



T.C.  
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ADLİ TIP ANABİLİM DALI

**ADLİ YAŞ TAHMİNİNDE AYAK BİLEĞİ MR  
GÖRÜNTÜLERİNDE TİBİA DİSTAL EPİFİZ HATTI VE  
KALKANEUS EPİFİZ HATTI KOMBİNASYONUNUN  
KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Dr. Tuğçe KOCA YAVUZ**

**UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Ahmet HİLAL**

**ADANA-2022**



T.C.  
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ADLİ TIP ANABİLİM DALI

# **ADLİ YAŞ TAHMİNİNDE AYAK BİLEĞİ MR GÖRÜNTÜLERİNDE TİBİA DİSTAL EPİFİZ HATTI VE KALKANEUS EPİFİZ HATTI KOMBİNASYONUNUN KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Dr. Tuğçe KOCA YAVUZ**

**UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Ahmet HİLAL**

Bu tez Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından **TTU-2021-14105**  
No'lu proje ile desteklenmektedir.

**ADANA-2022**

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bir parçası olmaktan her zaman gurur duyduğum Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim dalının tüm emek verenlerine;

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tez çalışmamda değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, her zaman yanımda olduğunu hissettiğim danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Ahmet HİLAL'e,;

Adli Tıp alanındaki bilgileri, deneyimleri ve görüşlerini bizlerle her daim paylaştan, desteklerini bizden esirgemeyen, gerçek anlamda dahi kapıları bize hep açık olan Anabilim Dalı Başkanımız Prof.Dr. Mete Korkut GÜLMEN'e, değerli hocalarım Prof.Dr. Behnan ALPER'e ve Prof.Dr. Necmi ÇEKİN'e; asistanlık sürecimin başlarında uzmanımız, sonrasında ise asistanı olarak birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım, daima yol gösterici olan ve yardımlarını esirgemeyen hocam Dr.Öğr.Üyesi Kenan KAYA'ya;

Tezimin radyolojik değerlendirmesi aşamasında destek sağlayan ÇÜTF Radyoloji Anabilim Dalından radyoloji uzmanı Öğr.Gör.Dr. Ömer KAYA'ya, tez sürecim boyunca tüm katkılarından dolayı İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesinden Adli Tıp Uzmanı Doç.Dr. Oğuzhan EKİZOĞLU'na;

Bu yola başladığım günden itibaren birlikte çalışmaktan son derece mutluluk duyduğum, pek çok şeyi onlardan öğrendiğim, her biri kıdemliden öte çok değerli arkadaşlarım olan Dr. Zeynep ŞEKER, Dr. Sıla ASLAN, Dr. Kemal YILMAZ ve Dr. Özgenur KÖKEN TOK'a; her konuda fikir danışabildiğim eşkıdemlim Dr. Toygün Anıl ÖZESEN'e; samimiyetleri ve sıcaklıklarıyla ihtisasımın son senesini güzelleştiren, iyi kalpli arkadaşlarım Dr. Fatma ÇAM ve Dr. Ceren Görkem TAN'a, ve keyifle çalışma fırsatı bulabildiğim tüm asistan doktor arkadaşlarıma;

Adli Tıp Kurumu Adana Grup Başkanlığı'nın tüm çalışanlarına;

Şüphesiz ki bulunduğum noktaya sayelerinde gelebildiğim, desteklerini her zaman hissettiğim BAŞTA ANNEM VE BABAM OLMAK ÜZERE TÜM AİLEME;

Hayatıma girdiği günden itibaren sevgisini, ilgisini, sabrını, anlayışını ve bilgisini benden hiç esirgemeyen yol arkadaşım, sevgili eşim Burak YAVUZ'a;

Teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

Dr. Tuğçe KOCA YAVUZ

Adana, 2022

# İÇİNDEKİLER

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TEŞEKKÜR .....                                                                             | i   |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                          | ii  |
| TABLolar LİSTESİ .....                                                                     | v   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                                     | vi  |
| KISALTMALAR .....                                                                          | vii |
| ÖZET .....                                                                                 | ix  |
| ABSTRACT.....                                                                              | x   |
| 1. GİRİŞ ve AMAÇ .....                                                                     | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                                                     | 3   |
| 2.1. Genel Kavramlar .....                                                                 | 3   |
| 2.2. Yaş Tahmininde Tarihçe .....                                                          | 7   |
| 2.2.1. Dişler .....                                                                        | 7   |
| 2.2.2. Kemikler.....                                                                       | 9   |
| 2.2.3. Cinsel gelişim belirteçleri.....                                                    | 12  |
| 2.3. Yaş Tahmininin Yasal Açıdan Önemi .....                                               | 14  |
| 2.3.1. 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK) <sup>127</sup> .....                             | 14  |
| 2.3.2. 4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu <sup>128</sup> .....                                 | 15  |
| 2.3.3. 5271 Sayılı Ceza Muhakemesi Kanunu <sup>129</sup> .....                             | 16  |
| 2.3.4. 5490 Sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu <sup>130</sup> .....                            | 16  |
| 2.3.5. 5395 Sayılı Çocuk Koruma Kanunu <sup>131</sup> .....                                | 16  |
| 2.3.6. 5275 Sayılı Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanun <sup>132</sup> ... | 17  |
| 2.3.7. Diğer Kanunlar Açısından Yaşın Önemi.....                                           | 17  |
| 2.4. Yaş Tahmininde Kullanılan Yöntemler .....                                             | 18  |
| 2.4.1. Morfolojik Yöntemler .....                                                          | 18  |
| 2.4.1.1. Ağırlık ve Boy.....                                                               | 19  |
| 2.4.1.2. Puberte.....                                                                      | 20  |
| 2.4.1.2.1. Kızlarda Cinsel Gelişim .....                                                   | 21  |
| 2.4.1.2.2. Erkeklerde Cinsel Gelişim .....                                                 | 23  |
| 2.4.1.2.3. Pubertede Boy Büyümesi .....                                                    | 24  |

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.1.3. Cilt.....                                                                   | 25        |
| 2.4.1.4. Kıllar .....                                                                | 26        |
| 2.4.1.5. Gözler.....                                                                 | 27        |
| 2.4.1.6. Kemik Gelişimi .....                                                        | 27        |
| 2.4.1.6.1. Kemik Gelişimini Etkileyen Faktörler .....                                | 30        |
| 2.4.1.7. Diş Gelişimi .....                                                          | 31        |
| 2.4.2. Radyolojik Yöntemler .....                                                    | 36        |
| 2.4.2.1. Direkt Grafiler.....                                                        | 37        |
| 2.4.2.1.1. Elin Radyolojik Muayenesi.....                                            | 39        |
| 2.4.2.1.1.1. Greulich&Pyle Yöntemi (GP Atlası).....                                  | 40        |
| 2.4.2.1.1.2. Tanner-Whitehouse Yöntemi [TW1 (1962),<br>TW2 (1975), TW3 (2001)] ..... | 42        |
| 2.4.2.1.1.3. Gök Atlası.....                                                         | 43        |
| 2.4.2.1.1.4. Gilsanz&Ratib (GR) Atlası .....                                         | 44        |
| 2.4.2.1.1.5. Thiemann-Nitz Atlası .....                                              | 44        |
| 2.4.2.1.2. Dişlerin Radyolojik Muayenesi.....                                        | 45        |
| 2.4.2.2. Bilgisayarlı Tomografi (BT) .....                                           | 48        |
| 2.4.2.3. Ultrasonografi (USG).....                                                   | 50        |
| 2.4.2.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) .....                                   | 51        |
| 2.4.3. Bilgisayar Destekli Sistemler ile Büyüme-Gelişmenin Değerlendirilmesi         | 52        |
| 2.4.3.1. Otomatize Yöntemler .....                                                   | 52        |
| 2.4.3.2. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi.....                                         | 54        |
| 2.4.4. Histolojik Yöntemler.....                                                     | 55        |
| 2.4.5. Moleküler Biyolojik Yöntemler .....                                           | 57        |
| 2.5. Etik Tartışmalar.....                                                           | 59        |
| <b>3. GEREÇ ve YÖNTEM .....</b>                                                      | <b>61</b> |
| <b>4. BULGULAR.....</b>                                                              | <b>70</b> |
| 4.1. Distal Tibia.....                                                               | 72        |
| 4.2. Kalkaneus.....                                                                  | 76        |
| <b>5. TARTIŞMA .....</b>                                                             | <b>80</b> |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                                     | <b>93</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                               | <b>95</b> |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>EKLER</b> .....                                               | 114 |
| EK-1: Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Onayı ..... | 114 |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....                                            | 115 |



## TABLÖLAR LİSTESİ

| <b><u>Tablo No</u></b>                                                                                      | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Tablo 1.</b> Kız çocuklarında Tanner evrelemesine göre meme gelişimi ve pubik kıllanma .....             | 22                     |
| <b>Tablo 2.</b> Erkek çocuklarda Tanner evrelemesine göre pubik kıllanma ve dış genital gelişimi .....      | 23                     |
| <b>Tablo 3.</b> Süt dişlerinin sürme ve düşme zamanları.....                                                | 33                     |
| <b>Tablo 4.</b> Kalıcı dişlerin sürme zamanı.....                                                           | 34                     |
| <b>Tablo 5.</b> Cinsiyete göre olguların yaşlarının değerlendirilmesi.....                                  | 70                     |
| <b>Tablo 6.</b> Olguların yaş ve cinsiyete göre dağılımı .....                                              | 71                     |
| <b>Tablo 7.</b> İntraobserver ve interobserver analiz sonuçları (ağırlıklı kappa ve ICC değerleri) .....    | 72                     |
| <b>Tablo 8.</b> Cinsiyet ve evrelere göre distal tibial epifiz için tanımlayıcı istatistikler. ....         | 73                     |
| <b>Tablo 9.</b> Distal tibial epifiz değerlendirmesinde tüm yaşlar için evre ve cinsiyet dağılımları. ....  | 75                     |
| <b>Tablo 10.</b> Cinsiyet ve evrelere göre kalkaneal epifiz için tanımlayıcı istatistikler. ....            | 77                     |
| <b>Tablo 11.</b> Kalkaneal epifiz değerlendirmesinde tüm yaşlar için evre ve cinsiyet dağılımları. ....     | 78                     |
| <b>Tablo 12.</b> Evrelerin 18 yaş sınırına göre dağılımları .....                                           | 79                     |
| <b>Tablo 13.</b> Ayak bilek MRG ile yapılmış önceki çalışmalar ile çalışmamızın karşılaştırılması. ....     | 90                     |
| <b>Tablo 14.</b> Ayak bilek MRG ile yapılmış 6 evreli çalışma ile bizim çalışmamızın karşılaştırılması..... | 91                     |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

| <u>Şekil No</u>                                                                                                                     | <u>Sayfa No</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1. Kız çocuklarında Tanner sınıflamasına göre 1.-5. meme evreleri <sup>115</sup> .....                                        | 22              |
| Şekil 2. Kız çocuklarında Tanner sınıflamasına göre 2-5. pubik kıllanma evreleri <sup>115</sup> .....                               | 22              |
| Şekil 3. Erkek çocuklarda Tanner sınıflamasına göre 2-5. pubik kıllanma ve dış genital gelişim evreleri <sup>116</sup> .....        | 24              |
| Şekil 4. Demirjian'ın 3. molar diş mineralizasyonu evrelemesi <sup>226</sup> .....                                                  | 47              |
| Şekil 5. Klavikula medial epifiz ossifikasyon evrelemesi <sup>226</sup> .....                                                       | 49              |
| Şekil 6. Distal tibiada epifiz ve metafiz arasında kesintisiz bir boşluk görünümü. ....                                             | 62              |
| Şekil 7. Epifiz ile metafiz arasında epifiz hattının üçte birini geçmeyecek şekilde köprüleşme alanları. ....                       | 63              |
| Şekil 8. Metafiz ve epifiz arasında epifiz hattının üçte birinden fazla ancak üçte ikisinden az köprüleşme alanı. ....              | 63              |
| Şekil 9. Epifiz ve metafiz arasında küçük bir boşluk izlenecek şekilde epifiz hattının üçte ikisinden fazla köprüleşme alanı. ....  | 64              |
| Şekil 10. Görünür epifizyal skar ile tam birleşme. ....                                                                             | 64              |
| Şekil 11. Epifizyal skar olmaksızın tam birleşme. ....                                                                              | 65              |
| Şekil 12. Epifiz ve metafiz arasında kesintisiz boşluk. ....                                                                        | 65              |
| Şekil 13. Metafiz ve epifiz arasında epifiz hattının üçte birini geçmeyecek şekilde köprüleşme alanı.....                           | 66              |
| Şekil 14. Metafiz ve epifiz arasında epifiz hattının üçte birinden fazla ancak üçte ikisinden az köprüleşme alanı. ....             | 66              |
| Şekil 15. Epifiz ve metafiz arasında küçük bir boşluk izlenecek şekilde epifiz hattının üçte ikisinden fazla köprüleşme alanı. .... | 67              |
| Şekil 16. Görünür epifizyal skar ile tam birleşme. ....                                                                             | 67              |
| Şekil 17. Görünür epifizyal skar olmaksızın ile tam birleşme. ....                                                                  | 68              |

