaya radyasyon verilmemiş olması ve görüntülerin başka gözlemciler tarafından kişinin tekrar muayenesine gerek olmadan tekrar tekrar değerlendirilebiliyor olması nedeniyle bahsedilen dezavantaj göz ardı edilebilir. Bir diğer teknik kısıtlılık ise cihaz yaygınlığının az olması incelemelerin 1,5 Tesla MRG cihazı ile yapılmış olmasıdır. Yapılan çalışmalarda inceleme yapılan cihazın tesla değeri yükseldikçe kıkırdak dokuların daha ayrıntılı olarak incelenebildiği gösterilmiştir (92).

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adli yaş tahmini karmaşık bir konudur ve değerlendirme ciddi sonuçlar doğurduğu için gerekli tüm önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Kişiyi mağdur etmemek ve akla yatkın bir bilimsel yaklaşım için her yöntem için hata payları göz önünde bulundurulmalıdır. Birden fazla yöntem kullansak bile kesin bir gerçek yaş tanımlamanın imkânsız olduğu bilinmelidir, ancak kişinin yaşını sakladığı ya da bildirdiği yaşla ilgili şüpheler olduğu durumda adli yaş tahmini yöntemlerine başvurmakta gereklidir. Hata payını en aza indirmek için birden fazla yöntemin beraber kullanılması tavsiye edilmektedir. Aynı şekilde multidisipliner bir değerlendirmenin nitelikli kişilere (antropolog, diş hekimi, adli tıp, radyolog vb.) yaptırılması gerekmektedir.

Mevcut çalışmada ise ayak bileği MRG kesitleri incelenmiş ve Vieth ve Dedouit sistemlerine göre evrelendirmeleri yapılmıştır. Her evre için minimum, maksimum yaşlar ve ayrıca çeyrek değerler sunulmuştur. Her evrenin yaş ortalamaları cinsiyete göre bölünerek sunulmuştur. Özetle, 1,5 Tesla MRG ile gösterilen distal tibia ve kalkaneus büyüme plaklarının kemik füzyonunun, adli yaş tahmini kriterlerine uygun olarak her iki cinsiyette de çoğunluğun bir göstergesi olduğu sonucuna varabiliriz. Minimum yaş konseptine göre 18 yaş için, erkeklerde distal tibia 6. Evresi için mümkünken maksimum yaş konseptinde de 12 ve 15 yaş sınırlarına göre değerlendirmenin yapılmasına uygundur. Ayak bileği çevresinde büyümenin daha erken tamamlanması 18 yaş tespiti ile ilgili zorluklar yaratsa da büyüme hattındaki değişikliklerin daha erken gerçekleşmesi 12 ve 15 yaş için avantaj halini almıştır.

Tüm bunlara ek olarak büyüme plağı kalınlığına göre yaş tahminin yapılabilir olduğunun gösterilmesi adli yaş tahmini çalışmaları için kıymetli bir bulgudur. Bu konu bildiğimiz kadarıyla literatürde daha önce çalışılmamıştır. Distal tibia ve kalkaneus için 12,15 ve 18 yaşlar için her cinsiyete özel kesme değerler yüksek duyarlılık ve özgüllük oranları ile sunulmuştur. Yüksek duyarlılık ve özgüllük değerlerine kontrol istatistik analizlerinin de yüksek olabilirlik oranları, pozitif ve negatif prediktif değerlerinde eşlik etmesi büyüme plağı kalınlığının ciddiye alınması gereken bir parametre olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak mevcut çalışmada Vieth ve Dedouit yöntemlerinin distal tibia ve kalkaneus içinde uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. Ayrıca büyüme plağı kalınlıklarının adli yaş tahmininde kullanılabilecek bir parametre olabileceği hakkında veriler elde edilmiştir. Bahsedilen yöntemler kimlik tespiti istenen kişilerin yasal olarak önem atfedilen 12,15 ve 18 yaş sınırlarını geçip geçmediğini tespit etmekte adli tıp uzmanlarına yardımcı olabilir.