## KISALTMALAR

|               |                                                                                                                                   |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AGFAD</b>  | : Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik (Adli Yaş Teşhisi Üzerine Uluslararası ve Disiplinler Arası Çalışma Grubu) |
| <b>AgNOR</b>  | : Gümüş-Nodeolar Organiser Region                                                                                                 |
| <b>BSU</b>    | : Bone Structural Units (Kemik Yapısal Birimleri)                                                                                 |
| <b>BT</b>     | : Bilgisayarlı Tomografi                                                                                                          |
| <b>CASAS</b>  | : Computer-Assisted Skeletal Age Score (Bilgisayar Destekli İskelet Yaşı Puanı)                                                   |
| <b>CASMAS</b> | : Computer-Aided Skeletal Maturity System (Bilgisayar Destekli İskelet Olgunluk Sistemi)                                          |
| <b>DMK</b>    | : Devlet Memurları Kanunu                                                                                                         |
| <b>DSÖ</b>    | : Dünya Sağlık Örgütü                                                                                                             |
| <b>DMK</b>    | : Devlet Memurları Kanunu                                                                                                         |
| <b>FSH</b>    | : Folikül Stimulan Hormon                                                                                                         |
| <b>GnRH</b>   | : Gonodotropin Releasing Hormon                                                                                                   |
| <b>GP</b>     | : Greulich-Pyle                                                                                                                   |
| <b>GR</b>     | : Gilsanz&Ratib                                                                                                                   |
| <b>ICC</b>    | : Intra-class Correlation Coefficient (Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı)                                                            |
| <b>LH</b>     | : Lüteinizan Hormon                                                                                                               |
| <b>MR</b>     | : Manyetik Rezonans                                                                                                               |
| <b>MRG</b>    | : Manyetik Rezonans Görüntüleme                                                                                                   |
| <b>OPD</b>    | : Osteon Popülasyon Dansitesi                                                                                                     |
| <b>OPG</b>    | : Ortopantomografi                                                                                                                |
| <b>PA</b>     | : Posteroanterior                                                                                                                 |
| <b>RSNA</b>   | : Radiological Society of North America (Kuzey Amerika Radyoloji Derneği)                                                         |
| <b>RUS</b>    | : Radius, Ulna, Small Bone                                                                                                        |
| <b>SPSS</b>   | : Statistical Package For The Social Scienses                                                                                     |
| <b>T</b>      | : Tesla                                                                                                                           |
| <b>TCK</b>    | : Türk Ceza Kanunu                                                                                                                |
| <b>TRF</b>    | : Terminal Restriksiyon Fragmanı                                                                                                  |

|            |                     |
|------------|---------------------|
| <b>TW</b>  | : Tanner-Whitehouse |
| <b>USG</b> | : Ultrasonografi    |
| <b>μSv</b> | : microSievert      |
| <b>mSv</b> | : miliSievert       |



## ÖZET

### **Adli Yaş Tahmininde Ayak Bileği MR Görüntülerinde Tibia Distal Epifiz Hattı ve Kalkaneus Epifiz Hattı Kombinasyonunun Kullanılabilirliği**

**Amaç:** Yaş tahmini ülkemizde adli tıp uzmanlarının rutin işlerinin önemli bir parçasıdır. Ülkemizde hukuk sistemi açısından 12, 15 ve 18 yaş sınırları önemlidir. Adli makamlarca cinsel istismar, çocuk pornografisi, yasadışı göç, evlilik vb. konularda özellikle adli tıp uzmanlarından sanığın veya mağdurun yaş tahmini istenmektedir. Bu konuda en yaygın kullanılan yöntem radyolojik yöntemlerdir. Klinik endikasyon dışı radyasyon maruziyetinin olası zararları nedeniyle yeni çalışmalar non-iyonize ve non-invaziv yöntemlere odaklanmaktadır. Bu çalışmada non-iyonize bir yöntem olarak ayak bileği manyetik rezonans görüntülerinden yaş tahmini yaparak bunun kişilerin gerçek yaşları ile uyumlu olup olmadığını, bölgemizde uygulanabilirliğini göstermek ve veri tabanını oluşturmak amaçlandı.

**Gereç ve Yöntem:** Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Hastanesine Ocak 2011-Aralık 2020 tarihleri arasında başvurup ayak bileği MR çekilen, yaşları 7-26 arasında değişen hastaların MR görüntüleri retrospektif olarak değerlendirildi. Kemik gelişimini etkileyen hastalıklar, kemik maligniteleri, steroid, kemoterapi, radyoterapi tedavisi, ayak bileği eklemi ilgilendiren kırık, cerrahi fiksasyon, kemik iliği ödemi olan olgular çalışmanın dışında tutuldu. 197'si erkek ve 134'ü kadın olmak üzere toplamda 331 hastanın ayak bileği MR görüntüsü incelenerek distal tibial ve kalkaneal epifiz hattı kemikleşme noktalarına Lu ve ark.'nın önerdiği 6 aşamalı bir evrelendirme metodu uygulandı. Çalışmada 1.5 T MR, 3-4 mm kesit kalınlık, sagittal kesit fast spin echo T1 ağırlıklı sekansından elde edilen görüntüler değerlendirildi.

**Bulgular:** Çalışma sonucunda her iki cinsiyette hem distal tibial hem de kalkaneal epifizde evre 1'in en son 18 yaş altında görüldü. Erkeklerde distal tibial epifiz ossifikasyonunda evre 2'nin (25,5 yaştaki bir olgu hariç tutulduğunda) 18 yaş altında görüldüğü, her iki cinsiyette distal tibial epifiz ve erkeklerde kalkaneal epifiz ossifikasyonunda evre 5 neredeyse tüm olgularda 18 yaş ve üzerinde görüldü. Distal tibial epifiz ossifikasyonunda evre 2 (9,9 yaştaki bir olgu dışarda tutulduğunda) ve kalkaneal epifiz ossifikasyonunda evre 3 ve evre 4 her iki cinsiyette 12 yaş ve üzerinde görüldü.

**Sonuç:** Çalışmamızın sonuçlarına göre yaş tahmininde manyetik rezonans görüntülemenin 12 ve 18 yaş sınırının belirlenmesi amaçlı diğer radyolojik yöntemlere ek olarak kullanılacak non-iyonize bir yöntem olduğu görülmektedir. Yaş tahminlerinde MR kullanımının rutine girebilmesi için deneyimli çalışmacılarca yapılacak çok merkezli, karşılaştırmalı ve prospektif daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunduğu düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Yaş Tahmini, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), Ayak Bileği, Distal Tibia, Kalkaneus.

## ABSTRACT

### Usefulness of Distal Tibial Epiphyseal Line and Calcaneus Epiphyseal Line Combination in Ankle MRI Images for Forensic Age Estimation

**Objective:** The age limits of 12, 15, and 18 in our country are significant in terms of the legal system. In cases involving sexual abuse, child pornography, illegal immigration, marriage, and other issues, judicial authorities require forensic professionals to assess the age of the accused or victim. Radiological procedures are the most extensively utilized method in this regard. Because of the potential dangers of radiation exposure outside of clinical indications, new researches are focusing on non-ionizing and non-invasive technologies. The goal of this work was to estimate age using MRI scans of the ankle as a non-ionizing method, to see whether it was compatible with people's actual ages, to show its applicability in our region, and to develop a database.

**Materials and Methods:** The magnetic resonance imaging scans of patients aged 7 to 26 who applied to Çukurova University Medical Faculty Balcalı Hospital and had ankle magnetic resonance imaging between January 2011 and December 2020 were retrospectively evaluated. Patients who were using steroids, getting chemotherapy or radiotherapy, or who had disorders affecting bone formation, bone malignancy, ankle joint fractures, surgical fixation, or bone marrow edema were all excluded from the study. A 6-stage staging method recommended by Lu et al. was applied to the distal tibial and calcaneal epiphyseal line ossification points by examining the ankle magnetic resonance images of a total of 331 patients, 197 male and 134 female. Images from a 1.5 T magnetic resonance imaging with a 3-4 mm slice thickness and sagittal section fast spin echo T1-weighted sequence were assessed in the study.

**Results:** Stage 1 in both the distal tibial and calcaneal epiphyses was last seen under the age of 18 years old in both genders as a result of the study. Stage 2 distal tibial epiphyseal ossification in males was seen in almost all cases over 18 years of age (with the exception of one case aged 25.5 years), and stage 5 distal tibial epiphysis in both genders and calcaneal epiphyseal ossification in males were seen in almost all cases over 18 years of age. Stage 2 in distal tibial epiphysis ossification (excluding a case aged 9.9 years) and stage 3 and stage 4 in calcaneal epiphyseal ossification were observed in both genders at the age of 12 years and above.

**Conclusion:** According to our findings, magnetic resonance imaging is a non-ionizing technology that can be used in conjunction with other radiological procedures to identify the age limits of 12 and 18 years. Additional multicenter, comparative, and prospective studies by experienced researchers are believed to be required in order to make the use of magnetic resonance imaging routine in age estimation.

**Keywords:** Age Estimation, Magnetic Resonance Imaging (MRI), Ankle, Distal Tibia, Calcaneus.

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

Bir insanın tanınmasında, tanımlanmasında ve diğer insanlardan ayırt edilmesinde etkin olan özelliklerin tümüne "kimlik" adı verilir. Yaşayan ya da ölü bir kişinin bu özelliklerinin ortaya konulmasına ise "kimlik tespiti" (kimliklendirme) denmektedir.<sup>1</sup>

Birçok nedenle hem canlıda hem de ölüde kimliklendirme yapmak gerekli olmaktadır.<sup>1</sup> Kimliklendirmenin en önemli unsurlarından biri kişinin yaşının tespitidir. Cinsiyet, boy, vücut ağırlığı, saç, cilt, göz rengi, parmak izi, kemik ve dişler gibi bireyin tıbbi kimliğini oluşturan fiziksel özelliklerden birinin de yaş olduğu bilinmektedir.<sup>2</sup>

Yaş tahmini, Adli Tıp uzmanlarının rutin işlerinin önemli bir parçasını oluşturur. Ülkemizde bazı kırsal bölgelerde nüfus kayıtlarının sağlıklı yapılamaması, halkın nüfus kayıtları hakkında gösterdiği bilinçsizlik ve nüfus kaydına önem vermeme gibi bazı temel sebeplerden dolayı çeşitli hatalar ve aksamalar mevcut olması, yenidoğanların nüfusa geç kaydettirilmesi, ölen bebek kimliklerinin kendinden sonra doğan çocuklara verilmesi, yaşın gizlenmesi ya da yanlış olma durumunda bazı çıkar durumlarının oluşması gibi çeşitli etmenler yüzünden kişinin kimlik yaşı ile var olan gerçek yaşı arasında uyumsuzluk ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle yaş tahmini adli tıp pratiğinde önemini koruyan konulardan biri olmaya devam etmektedir. Ayrıca son yıllarda artan göç hareketleri nedeniyle tüm dünyada önemli ve araştırılan bir konu haline gelmiştir.<sup>2</sup>

Günümüzde yaş tahmininde kullanılan yöntemler genel olarak 4 grupta toplanmaktadır. Bunlar; radyolojik, morfolojik, histolojik ve moleküler yöntemlerdir. Yaş tahmininde en sık başvuru alan yöntem radyolojik yöntemlerdir. Yaş tahmininde sıklıkla başvuru alan kemik yaşı değerlendirmesi ise, kişinin radyolojik metotlarla saptanan mevcut kemik gelişim düzeyinin karşılık geldiği yaşın kronolojik yaşa yönlendirilmesidir.<sup>3</sup>

Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Hastanesine son 10 yılda başvurup ayak bileği MR çekilen yaşları 7-26 arasında değişen hastaların sol ayak bileği MR görüntülerine Fan ve ark.'nın<sup>4</sup> Schmeling ve ark.<sup>5</sup> ile Kellinghaus ve ark.'nın<sup>6</sup> çalışmalarını temel alarak geliştirdiği, Lu ve ark.<sup>7</sup> tarafından ayak bileği MR görüntülerine uygulanan epifiz hattı kemikleşme noktalarına göre 6 aşamalı bir evrelendirme metodu uygulandı. Görüntüler retrospektif olarak bir radyoloji

uzmanı doktor ile adli tıp anabilim dalında görevli bir araştırma görevlisi doktor tarafından birlikte değerlendirdikten sonra, aynı radyoloji uzmanı doktor ile adli tıp araştırma görevlisi doktor tarafından farklı zamanlarda seçilen 32 hastanın MR görüntülerinin tekrar değerlendirilmesi istendi. Bu çalışmada amacımız 7-26 yaşları arası hastaların çekilen sol ayak bileği MR görüntülerinden Lu ve ark.'nın önerdiği şekilde tanımlanan 6'lı evreleme yöntemine göre yaş tahmini yaparak, bunun kişilerin kronolojik yaşları ile uyumlu olup olmadığını ve bölgemizde uygulanabilirliğini göstermek; aynı zamanda bu konuda veri tabanı oluşturmaktır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Genel Kavramlar

Kimliklendirme; Adli tıbbın en önemli konularından biridir. Adli tıp ve hukuk uygulamalarında iki tür kimlik tanımı yapılır. Birincisi bir kişiyle ilgili olarak nüfus kayıtlarındaki bilgilerden oluşan adli kimliktir. Cinsiyet, doğum yeri, yılı, anne, baba ve kardeşlerle ilgili bilgiler başlıca öğeleridir. Bu tür bilgiler; kişiye ait fotoğrafı da içeren nüfus, sürücü belgesi, pasaport gibi bir belge üzerinde gösterilebilir. Adli kimlik canlının ya da ölünün üstünden çıkan çeşitli belgelerin değerlendirilmesi ile saptanır. İkincisi ise vücut özelliklerinin tümüyle birlikte değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan bilgiler bütünü olan tıbbi kimliktir. Boy, vücut ağırlığı, cinsiyet, renk (cilt, göz, saç), yüz özellikleri (kulak, burun, ağız, saç, sakal, bıyık, kaş, kirpik), dişler (sayı ve özellikleri), varsa; ameliyat, yara, yanık izleri, skatrisleri, benler, deri lekeleri, dövmele, erkek ise sünnet, kadın ise doğum bulguları, ekstremitte özellikleri (kısıklık, fazlalık, eksiklikler gibi), anomaliler tıbbi kimliğin tanımlanmasında ayrıntılı olarak incelenmesi gereken fiziksel özelliklerdir.<sup>1</sup>

Adli kimlik için incelenen belgeler her zaman güvenilir olmayabilir. Çünkü adli kimlik; kimlik saklama, başka birine ait kimlik kullanarak haksız kazanç elde etme ya da gizlenme gibi değişik amaçlarla değiştirilmiş olabilir ya da kişinin üzerinden herhangi bir kimlik belgesi çıkmayabilir. Bu durumda tıbbi kimliklendirme yapılması gerekmektedir.<sup>1</sup>

Yaş; boy, kilo, göz rengi vb. gibi tıbbi kimliği oluşturan özelliklerden biridir. Adli tıpta yaş tahmini gerek kişinin sosyal yaşamından doğan ihtiyaçlar nedeniyle, gerekse ceza ya da hukuk davalarında adli makamlar tarafından istenmektedir.<sup>8</sup> Sosyal yaşamı kapsayan bu istemler bireyin evlenebilme durumu, emekli olma, askere alınma, öğrenci olma durumu, evlat edinme, doğum kayıtlarının yanlış tutulmasından şüphe duyulması, ehliyet alma gibi konuları içermektedir.<sup>9,10</sup> Bunun yanı sıra hukuki boyutu olan cezai sorumluluk bilincini içermesi durumunu etkileyen cinayet, yasadışı göç, cinsel saldırıya karşı kendini koruyup koruyamayacağının değerlendirilmesi gibi adli konuları ilgilendiren durumlarda da yaş tahmini istemi yapılabilmektedir.<sup>11</sup>

Dünya genelinde yaşayan bireylerde yaş değerlendirmesinin gerektiği en yaygın alanlar; mülteciler, sığınmacılar ve suçluların yaş tespiti, insan ticareti ve çocuk

pornografisine ilişkin konulardır.<sup>12-14</sup> Ek olarak doğum kaydı olmayan ülkelerden evlat edinilen çocuklar söz konusu olduğunda<sup>15-17</sup> veya sporcuların hem adalet hem de sağlığın korunması adına yaşlarına uygun bir bant içinde yarışmasını sağlamak için yaş değerlendirmesi gerekmektedir.<sup>18-20</sup> Bazı toplumlarda ebeveynlerin eğitim ve askerlik gibi konularda avantaj elde etmek için çocuklarının, özellikle de erkek çocuklarının yaşlarını tahrif ettikleri de bilinmektedir.<sup>21</sup> Yaş değerlendirmesiyle ilgili olarak gündeme getirilen konuların büyük çoğunluğu çocukluk yaş grubunda olsa da, devlet tarafından finanse edilen emekli maaşına uygunluk gibi konularda yaşlılarla ilgili değerlendirmeler de istenmektedir.<sup>22</sup>

Yaşayan bireyler haricinde çeşitli felaketler ve ölümle sonuçlanabilecek kazalar sonrasında da cesetlerde kimliklendirme yapmak amacıyla yaş tahmini istemi yapılabilmektedir.<sup>10</sup> İskelet kalıntılarının kimliklendirme çalışmaları sırasında da antropolojik değerlendirme sürecinin en önemli aşamalarından bir tanesi de, bireyin ölüm sırasındaki biyolojik yaşının tespitidir. Ölüm sırasındaki yaşın tahmini, potansiyel kayıp kişiler listesini daraltmak için kullanılan biyolojik profilin bir parçası olarak önem kazanmaktadır.<sup>23</sup>

Yaşayan bireylerde yaş tahmini sadece adli tıpta değil diğer bilim dallarında da ihtiyaç duyulan bir incelemedir.<sup>24-26</sup> Pediatrik hastalarda kronolojik yaş ile kemik yaşının karşılaştırılması endokrin veya metabolik hastalıkların değerlendirilmesi açısından önemlidir. Ortopedik açıdan skolyoz cerrahisi ve ekstremité kısalıklarının düzeltilmesinde cerrahi girişimin en uygun zamanını belirleyebilmek için kemik yaşı tespiti gerekebilmektedir.<sup>27,28</sup> Diş hekimliğinde; özellikle cerrahi, pedodonti ve ortodonti bilim dallarında teşhis ve tedavi prognozu için zaman zaman büyüme-gelişmenin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.<sup>29,30</sup>

Özellikle ceza yargılamasında yasal yaş eşikleri dünya çapında önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Çoğu Avrupa ülkesinde yasal olarak ilgili yaş sınırı, yaşamın 14. ve 21. yılı arasında değişmektedir. Farklı ülkelerde ceza sorumluluğunun varlığını kabul etmek için en yaygın yaş eşikleri; Tayland, Singapur, Hindistan, Pakistan, Güney Afrika, çoğu ABD Eyaleti'nde 7 yaş; Sri Lanka, İran (kadınlar), İskoçya, Endonezya, Kenya'da 8 yaş; İngiltere, Galler, İrlanda, Avustralya'da 10 yaş; Kanada, Hollanda, Gürcistan, Panama'da 12 yaş; Fransa, Polonya, Yunanistan'da 13 yaş; Avusturya, Çin, İtalya, Almanya, Japonya, Yeni Zelanda, Danimarka, İspanya (Katalonya), Romanya,

Litvanya, Letonya, Estonya, Rusya Federasyonu'nda 14 yaş; İsveç, Norveç, Finlandiya'da 15 yaş; Portekiz, İspanya, Şili, Arjantin'de 16 yaş; Belçika ve Lüksemburg'da 18 yaş olacak şekilde düzenlenmiştir.<sup>31</sup> Ülkemizde önemli yaş eşikleri ise 12-15-18 yaşlarını içermektedir.<sup>32</sup>

Literatüre bakıldığında yaş tahmini konusunda kullanılan terminolojide bir standart bulunmadığı görülmektedir. Yaş tahmini (*estimation*)<sup>3,4,11</sup>, teşhisi (*diagnostics*)<sup>33</sup>, değerlendirmesi (*assessment*)<sup>14,16</sup> ve tayini-tespiti (*determination*)<sup>1,2,15</sup> gibi pek çok farklı terim kullanıldığı ve tüm bu kavramların temelde aynı süreci ifade ettiği görülmektedir. Çalışmamızda kemik ve diş gelişimi gibi biyolojik yaş belirteçlerine yönelik inceleme süreçlerine atıfta bulunulurken literatüre uygun olarak *kemik-diş yaşı değerlendirilmesi* ve *kemik-diş yaşı tespiti* gibi kavramlar kullanılmaya çalışılmıştır. Biyolojik yaş değerlendirmesi sonucunda kronolojik yaş hakkında yorum yapılan durumlarda ise yine literatürle uyumlu olarak *yaş tahmini* terimi kullanılmaya özen gösterilmiştir.

Kemik ve/veya diş gelişim derecesinin radyolojik yöntemlerle belirlendiği bilimsel olarak kabul görmüş metotlardan biri kullanılarak yaş tahmini yapılabilmektedir. Bu metotlara göre kemik yaşı tespiti, yaşam süresi boyunca iskelet değişikliklerinin doğası, sırası ve zamanlamasının kapsamlı bir şekilde anlaşılması ve bu süreçler ile kronolojik ölçümler arasındaki ilişkinin kurulması ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle iskelet yaşı tahmini, biyolojik yaş (veya fizyolojik yaş) ile kronolojik yaş (bir kişinin hayatta kaldığı süre) arasında ilişki kurmayı içerir. Buna bağlı olarak yaş göstergeleri olarak yararlı olan özellikler veya süreçlerin, yaşla tek yönlü olarak değişmesi, kronolojik yaşla ilişkisinin olması ve bireyler arasında tutarlı bir şekilde değişmesi gerekmektedir.<sup>34</sup>

Kemik yaşı, genel anlamda kemik gelişimini göstermektedir. İskelet yaşlanma süreci bireyler arasında değişken olduğu için kronolojik yaş ile biyolojik yaşı mükemmel bir şekilde ilişkili olmadığını belirtmek gerekir.<sup>35</sup> Bu tutarsızlık, biyolojik yaşı diğer faktörlerin yanı sıra genetik, beslenme, çevresel faktörler ve aktivite düzeyinin bir fonksiyonu olarak değişmesinden ve kronolojik yaşı zamanla (örneğin, günler, aylar veya yıllar) ölçülmesinden kaynaklanmaktadır.<sup>35,36</sup> Biyolojik yaş ile kronolojik yaş arasındaki fark, insanlar yaşlandıkça genişler ve bu "*yörünge etkisi*" olarak bilinir.<sup>35</sup> Bu nedenle yaş tahmini ile ilgili tekniklerde, ergenlik dönemi bitimine

kadar olan tahminlerin hata payı oldukça düşük olmasına rağmen, ergenlik döneminden sonra oldukça geniş tahmin aralıkları ile sonuç verilmektedir. Buna rağmen günümüzde canlı bireylerin yaş tahmini istendiğinde kemik yaşının değerlendirilmesi tüm dünyada en çok kullanılan yöntemdir.<sup>3</sup>

Kemik yaşı değerlendirmesi için en sık kullanılan yöntem radyolojik yöntemler olup, kemik yapının gelişmesi ve epifiz hatları değerlendirilmektedir. Literatür, iskelet yaşı tahmini için el ve el bileği röntgeni ve diş yaşı değerlendirmesi için ortopantomografi (OPG) yapılmasını önermektedir.<sup>31,37-39</sup>

Özellikle “göç çağı” olarak adlandırılan 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren göç hareketlerindeki küresel artışın sonucu olarak, adli yaş tahmini talebiyle başvuran olguların sayısında da belirgin artış olduğu bildirilmiştir.<sup>40,41</sup> Bu artan talep sonucu belirli durumlarda kullanılacak en uygun yöntemler konusunda bilim adamları arasında fikir birliği sağlamak, yaş tahmini kalite ve kontrolünü kurumsallaştırmak amaçlarıyla Berlin’de, 10 Mart 2000 tarihinde Adli Yaş Teşhisi Üzerine Uluslararası ve Disiplinler Arası Çalışma Grubu (AGFAD) kurulmuştur. Bu çalışma grubu; ceza davalarına, medeni hukuk ve göçmenler ile ilgili prosedürlere yönelik olarak ve emeklilik ile ilgili işlemlerde yaşayan bireylerde yaş tahmini yapılabilmesi için önerilerde bulunmuştur.<sup>33,41</sup>

AGFAD’ın yaş tahmini için önerisi; “fizik muayene ile birlikte sol elin X-ray incelemesinin ve çene bölgesine yönelik çekilen orthopantomografi ile yapılan dental değerlendirmenin birlikte kombine edilmesini, eğer kişinin el iskelet gelişimi tamamlanmış ise, kişinin 18 veya 21 yaşına ulaşp ulaşmadığını tahmin edebilmek için ilave olarak klavikuların X-ray veya bilgisayarlı tomografi (BT) ile çekilen görüntülerinin de incelenmesi” şeklindedir.<sup>42</sup>