Mevcut çalışmanın kısıtlılıkları değerlendirildiğinde ise her ne kadar bulgular tatmin edici olsa da sosyoekonomik düzeyin, işlem sırasındaki boy ve kilonun, ayrıca etnisite gibi demografik verilerin de değerlendirildiği daha yüksek örneklem büyüklüğüne sahip prospektif çalışmalara halen ihtiyaç vardır.



9. KAYNAKLAR

1. Bilge Y. Adli Tıp. 3 ed. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2013.
2. Zeyfeoglu Y, Hancı İH. İnsanlarda kimlik tespiti. Türk Tabipleri Birliği Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi. 2001;375.
3. Soysal Z, Çakalır C. Adli Olgularda Kimlik Belirlemesi. In: Soysal Z, Çakalır C, editors. Adli Tıp Cilt-I: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları; 1999. p. 73-92.
4. Büken B, Demir F, Büken E. 2001-2003 yılları arasında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı'na gönderilen yaş tayini olgularının analizi ve adli tıp pratiğinde karşılaşılan güçlükler. Düzce Tıp Fakültesi Dergisi. 2003;5(2):18-23.
5. Demirkıran DS, Çelikel A, Zeren C, Arslan MM. Yaş tespitinde kullanılan yöntemler. 2014.
6. Yarımoğlu BH, Alper B, Meral D, Çekin N. Yaş tayini uygulamalarında epifiz plağı kapanma derecelerinin incelenmesi. Adli Tıp Bülteni. 2005;10(3):84-9.
7. Kara P, Korkut R. Türkiye'de göç, iltica ve mülteciler. Türk İdare Dergisi. 2010;467(1):153-62.
8. Güllüpinar F. Göç olgusunun ekonomi-politiği ve uluslararası göç kuramları üzerine bir değerlendirme. Yalova Sosyal Bilimler Dergisi. 2012;2(4).
9. Şen YF, Özkorul G. Türkiye–Avrupa Birliği ilişkilerinde yeni bir eşik: sığınmacı krizi bağlamında bir değerlendirme. Göç Araştırmaları Dergisi. 2016(4):86-119.
10. Taş B, Arslan T. Türkiye'de uluslararası göç-suç ilişkileri. 2022.
11. Yeniçeri İÖ, Tosun K, Balcı Y. Medial klavikular epifizin rölatif alanı yaş tahmininde kullanılabilir mi? Journal of Forensic Medicine. 2017;31:2.
12. Baransel Isır A. Adli Hekimlikte Yaş Tayini. In: Koç S, Can M, editors. Birinci Basamakta Adli Tıp. 22009. p. 222-35.
13. İzgi MS, Hatice K. Kemik Yaşı ve Maturasyon Tespiti. Selcuk Dental Journal. 7(1):124-33.
14. Schmeling A, Garamendi PM, Prieto JL, Landa MI. Forensic age estimation in unaccompanied minors and young living adults. Forensic medicine—from old problems to new challenges InTech, Rijeka. 2011:77-120.

15. Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, et al. The problem of aging human remains and living individuals: a review. *Forensic science international*. 2009;193(1-3):1-13.
16. Krämer JA, Schmidt S, Jürgens K-U, Lentschig M, Schmeling A, Vieth V. The use of magnetic resonance imaging to examine ossification of the proximal tibial epiphysis for forensic age estimation in living individuals. *Forensic science, medicine, and pathology*. 2014;10(3):306-13.
17. Türk Ceza Kanunu, Resmi Gazete 25611, Kanun No: 5237 (2004).
18. Ceza Muhakemesi Kanunu, Resmi Gazete 25673, Kanun No: 5271 (2004).
19. Türk Medeni Kanunu, Resmi gazete 24607, Kanun No: 4721 (2001).
20. Nüfus Hizmetleri Kanunu, Resmi Gazete 26153, Kanun No: 5490 (2006).
21. Çocuk Koruma Kanunu Resmi Gazete 25876, Kanun No: 5395 (2005).
22. Hukuk Muhakemeleri Kanunu Resmi Gazete 27836, Kanun No: 6100 (2011).
23. Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanun, Resmi Gazete 25685, Kanun No: 5275 (2004).
24. Devlet Memurları Kanunu Resmi Gazete 12056, Kanun No: 657 (1965).
25. Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, Resmi gazete 26200, Kanun No: 5510 (2006).
26. Eikvil L, Kvaal SI, Teigland A, Haugen M, Grøgaard J. Age estimation in youths and young adults. *Norwegian Computing Center*. 2012.
27. Büyükgebiz A. Adolesanlarda fiziksel ve cinsel gelişim. *Türkiye Klinikleri Pediatrik Bilimler Dergisi*. 2006;2(7):1-5.
28. Sağlan Y, Bilge U. Adolesan ve okul sağlığı. *Türkiye Klinikleri Family Medicine Special Topics*. 2018;9(6):11-6.
29. Özcebe H. Birinci basamakta adolesan sorunlarına yaklaşım. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*. 2002;11(10):374-7.
30. Pemra Ünalın C, Kaya Apaydın Ç, Akgün T, Yıkılkan H, İşgör A. Birinci basamakta ergen sağlığına yaklaşım. *Türkiye Klinikleri*. 2007;27:567-76.
31. Prader A. Testicular size: assessment and clinical importance. *Triangle*. 1966;7:240-3.

32. Bilge Y, Kedici PS, Alakoç YD, Ulkür KU, Ilkyaz YY. The identification of a dismembered human body: a multidisciplinary approach. *Forensic Sci Int.* 2003;137(2-3):141-6.
33. Afşin H, Karadayı B, Büyük Y. Adli diş hekimliğinin adli bilimlerdeki rolü-Bölüm 1: Felaket kurbanlarının kimliklendirilmesi ve adli olaylarda dişlerden yaş tahmini. *Adli Tıp Dergisi.* 2014;28(3):275-86.
34. Akay G, Atak N, Güngör K. Adli dişhekimliğinde dişler kullanılarak yapılan yaş tayini yöntemleri. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2018;39(2):73-82.
35. Aka PS, Yagan M, Canturk N. Primary tooth development in infancy.
36. Isır AB, Bakır K, Uçak R, Dülger HE. AgNOR yöntemi ile insan epidermisinden yaş tespiti. *Fırat Tıp Dergisi.* 2004;9(3):75-8.
37. Stout SD, Paine RR. Histological age estimation using rib and clavicle. *American Journal of Physical Anthropology.* 1992;87(1):111-5.
38. Mughal AM, Hassan N, Ahmed A. Bone age assessment methods: a critical review. *Pakistan journal of medical sciences.* 2014;30(1):211.
39. Tuncel E. Diyagnostik radyoloji: Taş Kitapçılık Ve Yayıncılık; 1989.
40. Kaplan A, YILMAZ H. Kemik Yaşı Tayininde Kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner-Whitehouse Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Adli Tıp Bülteni.* 2020;25(1):6-15.
41. Boyunağa Ö. Radyolojik Kemik Yaşı Tayini. *Klinik Pediatri.* 2002;1(2):81-5.
42. Awais M, Nadeem N, Husen Y, Rehman A, Beg M, Khattak YJ. Comparison between Greulich-Pyle and Girdany-Golden methods for estimating skeletal age of children in Pakistan. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan.* 2014;24(12):889.
43. Ahmed ML, Warner JT. TW2 and TW3 bone ages: time to change? *Archives of disease in childhood.* 2007;92(4):371-2.
44. Gök Ş, Erölçer N, Özen C. Adli Tıpta Yaş Tayini, Adli Tıp Kurumu Yayınları. İstanbul; 1985.
45. Gilsanz V, Ratib O. Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity: Springer; 2005.
46. Yekeler E. Adli tıpta radyolojik yaş tayini. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2015.
47. Bilgili Y, Hizel S, Kara SA, Sanli C, Erdal HH, Altinok D. Accuracy of skeletal age assessment in children from birth to 6 years of age with the ultrasonographic version of the Greulich- Pyle atlas. *Journal of ultrasound in medicine.* 2003;22(7):683-90.