Radyolojik olarak kemik yaşı değerlendirmesi için çeşitli atlaslar kullanılmaktadır. En sık kullanılan yöntem Greulich ve Pyle (GP) atlasıdır.<sup>43</sup> Ayrıca, kemiğe özgü teknikler olarak adlandırılan, esas olarak klinik amaçlar için kullanılan ve araştırılan Tanner-Whitehouse (TW)<sup>44</sup> yönteminin son versiyonları olan TW2<sup>45</sup> ve TW3<sup>46</sup> metotları ile Roche ve ark.’nın yöntemi olan FELS<sup>47</sup> metodunun kullanımı da yaygındır. Ayrıca bazı Almanca konuşulan ülkelerde Thiemann ve Nitz tarafından geliştirilen atlas yöntemi<sup>48</sup> yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanımının kolay olması

ve yaş tahmini için diğer yöntemlere göre daha az zaman gerektirmesi nedeniyle GP en popüler ve iyi bilinen teknik olarak kabul edilmektedir.<sup>31</sup>

Ülkemizde genellikle adli amaçlı yaş tahmininde direk grafilerde kemik yapı ve epifiz plağının gelişimi değerlendirilmek için Gök ve ark.'nın Greulich-Pyle atlasından yararlanarak hazırladıkları “Adli Tıpta Yaş Tayini” adlı atlas kullanılmaktadır.<sup>49</sup> Greulich-Pyle Atlası (GP) ile Tanner-Whitehouse Atlası (TW) da ülkemizde kullanılan atlaslardır. Farklı çalışmalarda bu atlasların uygulanabilirliğiyle ilgili çelişkili sonuçlar olduğu görülmektedir.<sup>50,51</sup>

Kemik yaşının direk grafi ile değerlendirilmesinden başka USG, MR ve BT kullanılarak da yaş tahmini yapılan araştırmalar vardır.<sup>52-54</sup> Adli yaş tahmininde radyasyona maruz kalma etik sonuçlar oluşturabilmektedir. Gelişmiş USG ve MR görüntülemelerde tekrarlanan radyasyona maruz kalmanın önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.<sup>55</sup>

## **2.2. Yaş Tahmininde Tarihçe**

Eski Romalılar tarafından ikinci molar dişlerinin sürmesinin askerlik hizmetine hazır olup olmadığını değerlendirmek için kullanıldığı bilinmektedir.<sup>56</sup> Buna rağmen yaşayan bireylerde adli amaçlar için yaş tahmini (yaş değerlendirmesi, yaş tespiti, yaş teşhisi) adli bilimlerde içinde nispeten yeni bir araştırma alanıdır.<sup>22</sup>

Yaşayan bireylerde adli yaş tahmininin tarihçesi, yaş değerlendirme sürecinin üç ana bileşeni olan a) diş gelişiminin değerlendirilmesine, b) iskelet olgunlaşmasının değerlendirilmesine ve c) sekonder seks karakterlerinin gelişimine odaklanmaktadır.

### **2.2.1. Dişler**

Dişler, insan vücudunun çıplak gözle görülebilen tek sert doku yapılarıdır ve bu nedenle erken dönemlerden itibaren çalışmalar diş gelişimi ile bireyin kronolojik yaşı arasındaki ilişkiye odaklanmıştır.<sup>57</sup> Adli amaçlarla yaş tahmini için dişlerin ilk kullanımı, on dokuzuncu yüzyılın ilk yarısında İngiliz Fabrika Yasası'nın uygulamaya geçmesiyle başlamıştır. Çocuğun çalışma ortamını iyileştirmeyi ve sömürüyü önlemeyi amaçlayan 1833 tarihli bu yasada yer alan maddeler; 9 yaşından küçük çocukların tekstil sektöründe çalıştırılmasının yasaklanmasını, 9-13 yaş arası çocuklar 8 saatten fazla çalışmayacağını ve 1 saat yemek molası verileceğini, 9-13 yaş arası çocukların

günde 2 saat eğitim almak zorunda olduğunu, 14-18 yaş arası çocukların günde 12 saatten fazla çalışamayacağını ve 1 saat yemek molası vermek zorunda olduğunu, 18 yaşından küçük çocukların gece çalışamayacağını belirten maddeler içermektedir.<sup>22</sup> Bunun sonucunda 1837'de Saunders dişlerin ortaya çıkmasının yaş tahmini için değerini açıkladığı bir yayın sunmuştur. Çalışmalarını 1000 çocuk üzerinde gerçekleştirmiş ve geliştirdiği tabloların yardımıyla Fabrika Yasası açısından yaş değerlendirmesinin “nispeten eğitimsiz kişiler” tarafından yapılabileceğini belirtmiştir.<sup>58</sup> Bundan bir yıl önce, Thomson (1836), “*üçüncü molar (birinci kalıcı molar) dışarı çıkmadıysa, suçlunun yedinci yılını geçmediğini teyit etmekte tereddüt edemezsiniz*” demiştir.<sup>59</sup> Bu sayede önemli sayıda küçük çocuğun, zamanın sert ceza kanunlarına maruz kalmasının önüne geçilmiştir.

19. yüzyılın erken dönemlerinden beri diş büyümesiyle ilgili yüzlerce başka çalışma, dişin alveolar kriptlerdeki oluşumundan tam oklüzyona kadar olan tüm yolculuğunu içeren “*erüpsiyon*”a odaklanmıştır. Bununla birlikte, erüpsiyona atıfta bulunan çalışmaların büyük çoğunluğu, aslında dişin herhangi bir bölümünün nihayet dişeti kenarını temizlediği ve ağızda görünür hale geldiği zamanla sınırlı olan “*diş çıkarma*”dan, dişin karşı çeneden partner dişi ile oklüzyona girdiği aşamaya kadar devam eden süreç ile ilgilidir.<sup>60,57</sup> Erüpsiyon dışında, dişin hala alveolar kripta içindeyken hem kronun hem de kökün gelişimini ifade eden “*mineralizasyon*” da birçok çalışmada ele alınmıştır.<sup>61-66</sup>

Diş gelişimi hakkında erken bilgiler, diseksiyon, histolojik kesit alma ve boyama teknikleri ile oluşturulmuştur.<sup>67</sup> Bu tür çalışmalarından en eskilerinden biri 1873'te Legros ve Magitot tarafından yapılmıştır.<sup>68</sup> Peirce (1877), onların verilerini kullanarak ilk diş haritalama şemalarından birini yaratmıştır.<sup>69</sup> Bu plan daha sonra birkaç on yıl boyunca birçok ders kitabında yer almıştır. Ağızda bulunan toplam diş sayısı ilk olarak Cattell (1928) tarafından yaşı değerlendirmek için kullanılmakla birlikte oldukça kaba bir yaklaşım olması nedeniyle bilimsel destek görememiştir.<sup>70</sup> Bu tarihten çok kısa bir süre sonra radyografilerin kullanılması, yaşayan bireylerde ve ölenlerde doğrudan diş gelişiminin görselleştirilmesi için yeni yollar açmıştır. Bustin ve ark. (1929) ile Hess ve ark.'nın (1932) çocuklarda radyolojik diş incelemelerini ilk uygulayanlar olduğu bilinmektedir.<sup>71,72</sup>

### 2.2.2. Kemikler

Diş yaşı tahmini için yöntemlerin oluşturulmasına paralel olarak, iskelet olgunlaşmasının değerlendirilmesi için de yöntemler geliştirilmiştir. 1846'da Dr. Pedro Mata, yaşı sadece diş sürmesine dayanarak tahmin etme konusundaki endişesini açıklamıştır.<sup>73</sup> Röntgen, 1895'te X-ışınlarını keşfetmiş ve keşfi, yaşayan bireylerin yaşının tahmin edilmesinde bir devrim yaratmıştır. İskeletin radyografisine dayanan bu yenilik, diş sürmesinin yanında tamamlayıcı yöntem olarak kullanılmıştır.<sup>74</sup> El bileği kemiklerinin genç insanlarda yaş tahmini için bir gösterge olduğunu belirten ilk kişi 1886 yılında Angerer olmuştur.<sup>75</sup> El bileği kemiklerindeki yaş varyasyonlarının ilk sistematik incelemesi 1887'de Behrendsen tarafından yayınlanmıştır.<sup>76</sup> Bu bağlamda, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından X-ışınlarının keşfi sayesinde, başlangıçta kuru iskelet materyali kullanılarak geliştirilen yöntemler, artık canlı bireylere de uygulanabilir hale gelmiştir.<sup>22</sup>

X-ışınlarının keşfinden sadece bir yıl sonra, 1 Nisan 1896'da Münih Tıp Derneği'nin bir konferansında von Ranke, çocukların yaşlarının bir el röntgeni yardımıyla da incelenebileceğini öne sürmüştür. Yirminci yüzyılın başlarında, henüz dört yaşındayken halka açık konserler verdiği söylenen ve harika çocuk olarak sansasyon yaratan Polonyalı saray piyanisti Raoul Koczalski'nin Münih'te sergilediği performans sonrasında von Ranke, genç saray piyanistine güvenmemiş ve ifade ettiğinden daha yaşlı olduğundan şüphelenmiştir. Ancak von Ranke'nin şüphesini bir X-ışını muayenesiyle doğrulayıp doğrulamadığı bilinmemektedir. Yine de von Ranke'nin el bileği röntgeninden yaş tahmini yapılabileceğine yönelik önerisi, teknolojik bir gelişmenin öncüsünde bilimsel ilerlemenin önünü açmıştır.<sup>22</sup>

Radyografiyle ilgili ilk görüntülerden biri, 22 Aralık 1895'te çekilen ve 1 Ocak 1896'da Freiburg Üniversitesi'ne sunulan Wilhelm Conrad Röntgen'in karısının yüzüklerle dolu eline aittir.<sup>77</sup> El görüntüleme için kolay erişilebilen bir uzuv olması nedeniyle erken bilgiler el ve aynı sebeple ayakta yoğunlaşmıştır.

Behrendsen'in 1897'de yayınlanan insan elinin kemikleşmesine ilişkin çalışmasını<sup>76</sup>; 1909'da Amerikalı çocuk doktoru olan Rotch'un, röntgenografik iskelet yaşı değerlendirmesini kullanarak bir çocuğun okula hazır olup olmadığını tahmin etmenin mümkün olduğunu savunan yayını takip etmiştir.<sup>78</sup>

Carter (1926)<sup>79</sup> ve Baldwin ve ark. (1928)<sup>80</sup>, planimetri olarak bilinen bir yaklaşımla iskelet yaşı değerlendirmesi için X-ışınları üzerinde kemik alanının doğrudan ölçümlerini gerçekleştirmiş ve daha sonra bu yöntem sadece uzunluk ve/veya genişlik ölçülerek basitleştirilmiştir.<sup>81</sup> Bu yaklaşımın hala geçerli olduğu, Cameriere ve ark. (2006) tarafından yakın zamanda yayınlanan ve planimetrik yaklaşımın daha da geliştirilmiş hali olan, temelde el iskeletinin kemikleşmiş kısmının alanının ve elin toplam alanına oranının belirlendiği yöntemle kanıtlanmıştır.<sup>82</sup>

Radyolojik görüntülemeye geçilmeden önceki dönemde, iskelet yaşı değerlendirmesi kemiğin doğrudan incelenmesini gerektirdiği için verilerin arkeolojik kazılardan kaynaklandığı görülmektedir. Ölen bireyler hakkında belgelenmiş bilgileri tutan birkaç iskelet koleksiyonu mevcut olmasına rağmen, bu kaynaklarda çok düşük oranda çocuk materyali bulunmaktadır.<sup>57</sup> Bu da çocuklarda kemik yaşı tahmini amacıyla klinik veriler toplanmasını gerekli kılmıştır. Klinik verilerin çoğu, 1930 ile 1960 yılları arasında çocuklar üzerinde yürütülen sistematik, tekrarlanamayan, boylamsal radyolojik büyüme çalışmalarından elde edilmiştir. Çoğunlukla beyaz ve orta sınıftan oluşan geniş çocuk grupları, büyüme yılları boyunca tekrar tekrar radyografiye tabi tutulmuş ve veriler klinik amaçlarla, matürasyon ile ilişkili olarak normal büyüme modelini oluşturarak anormal paternlerin tanımlanabilmesi amacıyla derlenmiştir.<sup>22</sup> Şu anda Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Krallık'ta yayınlanmış olan beş kayda değer boylamsal araştırma bulunmaktadır:

1. Maresh ve Hansman tarafından bildirilen Colorado Üniversitesi çalışması.<sup>83</sup>
2. Todd, Greulich, Hoerr ve Pyle tarafından bildirilen Brush Foundation, Case Western Reserve çalışması.<sup>84</sup>
3. Garn ve meslektaşları tarafından bildirilen Fels Enstitüsü, Ohio çalışması.<sup>85</sup>
4. Tanner ve meslektaşları tarafından bildirilen Harpenden Büyüme Çalışması.<sup>86</sup>
5. Hewitt, Acheson ve meslektaşları tarafından bildirilen Oxford Çocuk Sağlığı Araştırması.<sup>87</sup>

Sayısal yöntemler, mevcut kemikleşme merkezlerinin sayısını sayarak normal sağlıklı çocuklardan alınan değerlerle bunların toplamını karşılaştırmaya dayanmaktadır. Bu yöntem ilk olarak Sontag ve ark. (1939) tarafından önerilmiştir.<sup>88</sup>

Elgenmark (1946) bu yöntemi geliştirmiş ve genişletmiştir. Bu yöntem, vücudun yarısının veya birkaç vücut bölgesinin birden fazla görüntüsünün alınmasını gerektirdiğı için yüksek zaman harcaması ve önemli ölçüde radyasyona maruz kalma nedeniyle, pratikte yaygın olarak kabul görmemiştir.<sup>89</sup>

İskelet sisteminden yaş veya gelişimin değerlendirilmesinde en çok tercih edilen yaklaşım bir iskelet atlası kullanmak olmuştur. Bu yaklaşım, karşılaştırma görüntüsüne en çok benzeyen eşleşmenin seçilebileceğı her yaş grubu için (genellikle cinsiyete göre ayrılmış) bir "standart" tanımlamaktadır. Poland tarafından 1898'de yayınlanan ilk el/bilek atlasında cinsiyet farklılıkları dikkate alınmamış ve her yaş bir görüntüyle temsil edilmemiştir.<sup>90</sup> Normal el ossifikasyonu içeren başka bir atlas 1935'te Siebert tarafından yayınlanmış<sup>91</sup> ve bunu Todd'un daha iyi bilinen atlası (1937) izlemiştir.<sup>92</sup> İlk baskısı 1950'de ve ikinci geliştirilmiş baskısı 1959'da yayınlanan Greulich ve Pyle'in atlası<sup>43</sup>, Todd'un çalışmasının bir uzantısıdır ve günümüzde iskelet matürasyonunun değerlendirilmesinde en çok kullanılan yaklaşımlardan biri olmaya devam etmektedir. İncelenen vücut segmentine bağılı olarak birkaç başka radyografik anatomi atlası daha bulunmaktadır.<sup>48,93-96</sup>

Oxford yöntemi, Acheson (1954) tarafından önerilmiş ve farklı vücut bölgelerindeki tek kemiklerin gelişim evrelerine karşılık puan değerleri tahsis edilmiştir.<sup>97</sup> Tanner ve ark. tarafından önerilen ve üç versiyonu (1962, 1975, 2001) bulunan el iskeleti için skor yöntemleri bu yaklaşıma benzemektedir.<sup>44-46</sup> Tanner ve ark. tarafından bireysel gelişim evrelerine puan değerlerinin tahsisi rastgele iken, FELS tek kemik yöntemi<sup>47</sup> istatistiksel olarak doğrulanmış ağırlıklara dayanmaktadır.

Canlılarda yaş değerlendirmesi, vücudun muayene edilecek bölgelerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bazı bölgelerin diğerlerinden daha güvenilir olduğu bilinmekle birlikte, hem sağlık ve güvenlik nedeniyle hem de görüntüleme yöntemleriyle erişilebilirlik sorunu nedenleriyle kullanımı uygun olmamaktadır.<sup>98</sup> Bu nedenle, atlas yöntemleri apendiküler iskeletin ana eklem bölgelerine (dirsek, el bileğı, el, diz, ayak bileğı, ayak vb.) odaklanmıştır. Bununla birlikte, ele alınması gereken en sık yaş grubu, 17 ila 18 yaşları arasındadır ve bu eklemlerin çoğu, bu yaşa kadar önemli ve öngörülebilir yaş değışikliği belirtileri göstermeyi bırakmaktadır. Klavikulanın medial epifizinin, iliak krestin, birinci ve ikinci sakral omurların korpusları arasındaki birleşmenin bu konuda en yararlı bölgeler olduğu

osteologlar tarafından iyi bilinmekle birlikte bunların hepsi aksiyal vücut parçaları olduğundan özellikle son ikisi radyografik yoruma etik olarak uygun bulunmamıştır. Bu nedenle klavikulanın medial bölgesi ilgi çekici bir fırsat sunmuştur. Klavikula matürasyonunun zaman çerçevesi üzerine birkaç eski röntgenolojik veya kuru kemik çalışması mevcut olmasına rağmen<sup>99-102</sup>, bunu canlılarda adli yaş tahminine Kreitner ve ark. (1997, 1998) uygulamıştır.<sup>54,103</sup> Manyetik rezonans görüntüleme (MRG)<sup>19,53</sup> ve ultrasonografi<sup>104,105</sup> ile yapılan ilk pilot çalışmalar, klaviküler kemikleşme aşamasının radyasyonsuz prosedürler aracılığıyla da değerlendirilebileceğini göstermiş ve yeni bir araştırma alanının önü açılmıştır.

### 2.2.3. Cinsel gelişim belirteçleri

Ergenlikte olgunlaşma süreci, yaşa bağlı değerlendirme için kullanılabilen ve kullanılmış olan çok boyutlu bir olaylar dizisidir. Bu süreç sırasında olayların ilerleyişinin belgelenmesi, normal ve anormal gelişimi değerlendirmek için genellikle klinik pediatristler tarafından üstlenilmiş ve sonuçlar, yaş tahmini amacıyla özel olarak değerlendirilmemiştir. Geçmişte, seksüel matürasyon için çeşitli evreleme sistemleri tanımlanmıştır.<sup>106-114</sup> Bununla birlikte, bu alandaki araştırmalardaki artış en fazla 1969/70'den sonra; Marshall ve Tanner (1969, 1970) tarafından sunulan ve bu konunun geliştirilmesinin merkezinde yer alan iki makalenin etkisiyle gerçekleşmiştir.<sup>115,116</sup> Bu çalışmalar, doğası gereği boylamasal (kesitsel olduğu kadar) çalışmalar olup sekonder seksüel özelliklerin klinik değerlendirmesi için zemin hazırlamıştır.<sup>117,118</sup> Bu zamandan sonra yapılan hemen hemen tüm çalışmalar “*Tanner’in sekonder seksüel gelişimin evreleri*”ne atıfta bulunmaktadır.

Yaşayan bireylerde adli yaş tahmininin ilk bölgelerarası bilimsel analizinin Aralık 1999'da Lübeck Alman Adli Tıp Doktorları Toplantısında yapıldığı görülmektedir. Bu toplantıda adli patologlar, diş hekimleri, radyologlar ve antropologlardan bir çalışma grubu oluşturulması önerilmiştir. Kurulacak olan çalışma grubunun üyeleri ise uygulanan prosedürü standart hale getirmek ve bilirkişi raporlarında kalite güvencesi sağlamak için önerilerde bulunmakla görevlendirilmiştir.<sup>22</sup>

10 Mart 2000'de Almanya'nın Berlin şehrinde Uluslararası ve disiplinler arası 'Adli Yaş Teşhisi Çalışma Grubu' kurulmuştur.<sup>119</sup> Bu çalışma grubu, ceza davalarında<sup>37,120</sup>, medeni hukuk ve iltica prosedürleri<sup>121</sup> ile emeklilik prosedürlerinde<sup>33</sup>

yaşayan bireylerde adli yaş tahmini için önerilerde bulunmuştur. Harici bir kalite kontrol önlemi olarak Adli Yaş Teşhisi Çalışma Grubu, katılımcılara bir grup denek için röntgen ve fizik muayene sonuçlarının gönderildiği ve yaşlarını tahmin etmelerinin istendiği yıllık yeterlilik testleri düzenlemektedir.<sup>22</sup>

Adli Yaş Teşhisi Çalışma Grubu'nun (AGFAD) çabaları sayesinde yaşayan bireylerin yaş tahmini metodolojisinde yakın zamanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.<sup>41</sup> Bu grup, çözüm sunabilmek için spesifik sorunların belirlenmesi ve etik konuları da dahil olmak üzere yaş tahmini kriterlerini incelemiştir. Önerilen metodoloji; fizik muayene, sol elin radyografisi ve röntgen veya ilgili görüntüler dahil olmak üzere diş muayenesine odaklanmaktadır. Bu tavsiyeleri takiben, Guo ve ark.<sup>122</sup>, klavikuların epifizyal birleşiminin de önemli bilgiler sağladığını belirtmiştir. Yaşları 12 ile 24 arasında değişen Almanya'dan 269 erkek ve 248 kadın üzerinde yapılan bir manyetik rezonans görüntüleme çalışması aracılığıyla önemli veriler sağlanmıştır. Ortaya çıkan metodoloji, Ekizoğlu ve ark. tarafından BT tarama verileri kullanılarak Türkiye'de de test edilmiş ve pozitif sonuçlar uyumlu bulunmuştur.<sup>123</sup>

Son zamanlarda, Matthews ve ark., 3 boyutlu yüz prototiplerini kullanarak yaş tahmin etmek ve büyüme modellerini tahmin etmek için bir yaklaşım yayınlamıştır. Çalışmalarında, çocuklar ve ergenlere odaklanılmış olup Avustralya, Avrupa veya Kuzey Amerika etnik kökenli 422 erkek ve 442 kızdan oluşan bir örneklem kullanılmıştır. Bir boylamsal doğrulama çalışmasına 24 erkek ve 26 kızdan oluşan bir alt grup katılmıştır. Ortaya çıkan veriler ve yöntemin, hem yaş tahmininde hem de fotoğraflardan büyümeyi ön görmede faydalı olduğu kanıtlanmıştır.<sup>124</sup>

Yaşayan bireylerde yaş tahmini, öncelikle eldeki görüntüleme verilerinin sınırlı oluşu, radyografik ve girişimsel tekniklerle ilgili etik sorunlar ve popülasyon varyasyonunun getirdiği karmaşıklık nedeniyle uygulayıcıları zorlamaktadır. Bu tür bir tahminin, bireyin kökenleri ve beslenme geçmişi bilinmediğinden zor olduğu kabul edilmektedir.<sup>125</sup>

Ülkemizde de yaş tahminine yönelik ilk çalışma İşcan (1984) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmada postmortem sağ torakal bölge 4. kaburga kemiğinin sternal ucunu incelenmiş ve bu yöntemin Türk toplumunda kullanılabileceği belirtilmiştir.<sup>126</sup>

## 2.3. Yaş Tahmininin Yasal Açıdan Önemi

### 2.3.1. 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu (TCK)<sup>127</sup>

TCK'da tanımlar başlığı altındaki Madde 6(1) b'de, çocuğun tanımı yapılmış ve *çocuk, henüz on sekiz yaşını doldurmamış kişi* olarak tanımlanmıştır.

31. maddesi yaş küçüklüğü durumunda (12 yaş altı, 12-15 yaş arası, 15-18 yaş arası) verilecek cezalar ve bu yaş gruplarında ceza sorumluluğu ile ilgilidir. Bu maddenin 1. fıkrasında suç işlediği sırada henüz 12 yaşını doldurmamış çocukların ceza sorumluluğunun bulunmadığı, bu çocuklar hakkında ceza kovuşturması yapılamayacağı; ancak çocuklara özgü güvenlik tedbirleri uygulanabileceği belirtilmektedir. Kanun maddesinin 2. fıkrası ise suç işlediği sırada 12 yaşını doldurmuş ancak 15 yaşını doldurmamış çocuklarla ilgilidir. Bu çocuklarda suçun hukukî anlam ve sonuçlarını algılayabilme veya davranışlarını yönlendirme yeteneğinin gelişip gelişmediği değerlendirilir. Suçun anlam ve sonuçlarını anlayabilme ve davranışlarını yönlendirme yeteneği yeterince gelişmemiş ise çocuğun ceza sorumluluğu olmadığına karar verilerek çocuklara özgü güvenlik tedbirleri alınması gerekmektedir. Suçun hukuki anlam ve sonuçlarını algılama ve davranışlarını yönlendirme yeteneğinin tam olduğu değerlendirilen çocukların ise ceza sorumluluğunun tam olduğu kabul edilir ve yaş küçüklüğü nedeniyle ceza indirimini uygulanır. Kanun maddesinin 3. fıkrası ise 15 yaşını doldurmuş ancak 18 yaşını doldurmamış çocuklarla ilgilidir. Bu çocuklarda ceza sorumluluğunun tam olduğu kabul edilerek yaş küçüklüğü nedeniyle indirimli ceza uygulanacağı belirtilmektedir.