48. Harorli A, Akgül M, Dağistan S. Diş hekimliği radyolojisi. Erzurum Eser Offset Matbaası. 2006;1:287-99.
49. Carey J, Spence L, Blickman H, Eustace S. MRI of pediatric growth plate injury: correlation with plain film radiographs and clinical outcome. *Skeletal Radiol.* 1998;27(5):250-5.
50. Kvist OF, Dallora AL, Nilsson O, Anderberg P, Berglund JS, Flodmark CE, et al. Comparison of reliability of magnetic resonance imaging using cartilage and T1-weighted sequences in the assessment of the closure of the growth plates at the knee. *Acta Radiol Open.* 2020;9(9):2058460120962732.
51. De Tobel J, Bauwens J, Parmentier GIL, Franco A, Pauwels NS, Verstraete KL, et al. Magnetic resonance imaging for forensic age estimation in living children and young adults: a systematic review. *Pediatr Radiol.* 2020;50(12):1691-708.
52. George J, Nagendran J, Azmi K. Comparison study of growth plate fusion using MRI versus plain radiographs as used in age determination for exclusion of overaged football players. *Br J Sports Med.* 2012;46(4):273-8.
53. Daghighi MH, Pourisa M, Javanpour-Heravi H, Ghojazadeh M, Mirza-Aghazadeh-Attari M, Daghighi S, et al. Application of knee MRI in forensic age estimation: A retrospective cohort. *Radiography (Lond).* 2021;27(1):108-14.
54. Dedouit F, Auriol J, Rousseau H, Rougé D, Crubézy E, Telmon N. Age assessment by magnetic resonance imaging of the knee: a preliminary study. *Forensic Sci Int.* 2012;217(1-3):232.e1-7.
55. Saint-Martin P, Rérolle C, Dedouit F, Bouilleau L, Rousseau H, Rougé D, et al. Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum. *Int J Legal Med.* 2013;127(5):1023-30.
56. Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch HJ, Knell B, Ramsthaler F, et al. Criteria for age estimation in living individuals. *Int J Legal Med.* 2008;122(6):457-60.
57. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Pfeiffer H, Schmeling A. Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans. *Int J Legal Med.* 2010;124(4):321-5.
58. Schmidt S, Mühler M, Schmeling A, Reisinger W, Schulz R. Magnetic resonance imaging of the clavicular ossification. *Int J Legal Med.* 2007;121(4):321-4.