TCK 33. maddesi, sağır ve dilsizlik durumunda ceza sorumluluğu belirlenmiş olup bu maddede; yaş sınırları 15 yaş altı, 15-18 yaş arası, 18-21 yaş arası olacak şekilde 31. madde hükümlerinin uygulanacağı belirtilmektedir.

50. madde kısa süreli hapis cezasına seçenek yaptırımlar hakkında, 51. madde hapis cezasının ertelenmesi hakkında olup, 18 yaşın altında veya 65 yaşın üstünde olanlar için özel düzenlemeler bulunmaktadır.

58. madde 5. fıkrasında suç işlediği sırada on sekiz yaşını doldurmamış olan çocuklar için tekerrür hükümleri uygulanmayacağı belirtilmektedir.

66. madde, dava zaman aşımı, 68. madde ceza zaman aşımı hakkında olup çocuklar için özel düzenlemeler içermektedir.

82. madde kasten öldürme, 94. madde işkence, 96. madde eziyet suçu ile ilgili olup bu maddelere göre suçun çocuğa karşı işlenmesi durumunun, cezayı arttırıcı nedenler olduğu belirtilmektedir.

Çocuğun cinsel istismarı ile ilgili olan TCK 103. maddesi, “*Cinsel dokunulmazlığa karşı suçlar*” başlığı altında yer almaktadır. Bu maddede on beş yaşını doldurmamış veya on beş yaşını doldurmuş olup fiilin hukuki anlam ve sonuçlarını algılama yeteneği gelişmemiş olan çocuklara karşı gerçekleştirilen her türlü cinsel davranışın cinsel istismar olarak değerlendirileceği belirtilmektedir.

104. madde, reşit olmayanla cinsel ilişki suçundan bahsetmekte olup, 15 yaşını doldurmuş bir çocukla herhangi bir zorlama, tehdit veya hile olmaksızın cinsel ilişkiye giren kişinin şikâyet üzerine cezalandırılacağını bildirmektedir.

TCK 109. maddesinde “*Kişiyi hürriyetinden yoksun kılma*” suçunun ve “*Genel ahlaka karşı suçlar*” başlığı altında yer alan madde 226, 227, 228, 229’daki suçların bir çocuğa karşı işlenmesi durumunda ceza artırımını uygulanacağı belirtilmektedir.

234. maddesi, çocuğun kaçırılması ve alıkonulması hakkındadır. 16 yaşını doldurmamış bir çocuğun, velayet yetkisi elinden alınmış ebeveyn tarafından zor kullanmaksızın kaçırılması veya alıkonulması durumunda hapis cezası uygulanacağı, eylemin zor kullanarak gerçekleştirilmesi veya çocuğun 12 yaşını doldurmamış olması durumunda ise ceza artırımını uygulanacağı belirtilmektedir.

### **2.3.2. 4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu<sup>128</sup>**

11. maddesinde on sekiz yaşını dolduran kişinin ergin kabul edildiği, 12. maddesinde ise on beş yaşını dolduran kişinin kendi isteğiyle ve velisinin rızasıyla mahkemece ergin kılınabileceği belirtilmektedir.

40. maddesinde “*cinsiyetini değiştirmek isteyen kimsenin on sekiz yaşını doldurmuş olması*” gerektiği,

124. maddesinde “*erkek veya kadın onyediyi yaşını doldurmadıkça evlenemez*” denildiği, ancak, hâkim olağanüstü durumlarda ve pek önemli bir sebeple onaltı yaşını doldurmuş olan erkek veya kadının evlenmesine izin verebilir şeklinde belirtildiği,

153. maddesinde “*küçük veya kısıtlı, yasal temsilcisinin izni olmadan evlenirse, izni alınmayan yasal temsilci evlenmenin iptalini dava edebilir. Bu suretle evlenen*

*kimse sonradan on sekiz yaşını doldurmak suretiyle ergin olur, kısıtlı olmaktan çıkar veya kadın gebe kalırsa evlenmenin iptaline karar verilemez” denildiği,*

502. maddesinde “vasiyet yapabilmek için ayırt etme gücüne sahip ve on beş yaşını doldurmuş olmak gerekir” denilmektedir.

### **2.3.3. 5271 Sayılı Ceza Muhakemesi Kanunu<sup>129</sup>**

50. maddesi, “yemin verilmeyen tanıklar” hakkında olup, 1 fıkra “dinlenme sırasında on beş yaşını doldurmamış olanlar, yeminsiz dinlenir.” denilmektedir.

150. maddesi (Değişik: 6/12/2006–5560/21 md.), müdafii görevlendirilmesi hakkında olup, 2. fıkrasında; “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.

185. maddesi, “zorunlu kapalılık” hakkında olup, bu maddede; “Sanık, on sekiz yaşını doldurmamış ise duruşma kapalı yapılır; hüküm de kapalı duruşmada açıklanır.” denilmektedir.

### **2.3.4. 5490 Sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu<sup>130</sup>**

16. maddesine göre; “doğumu süresi içinde bildirilmemiş olanlar” için “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.

Bulunmuş çocuklar ve zihinsel engelli kişilerle ilgili olarak madde 19 (2)’de, “zihinsel özürlü olup da bulunmuş on sekiz yaşından büyük kişileri, mahkemece tayin edilecek olan kayyımları bildirmekle yükümlüdür.” denilmektedir.

### **2.3.5. 5395 Sayılı Çocuk Koruma Kanunu<sup>131</sup>**

Madde 3 (1)’de, çocuğun tanımı; “Daha erken yaşta ergin olsa bile, on sekiz yaşını doldurmamış kişi” olarak yapılmaktadır.

7. madde koruyucu ve destekleyici tedbir kararı alınması hakkında olup 6. fıkra “tedbir kararı, on sekiz yaşın doldurulmasıyla kendiliğinden sona erer.” denilmektedir.

21. maddede, “on beş yaşını doldurmamış çocuklar hakkında üst sınırı beş yılı aşmayan hapis cezasını gerektiren fiillerinden dolayı tutuklama kararı verilemez” denilmektedir.

37.maddede, “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.

### **2.3.6. 5275 Sayılı Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanun<sup>132</sup>**

11. madde 2. fıkrasında “on iki-on sekiz yaş grubu çocukların, cinsiyetleri ve fiziki gelişim durumları göz önüne alınarak bu kurumların ayrı ayrı bölümlerinde barındırılırlar” denilmektedir.

15. madde 2. fıkrasında “kurum içinde veya dışında herhangi bir eğitim ve öğretim programına devam eden ve on sekiz yaşını dolduran çocukların, eğitim ve öğretimlerini tamamlayabilmeleri bakımından yirmibir yaşını bitirinceye kadar bu tesislerde (çocuk eğitim evleri) kalmalarına izin verilebilir” denilmektedir.

107. madde 5. fıkarda koşullu salıverilme süresinin hesaplanmasında, hükümlünün on beş yaşını dolduruncaya kadar infaz kurumunda geçirdiği bir günün, iki gün olarak dikkate alınacağı, 8. fıkarda on sekiz yaşından küçük olan hükümlülerin, denetim süresinde eğitimlerine, gerektiğinde barınma imkânı da bulunan bir kurumda devam edecekleri belirtilmiştir.

### **2.3.7. Diğer Kanunlar Açısından Yaşın Önemi**

657 sayılı Devlet Memurları Kanunu (DMK) Madde 40'ta; “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.<sup>133</sup>

DMK'nunda madde 206 (2)'de, 25 yaşını geçen çocuk için aile yardımı ödeneği verilmeyeceği belirtilmiştir.<sup>133</sup>

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun çeşitli maddelerinde 16 yaş (Asgarî ücretin 16 yaşından büyük işçiler için belirlenen bir aylık brüt ücreti), 18 (sigortalı sayılma yaşı), 20 ve 25 yaş (sigortalının bakmakla yükümlü olduğu veya sigortalının ölümü halinde ölüm aylığı bağlanabilmesi için 18 yaşından küçük olmak veya 20 yaşında olup lise veya dengi okulda okumak, 25 yaşından küçük olup yükseköğrenim görmek), 23 ve 39 yaş (yardımcı üreme tekniklerinden faydalanabilmek için 23 yaşından büyük, 39 yaşından küçük olmak), 58 ve 60 (emeklilik yaşları; 7000 iş gününü doldurmak koşuluyla kadınlarda 58, erkeklerde 60 yaşında olmak) yaşlar ilgili hükümlerde sınır yaşlar olarak belirtilmektedir.<sup>134</sup>

## **2.4. Yaş Tahmininde Kullanılan Yöntemler**

Yaşayan bireylerde yaş tahmini adli tıp dışında pediatri, radyoloji, endokrinoloji, diş hekimliği, psikiyatri gibi birçok alanı ilgilendiren multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir.<sup>135</sup> Günümüzde yaş tahmini için sıklıkla morfolojik, radyolojik ve histolojik yöntemler kullanılmaktadır.<sup>136</sup> Ayrıca son yıllarda teknolojiye yaşanan gelişmelerle birlikte moleküler yöntemler üzerine yapılan çalışmalarda artış olduğu görülmektedir.<sup>137,138</sup> Bu yöntemlerin hiçbirisi kronolojik yaşı kesin olarak belirleyemediğinden, daha doğru sonuçlar elde edebilmek için bunların kombine şekilde kullanılması önerilmektedir.<sup>42</sup>

### **2.4.1. Morfolojik Yöntemler**

Fiziksel gelişimin değerlendirildiği bu yöntemde antropometrik ölçümler (ağırlık ve boy), puberte belirtileri, cilt, kıllar, gözler, kemik gelişimi ve dişlerin gelişimi değerlendirilir. Tek başına kronolojik yaşı belirlemede güvenilirliği en düşük olan yöntem olmakla birlikte AGFAD tarafından sunulan prosedürde göre radyolojik olarak el bileğinin incelenmesi, dental gelişim ve morfolojik değerlendirmenin kombine edilmesi önerilmektedir. Bunun yanında çocuk pornografisi suçlarının soruşturmalarında ve delillendirilmesinde, elde bulunan görüntülerde bulunan kişilerin çocuk olduğundan şüphelenilmesi durumunda yaş tahmini için en uygun yöntem büyüme ve gelişmenin değerlendirilmesidir.<sup>139</sup>

#### 2.4.1.1. Ağırlık ve Boy

Büyüme ve gelişme birbirleriyle ilişkili kavramlardır. Büyüme, hücre sayı ve büyüklüğünün artmasına bağlı olarak vücut hacminin ve kütlesinin artmasını, gelişme (olgunlaşma) ise biyolojik işlevlerin kazanılmasını ifade eder.<sup>140</sup>

İnsanda büyüme ve gelişme özellikleri, çok çeşitli aşamalardan geçer ve normal şartlarda somut göstergelerle birlikte vücudumuzda meydana gelen fiziksel değişimlerle ilerleme gösterir. İnsanda fertilizasyonla başlayan büyüme; intrauterin, süt çocukluğu, çocukluk ve adölesan dönemlerini içeren uzun bir süreçtir.<sup>141</sup>

Özellikle büyüme ve gelişmenin izlenmesi konusunda antropometrik ölçümler iyi bir referanstır. Boy ve vücut ağırlığı en yaygın olarak kullanılan iki parametredir. Biyolojik matürasyon ise büyüme ölçümünden temel olarak farklıdır, biyolojik fonksiyonlardaki ilerlemenin zamanlamasını ve temposunu ifade eder. Çoğunlukla iskelet gelişimi, cinsel (ikincil cinsiyet özellikleri) gelişim ve somatik (en yüksek hızda yaş) gelişim bağlamında takip edilir.<sup>142</sup>

Yaşamın ilk bir ayında çevresel faktörler ve beslenme büyüme birincil olarak etkilerken, bu dönemden sonra iki yaşına kadar genetik etkenler ön plana çıkar.<sup>143</sup> Bu yaş grubundaki çocukların üçte ikisi büyüme eğrisini aşağı ya da yukarı çaprazlayarak büyür; üç yaşında ise genetik boy potansiyeli persentiline yerleşmiş olur. Üç yaş ile puberte arasındaki dönemde büyüme, endokrin faktörlerin etkisi altındadır. Bu dönemde büyüme eğrisine paralel gitme, büyüme hızının normal olduğunu, dolayısı ile çocuğun sağlıklı olduğunu gösterir. Eğri aşağı doğru çaprazlandığı takdirde sistemik hastalık taramalarının ardından hipotiroidi, büyüme hormonu eksikliği gibi büyüme geriliğine yol açan endokrinolojik bozukluklar değerlendirilmelidir. Pubertede büyüme, büyüme hormonu yanında seks steroidlerinin etkisi ile gerçekleşir.<sup>144</sup> Bu dönemde yapısal nedenlerle büyüme eğrisinden sapma gözlenebildiği için büyüme farklı bir şekilde değerlendirmek gerekir.

Boy ölçümü; yaş ve cinsiyete göre hazırlanmış büyüme grafiklerine işlenir. Ulusların kendilerine özgü büyüme grafikleri bulunabileceği<sup>145</sup> gibi çok uluslu verilerden elde edilmiş büyüme eğrileri de kullanılabilir. İki yaşın altında Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından hazırlanan ve değişik etnik kökenden gelen, sağlıklı, anne sütü ile beslenen 8440 bebeğin uzunlamasına 0-24 ay arası izleminden elde edilmiş büyüme

eğrileri önerilmektedir.<sup>146</sup> İki yaşı üstünde ulusal veya uluslararası eğriler tercih edilebilir<sup>147</sup>

#### **2.4.1.2. Puberte**

Ergenlik dönemi, çocukluktan erişkinliğe geçiş dönemi olup, hızlı fiziksel, hormonal, cinsel, bilişsel ve psikososyal gelişimle karakterizedir.<sup>147</sup> Ergenlik, tamamı seksüel dimorfizm gösteren vücut boyutu, şekli ve yapısındaki hızlı değişikliklerin damgasını vurduğu dinamik bir gelişim dönemidir. Fetal yaşamdan bu yana en büyük cinsel farklılaşma ve bebeklikten beri en hızlı doğrusal büyüme oranı ile karakterizedir.<sup>148</sup>

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ergenlik (adelösan dönemi) 10-19 yaş arası, çocuklukla yetişkinlik arasındaki dönemdir. DSÖ verilerine göre dünyada 1,2 milyar adolesan mevcuttur.<sup>149</sup> Ergenlik döneminde görülen en önemli gelişmelerden biri cinsel gelişimdir. Puberte tanımı bu dönemde meydana gelen gonadal matürasyon ve sekonder seks karakterlerinin gelişimini kapsar ve giderek çocuk fertil bir yetişkin haline dönüşür.<sup>150</sup>

Puberte yaşı genetik, etnik, sosyoekonomik durum, beslenme ve coğrafyaya göre farklılık gösterebilmektedir.<sup>151</sup> 10-19 yaş arası bireylerin %90'ı düşük-orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır ve bu sayının 2050 yılına kadar daha da artması beklenmektedir.<sup>149</sup> Malnütrisyon, kronik hastalık ve ağır fiziksel egzersiz yapanlarda puberte gecikebilir.<sup>148</sup> Özellikle kızlarda obezitenin erken pubertede rol oynadığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.<sup>152,143</sup> Son yüzyılda gelişmiş ülkelerde özellikle kızlarda puberte yaşının daha erkene kaydığı belirtilmiştir. Daha çok telarş yaşının erkene kaymasının daha iyi çevresel koşullarla ilişkili olabildiği gibi, endokrin bozucularla da ilişkili olabileceği bildirilmiştir.<sup>154,155</sup> Sanayileşmiş ülkelerde, beslenme, sanitasyon ve genel sağlık alanındaki önemli gelişmelere bağlı olarak, 19. yüzyıldan bu yana menarş yaşının da önemli ölçüde düştüğünü bildiren çalışmalar bulunmaktadır.<sup>156</sup> Bu konuda yapılmış en kapsamlı çalışmalardan birinde ABD'de beyaz kızlarda pubertenin son 50-60 yıllık periyotta 6 ay–1 yıl kadar erkene kaymış olduğu saptanmıştır.<sup>157</sup>

Puberte, çocukluk dönemi boyunca baskılı olan gonodotropin salgılatıcı hormon (GnRH) aksının aktive olmasıyla başlar. GnRH aksı yenidoğan ve erken sütçocuğu

döneminde aktiftir, plasentanın çıkmasıyla östrojen düzeyleri düşer ve luteinizan hormon (LH), folikül stimulan hormon (FSH) salgısı artar. Bu dönemde kız çocuklarında meme gelişimi ve vaginal kanama olabilir; bu döneme mini puberte denir. Birkaç ay süren bu dönemden sonra GnRH aksı puberte dönemine kadar baskılanır. Puberte, GnRH nöronlarında aktivite artışının olması ve bunun sonucunda da gonotropinlerin pulsatil salgılanmasıyla başlar.<sup>158</sup>

Türkiye’de Neyzi ve ark. yapmış olduğu çalışmada Türk kız çocuklarında telarş yaş ortalaması 9,8 yaş, pubik kıllanma yaşı 10,4 yaş, aksiller kıllanma yaşı 10,8 yaş ve menarş yaş ortalaması ise 12,36 yaş bulunmuştur. Ayrıca sosyoekonomik düzeyi yüksek ailelerden gelen çocuklarda pubertenin daha erken geliştiğini saptamışlardır.<sup>159</sup> Yine Türk erkek çocuklarında ise pubik kıllanma yaşını 11,8 yaş, aksiller kıllanma yaşını 13,15 yaş saptamışlardır.<sup>160</sup> Yakın zamanda ülkemizde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuş ve pubertede belirgin bir erkene kayma saptanmamıştır.<sup>161,162</sup>

Puberte kızlarda erkeklere göre ortalama 2 yıl daha erken başlar ve daha erken biter. Ancak aynı cinsiyet ve etnik kökene sahip çocuklar arasında bile ergenliğin zamanlaması ve temposunda önemli bireysel farklılıklar vardır.<sup>147,148</sup> Kızlarda ve erkek çocuklarında pubertede oluşan cinsel olgunlaşma evreleri Tanner’in 1962 yılında geliştirdiği skalalara göre evrenlenmektedir.<sup>115,116</sup>

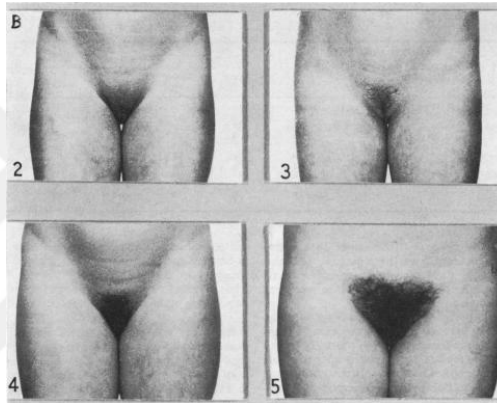
#### **2.4.1.2.1. Kızlarda Cinsel Gelişim**

Kız çocuklarında pubertenin ilk belirtisi genellikle 10-11 yaşlarında telarş olarak adlandırılan meme tomurcuklanmasıdır. Ancak kızların %20’sinde pubik kıllanma (pubarş) pubertenin ilk belirtisi olabilir.<sup>17</sup> Puberte başlangıcının alt ve üst sınırları 8 ve 13 yaş gibi geniş bir dağılım gösterebilir. Puberte bulgularının 8 yaşından önce başlaması erken puberte, 13 yaş sonrası ise gecikmiş puberte olarak adlandırılır.<sup>163</sup> Türk kız çocuklarında puberte başlangıcı ortalama 10 yaş civarındadır.<sup>159</sup> Meme tomurcuklanmasını sırasıyla aksiler kıllanma, pubik kıllanma ve menarş izler. İlk puberte bulguları ile menarş arasında ortalama 2-2,5 yıl gibi bir süre vardır ve ortalama 12,8 yaşta (11-13 yaş arasında) menarş görülür. Menarşın 10 yaşından önce görülmesi erken, 16 yaştan sonra görülmesi ise geç olarak tanımlanır.<sup>162,164,165</sup>

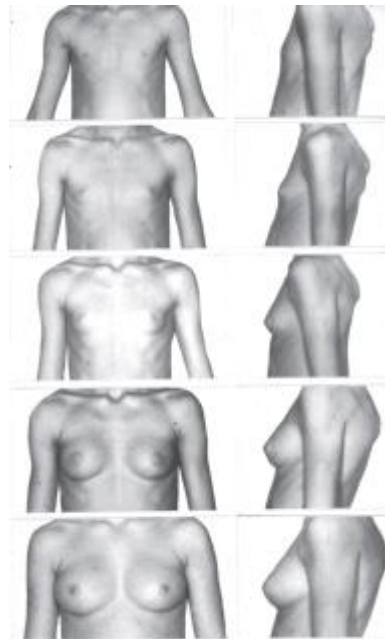
Kız çocuklarında pubertede meme ve pubik kıllanma gelişimi şekilde gösterilmiştir (tablo 1) (şekil 1,2).

**Tablo 1.** Kız çocuklarında Tanner evrelemesine göre meme gelişimi ve pubik kıllanma<sup>115</sup>

| Tanner evresi | Meme gelişimi                                                     | Pubik kıllanma                                                       |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Evre 1</b> | Prepubertal evre                                                  | Prepubertal evre                                                     |
| <b>Evre 2</b> | Meme ve papillada tomurcuklanma, areola çapında artış             | Labialarda ince, zayıf kıllar                                        |
| <b>Evre 3</b> | Meme ve areola belirgin büyümüş, areola ve pailla sınırı belirsiz | Mons pubiste koyu, sert kıllar                                       |
| <b>Evre 4</b> | Meme daha kabarmış, areola ikinci bir kabarıklık oluşturuyor      | Koyu, kaba, kıvrıkcık kıllar                                         |
| <b>Evre 5</b> | Erişkin memesi, papilla belirgin, areola kabarıklığı gerilemiş    | Yetişkin tip dişi kıllanma, bacakların iç yüzüne yayılan sert kıllar |



**Şekil 1.** Kız çocuklarında Tanner sınıflamasına göre 1.-5. meme evreleri<sup>115</sup>



**Şekil 2.** Kız çocuklarında Tanner sınıflamasına göre 2-5. pubik kıllanma evreleri<sup>115</sup>

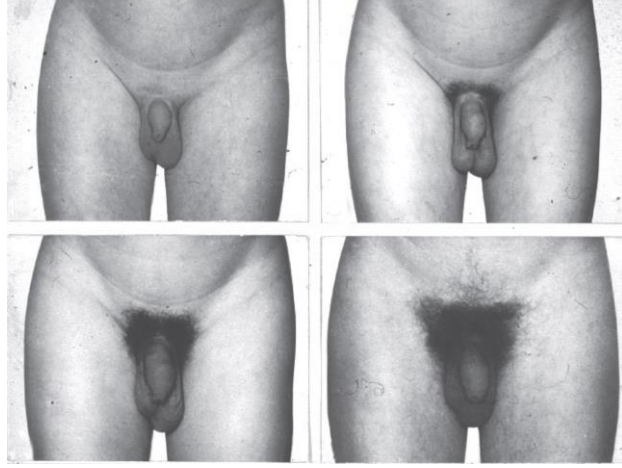
Pubertede vücut yağ dağılımı da değişir. Kızlarda kalçada ve bacaklarda yağ oranı artar. Mons pubis ve labialar belirginleşir. Vulva ve vagina nemli hale gelir. Vajinanın pH'ı asidik hale gelir, beyaz renkli fizyolojik bir akıntı başlar. Yine uterus ve overlerde de önemli değişiklikler meydana gelir. Uterus armut şeklini alır ve prepubertal yüksekliği 3,5 cm iken 5-8 cm'e ulaşır. Over volümü de prepubertel 1 ml iken 2-2,5 mililitreye ulaşır.<sup>151,166</sup>

#### 2.4.1.2.2. Erkeklerde Cinsel Gelişim

Erkek çocuklarda puberte testis büyümesi ve skrotumun incelmesi ve renginin koyulaşması ile ortalama olarak, 11,5-12 yaşlarında başlar. Bu değişikliklerin 9 yaşından önce başlaması erken ve 14 yaşından sonra gecikmiş puberte olarak kabul edilir. Testisler, puberte başlangıcında 3 ml veya daha az olan prepubertal hacimden 4 ml'ye kadar genişlemeye uğrarlar ve pubertal gelişimin sonunda 10 kat büyüklüğünde bir artışa uğrarlar.<sup>148</sup> Türk erkek çocuklarda ortalama puberte başlangıç yaşı ise 11,6 yaşıdır.<sup>160</sup> Testislerin büyümesini pubik kıllanma takip eder.<sup>165,167</sup> Testislerin büyümesi ve pubik kıllanma evreleri şekilde ve tabloda gösterilmiştir (tablo 2) (şekil 3).