59. Timme M, Ottow C, Schulz R, Pfeiffer H, Heindel W, Vieth V, et al. Magnetic resonance imaging of the distal radial epiphysis: a new criterion of maturity for determining whether the age of 18 has been completed? *Int J Legal Med.* 2017;131(2):579-84.
60. Vieth V, Schulz R, Heindel W, Pfeiffer H, Buerke B, Schmeling A, et al. Forensic age assessment by 3.0T MRI of the knee: proposal of a new MRI classification of ossification stages. *Eur Radiol.* 2018;28(8):3255-62.
61. Lu T, Qiu LR, Ren B, Shi L, Fan F, Deng ZH. Forensic age estimation based on magnetic resonance imaging of the proximal humeral epiphysis in Chinese living individuals. *Int J Legal Med.* 2021;135(6):2437-46.
62. Er A, Bozdog M, Basa CD, Kacmaz IE, Ekizoglu O. Estimating forensic age via magnetic resonance imaging of the distal radial epiphysis. *Int J Legal Med.* 2020;134(1):375-80.
63. Standring S. Ankle and foot. In: Standring S, editor. *Gray's Anatomy*. 42 ed: Elsevier; 2021. p. 1430-64.
64. Hernández-Díaz C, Saavedra M, Navarro-Zarza JE, Canoso JJ, Villaseñor-Ovies P, Vargas A, et al. Clinical anatomy of the ankle and foot. *Reumatol Clin.* 2012;8 Suppl 2:46-52.
65. Bernstein J. *Musculoskeletal medicine: Amer Academy of Orthopaedic*; 2003.
66. Netter F, Drake R, Vogl W, Adam W, Mitchell M. *İnsan Anatomisi Atlası*, 5. baskı. ed: Cumhur M. Nobel tıp kitapevi s. 2015:275-6.
67. Hung CY, Chang KV, Mezian K, Naňka O, Wu WT, Hsu PC, et al. *Advanced Ankle and Foot Sonoanatomy: Imaging Beyond the Basics. Diagnostics (Basel).* 2020;10(3).
68. Standring S. Knee and leg. In: Standring S, editor. *Gray's Anatomy*. 42 ed: Elsevier; 2021. p. 1395-429.
69. Schmeling A, Dettmeyer R, Rudolf E, Vieth V, Geserick G. Forensic Age Estimation. *Dtsch Arztebl Int.* 2016;113(4):44-50.
70. Schiller J, DeFroda S, Blood T. Lower Extremity Avulsion Fractures in the Pediatric and Adolescent Athlete. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(4):251-9.
71. Lu T, Shi L, Zhan MJ, Fan F, Peng Z, Zhang K, et al. Age estimation based on magnetic resonance imaging of the ankle joint in a modern Chinese Han population. *Int J Legal Med.* 2020;134(5):1843-52.

72. Ekizoglu O, Hocaoglu E, Can IO, Inci E, Aksoy S, Bilgili MG. Magnetic resonance imaging of distal tibia and calcaneus for forensic age estimation in living individuals. *Int J Legal Med.* 2015;129(4):825-31.
73. Gürses MS. 3.0T manyetik rezonans görüntülerde distal tibial epifiz ve kalkaneus epifizinin Vieth metoduna göre değerlendirilmesi: Ankara Üniversitesi; 2022.
74. Schaefer M, Black SM, Schaefer MC, Scheuer L. *Juvenile osteology*: Elsevier; 2009.
75. Altinsoy HB, Gurses MS. Applicability of proximal humeral epiphysis ossification for forensic age estimation according to the Vieth method: a 3.0 T MRI study. *Rechtsmedizin.* 2022;32(1):26-35.
76. Alatas O, Altinsoy HB, Gurses MS, Balci A. Evaluation of knee ossification on 1.5 T magnetic resonance images using the method of Vieth et al. *Rechtsmedizin.* 2021;31(1):50-8.
77. Ekizoglu O, Inci E, Ors S, Hocaoglu E, Can IO, Basa CD, et al. Forensic age diagnostics by magnetic resonance imaging of the proximal humeral epiphysis. *Int J Legal Med.* 2019;133(1):249-56.
78. Uygun B, Kaya K, Köse S, Ekizoğlu O, Hilal A. Applicability of Magnetic Resonance Imaging of the Knee in Forensic Age Estimation. *Am J Forensic Med Pathol.* 2021;42(2):147-54.
79. Hillewig E, De Tobel J, Cuche O, Vandemaele P, Piette M, Verstraete K. Magnetic resonance imaging of the medial extremity of the clavicle in forensic bone age determination: a new four-minute approach. *Eur Radiol.* 2011;21(4):757-67.
80. Tangmose S, Jensen KE, Villa C, Lynnerup N. Forensic age estimation from the clavicle using 1.0T MRI--preliminary results. *Forensic Sci Int.* 2014;234:7-12.
81. Krämer JA, Schmidt S, Jürgens KU, Lentschig M, Schmeling A, Vieth V. Forensic age estimation in living individuals using 3.0 T MRI of the distal femur. *Int J Legal Med.* 2014;128(3):509-14.
82. Vieth V, Schulz R, Brinkmeier P, Dvorak J, Schmeling A. Age estimation in U-20 football players using 3.0 tesla MRI of the clavicle. *Forensic Sci Int.* 2014;241:118-22.
83. Ekizoglu O, Hocaoglu E, Inci E, Can IO, Aksoy S, Kazimoglu C. Forensic age estimation via 3-T magnetic resonance imaging of ossification of the proximal tibial and distal femoral epiphyses: Use of a T2-weighted fast spin-echo technique. *Forensic Sci Int.* 2016;260:102.e1-.e7.

84. Fan F, Zhang K, Peng Z, Cui JH, Hu N, Deng ZH. Forensic age estimation of living persons from the knee: Comparison of MRI with radiographs. *Forensic Sci Int.* 2016;268:145-50.
85. Ottow C, Schulz R, Pfeiffer H, Heindel W, Schmeling A, Vieth V. Forensic age estimation by magnetic resonance imaging of the knee: the definite relevance in bony fusion of the distal femoral- and the proximal tibial epiphyses using closest-to-bone T1 TSE sequence. *Eur Radiol.* 2017;27(12):5041-8.
86. Ekizoglu O, Er A, Bozdog M, Basa CD, Kacmaz IE, Moghaddam N, et al. Forensic age estimation via magnetic resonance imaging of knee in the Turkish population: use of T1-TSE sequence. *Int J Legal Med.* 2021;135(2):631-7.
87. Altinsoy HB, Gurses MS, Bogan M, Unlu NE. Applicability of 3.0 T MRI images in the estimation of full age based on shoulder joint ossification: Single-centre study. *Legal Medicine.* 2020;47:101767.
88. Ekizoglu O, Er A, Bozdog M, Moghaddam N, Grabherr S. Forensic age estimation based on fast spin-echo proton density (FSE PD)-weighted MRI of the distal radial epiphysis. *Int J Legal Med.* 2021;135(4):1611-6.
89. Gurses MS, Altinsoy HB. Evaluation of distal femoral epiphysis and proximal tibial epiphysis ossification using the Vieth method in living individuals: applicability in the estimation of forensic age. *Australian Journal of Forensic Sciences.* 2021;53(4):431-47.
90. Ottow C, Schmidt S, Heindel W, Pfeiffer H, Buerke B, Schmeling A, et al. Forensic age assessment by 3.0 T MRI of the wrist: adaption of the Vieth classification. *Eur Radiol.* 2022;32(11):7956-64.
91. Serinelli S, Panebianco V, Martino M, Battisti S, Rodacki K, Marinelli E, et al. Accuracy of MRI skeletal age estimation for subjects 12-19. Potential use for subjects of unknown age. *Int J Legal Med.* 2015;129(3):609-17.
92. Shiguetomi-Medina JM, Rahbek O, Ringgaard S, Kristiansen MS, Stødkilde-Jørgensen H, Møller-Madsen B. Accuracy of MR in growth plate measurement. *Skeletal Radiol.* 2014;43(9):1263-9.
93. Saint-Martin P, Rérolle C, Pucheux J, Dedouit F, Telmon N. Contribution of distal femur MRI to the determination of the 18-year limit in forensic age estimation. *Int J Legal Med.* 2015;129(3):619-20.

94. Yun HH, Kim HJ, Jeong MS, Choi YS, Seo JY. Changes of the growth plate in children: 3-dimensional magnetic resonance imaging analysis. *Korean J Pediatr.* 2018;61(7):226-30.
95. Kienle KP, Keck J, Werlen S, Kim YJ, Siebenrock KA, Mamisch TC. Femoral morphology and epiphyseal growth plate changes of the hip during maturation: MR assessments in a 1-year follow-up on a cross-sectional asymptomatic cohort in the age range of 9-17 years. *Skeletal Radiol.* 2012;41(11):1381-90.
96. Harcke HT, Synder M, Caro PA, Bowen JR. Growth plate of the normal knee: evaluation with MR imaging. *Radiology.* 1992;183(1):119-23.
97. Schmeling A, Reisinger W, Loreck D, Vendura K, Markus W, Geserick G. Effects of ethnicity on skeletal maturation: consequences for forensic age estimations. *Int J Legal Med.* 2000;113(5):253-8.