**Tablo 2.** Erkek çocuklarda Tanner evrelemesine göre pubik kıllanma ve dış genital gelişimi<sup>116</sup>

| Tanner evresi | Pubik kıllanma                                                             | Dış genital gelişimi                                                                        |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Evre 1</b> | Prepubertal evre, kıllanma yok                                             | Prepubertal evre                                                                            |
| <b>Evre 2</b> | Pubiste ince, seyrek tüyler                                                | Testis ve skrotum büyür, skrotum derisi pembe bir renk alır.                                |
| <b>Evre 3</b> | Kıllar daha koyu, kalın ve kıvrımlı, pubis üzerine yayılım                 | Testis daha da büyür, penis de özellikle uzunlamasına büyür                                 |
| <b>Evre 4</b> | Kıllar koyu renk, sık, kıvrıkcık, daha yaygın ancak baldırlara yayılım yok | Testis büyür, skrotum rengi koyulaşır, penis enine ve boyuna büyür, glans penis de gelişir. |
| <b>Evre 5</b> | Erişkin tipi kıllanma                                                      | Erişkin tipi dış genital                                                                    |



**Şekil 3.** Erkek çocuklarda Tanner sınıflamasına göre 2-5. pubik kıllanma ve dış genital gelişim evreleri<sup>116</sup>

Testis hacminin büyümesinden 12-18 ay sonra penil büyüme başlar, prepubertal ortalama 6,8 cm olan penis boyu puberte sonunda erişkin boyuna (ortalama 13 cm) ulaşır. İlk ejakülasyon 13,5-14 yaş civarında olur. Larinks, krikoid ve laringeal kasların gelişimi sonucunda ses kalınlaşması 14 yaşta, yüz kıllanması 14,5 yaşta olur.<sup>154</sup> Erkeklerde aksiller kıllanma sonrası androjene bağımlı vücut bölgelerinde (yüz, göğüs, karın ve bacaklar, sırtın üst kısmı) kıllanma olur. Yüz kılları, kasık kıllarının uzamaya başlamasından yaklaşık 3 yıl sonra, önce üst dudakın üstündeki bıyık bölgesinde ve daha sonra yüzün yanlarında ve çenede ortaya çıkar.<sup>167</sup> Yüzde akne gelişimi artan androjenler sonucunda oluşur.<sup>168</sup> Jinekomasti (görünür meme dokusu), ergenlik döneminde bir süre erkeklerin yaklaşık üçte ikisinde görülür. Başlangıç, ergenliğin başlangıcı ile aynı zamana denk gelebilir, ancak esas olarak 13-14 yaşlarında, testosteron seviyeleri yetişkin seviyelerine ulaşmadan önce başlar. Sıklıkla 18-24 ay devam eder, daha sonra 16 yaşında geriler.<sup>167</sup>

#### **2.4.1.2.3. Pubertede Boy Büyümesi**

Ergenlik, hızlı fiziksel büyüme ile karakterize bir dönemdir, erişkin boyunun %20-25'i bu dönemde kazanılır. Pubertal büyüme atağının zamanlaması kızlarda daha erken, tipik olarak Tanner 3. meme evresinde meydana gelir. Kızlar, 12 yaşında ortalama 9 cm/yıl en yüksek boy uzama hızına ve pubertal büyüme döneminde toplam 25 cm boy artışına sahiptir.<sup>115</sup> Erkekler, Tanner genital evre 4'te kızlardan ortalama 2 yıl sonra 10.3 cm/yıl'lık bir pik uzama hızına ulaşır ve 28 cm boy kazanır.<sup>116</sup> Prepubertal büyümenin daha uzun süresi, daha yüksek pik uzama hızıyla birleştiğinde, erkekler ve

kadınlar arasında ortalama yetişkin boy farkı 13 cm'dir.<sup>169</sup> Boy uzamasında seks steroidleri, büyüme hormonu gibi hormonlar ve genetik, çevresel faktörler de rol oynar.<sup>148</sup>

#### 2.4.1.3. Cilt

Yaşlanma belirtilerinin ilk ortaya çıktığı organ, deridir.<sup>170</sup> Deri yaşlanmasının başlangıcı ve klinik seyri her birey için farklılık gösterebilmektedir. Derinin yaşlanması genetik, metabolik, endokrin ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir.<sup>171</sup>

Deri yaşlanması iki farklı şekilde gerçekleşmektedir.<sup>170</sup> Birincisi, geçen zamana bağlı intrinsek (kronolojik) yaşlanma, ikincisi de ekstrinsek (dış etkilere bağımlı) yaşlanmadır. İntrinsek yaşlanma, gerçek, spontan veya doğal yaşlanma olarak da bilinmektedir. İntrinsek yaşlanma, kişinin genetik yapısı tarafından belirlenmektedir. Bu süreç önlenemez bir süreçtir. İntrinsek yaşlanmada; derinin bariyer fonksiyonu, hücre yenilenmesi, hasara yanıt kapasitesi ve D vitamin sentezinde azalma gibi fonksiyon kayıpları ön plandadır.<sup>172</sup>

Ekstrinsek yaşlanma, kronik güneş maruziyeti ve ultraviyole ışınları (UV) gibi olumsuz çevresel etkenler başta olmak üzere, sigara, aşırı alkol kullanımı ve yetersiz beslenmeye bağlı olarak gelişen önlenabilir süreçtir.<sup>172</sup>

Yaşlanmaya bağlı epidermiste meydana gelen en belirgin değişiklikler; dermo-epidermal bileşkenin düzleşmesi, dermal papillalar ile epidermal rete çizgilerinin silinmesi olarak sıralanmaktadır.<sup>170</sup> 60 yaş üzerinde, rete çıkıntıları histolojik olarak %50'den fazla azalmaktadır.<sup>173</sup>

Yaşlanmayla birlikte epidermis yenilenmesi (turnover) 3-8. dekadlar arasında %30-50 oranında azalmaktadır.<sup>174,175</sup> Yapılan bir çalışmada artan yaşın epidermis kalınlığında %80'e varan azalmaya neden olduğu görülmüştür.<sup>174</sup>

Melanosit miktarı 30 yaşından sonra her 10 yılda %10-20 oranında azalır. Dolayısıyla, enzimatik aktivite de azalır.<sup>171,174</sup>

Deride meydana gelen değişikliklerin en belirgin olduğu bölgelerden biri yüz bölgesidir. 20'li yaşlardan itibaren alında ve yüzde kırışıklıklar, özellikle göz kenarlarında deride kaz ayağı kırışıklıkları, yuvarlak olan yanaklarda aşağıya doğru sarkma gelişmektedir.<sup>175</sup> 50 yaştan itibaren de el sırtında kahverengi pigmentasyonlar, 65 yaşında ise bu lekelerde daha fazla koyulaşma olduğu belirtilmektedir.<sup>49</sup>

Deri yaşılanmasının başlangıcı ve seyri bireysel farklılıklar gösterdiğinden ve büyük oranda ekstrensek faktörlere bağlı geliştiğinden tek başına bir yaş belirteci olarak kullanımı uygun değildir.

#### **2.4.1.4. Kıllar**

Kıllar, intrauterin hayatın 1-3. aylarında oluşmaya başlar. İntrauterin hayatta oluşan küçük, ince, medüller kanalı olmayan ve pigmentsiz bu kıllar “fetal lanugo” adını alır. İntrauterin 33-36. haftalarda bu kıllar dökülmeye başlar ve yerine medüller kanalı bulunan, pigmentli kıllar oluşmaya başlar. Yaşamın ilk birkaç haftası fetal lanugo yerini tamamen vellus kılları olarak da adlandırılan infantil lanugoya bırakır. Infantil lanugo (intermedier kıllar) olarak tanımlanan bu kılların 20’li yaşlara kadar devam ettikleri ifade edilmektedir.<sup>49,176</sup> Infantil lanugonun kızlarda 12-14, erkeklerde 14-16 yaşlarında yani ergenlik döneminde testosteron etkisiyle terminal kıl halini aldığı bildirilmektedir.<sup>177</sup>

Saç kalınlığı ile yaş arasında da bir bağlantı olduğu ifade edilmektedir. Ortalama saç kalınlığının genellikle 20’li yaşlara kadar artma, 20’li ve 50’li yaşlarda platoya ulaşma ve 50’li yaşlardan sonra azalma eğiliminde olduğu bildirilmiştir.<sup>178</sup> Saç kalınlığı bakımından ırk (en ince saç Tazmanyalılarda: 35 mikron, en kalın saç Sumatralı Kısar melezlerinde 103-166 mikron), cinsiyet (erkeklerde kadınlardan daha kalın) ve yaş (yaşın ilerlemesiyle saç kalınlığında da artış gözlenmektedir) arasında farklılıklar olduğu gösterilmiştir.<sup>179</sup>

Yaşlanma ile birlikte, kıl bulbusundaki melanosit kaybının saç ve diğer kıllardaki ağarmaya neden olduğu bilinmektedir. Saçlar vücut kıllarından daha hızlı ağarma göstermektedir. Saçlar genel olarak beyaz ırklarda 30’lu yaşlardan itibaren, siyah ırklarda 40’lı yaşlardan itibaren beyazlamaya başlamaktadır.<sup>180,181</sup> 50 yaşın üzerinde toplumun %50’sinde saçların en az yarısının beyazlaştığı bilinmektedir.<sup>182</sup> Yaşlanma sürecinin bulgusu olan saçların grileşmesi 20 yaşından önce görülürse, genetik zemin veya organ spesifik otoimmün hastalıklar akla getirilmelidir.<sup>183</sup> 35-38 yaşlarında sakal-bıyık, 40-45 yaşlarında göğüs-pubis, 50 ve sonrasında perine kılları ağarmaya başlamaktadır.<sup>49</sup>

#### 2.4.1.5. Gözler

Gözler de dahil olmak üzere yüzün yumuşak dokularının, yaş tahmini amacıyla kullanılabileceği belirtilmektedir. Yaş arttıkça gözlerde, bazı hastalıklar ile birlikte birtakım değişiklikler görülebilmektedir. Bunlar başlıca arkus senilis ve ksantalezmadır. Arkus senilis 50 yaş civarında başlayıp 65 yaşında olgunlaşan kornea limbusunda trigliserid, kolesterol esterleri ve fosfolipid gibi maddelerin çevresel infiltrasyonuna bağlı olarak meydana gelen halkadır. Yaşlanmayla paralel olarak göz kapağında blefaroşalazis (göz kapağı altında torbalanma), dermatoşalazis (torbalanma, pitoz ve glandula lacrimalis hernisi), orbital yağ dokusu atrofisi, entropion (göz kapaklarında içe dönme), ektropion (göz kapağının dışa dönmesi), kaş ptozisi ve kapak ptozisi gibi bulgular da görülebilmektedir.<sup>184</sup> Bu faktörlerin yaş göstergesi olarak tek başına kullanılması doğru olmayabilir, ancak sonuçları iyileştirmek için daha güvenilir özelliklerle yapılan değerlendirmeyi destekleyebilirler.<sup>185</sup> Bu yumuşak doku belirteçleri, nadiren de olsa bazı yönleriyle adli perspektiften de incelenmiştir.<sup>186</sup> İtalyan bireyler üzerinde yapılan böyle bir çalışmada, bir elektromanyetik digitizer kullanılarak yüzün üç boyutlu ölçümleri alınmıştır. Biorbital genişlik, kantuslar arası genişlik, orbita yüksekliği, göz fissürünün uzunluğu, göz fissürünün açılanması, eksternal orbital yüzey alanı vb. gibi çalışılan parametrelerin çoğunun yaşla korelasyon gösterdiği ortaya konmuştur.<sup>187</sup> Bununla birlikte, bu faktörler ve yaş arasındaki en güçlü korelasyon, yaşlanan yetişkinde değil, puberte öncesi bireyde bulunur. Yetişkinliğe ulaşıldığında, ilerleyen yaşla birlikte bu parametrelerde kademeli bir değişiklik olur, ancak değişkendir ve tek başına bir yaş göstergesi olarak kullanılmamalıdır.<sup>188</sup>

#### 2.4.1.6. Kemik Gelişimi

Genel olarak kemikleşme intrakartilaginöz ve intramembranöz kemikleşme olarak adlandırılan iki şekilde meydana gelmektedir.<sup>189</sup>

İntramembranöz kemikleşmede, osteoblastlar doğrudan doğruya mineralizasyona uğrarlar. Yani doğrudan bağ dokusundan kemikleşme gerçekleşmektedir. Bir başka deyişle, ara süreçte kıkırdak oluşmadan kemikleşme görülmektedir. Ancak kemiklerin birçoğu intrakartilaginöz kemikleşme ile son halini alır. İntramembranöz kemikleşmeye mezenkimal doku içerisindeki yoğunlaşmalardan oluştuğu için bu ad verilmiştir. Yassı kafatası kemikleri (frontal ve paryetal kemiklerin tamamı ile oksipital ve temporal

kemikler ile mandibula ve maksillanın bazı kısımları) ve klavikula intramembranöz kemikleşmeyle gelişmektedir.<sup>189</sup>

İntrakartilaginöz (enkondral) kemikleşmede, mezenkimal hücreler tarafından oluşturulan hyalin kıkırdak bir ara safha olarak görev görür, ardından bu kıkırdak kemikleşmeye başlar ve kemikleşme tamamlanır. Bu tür kemikleşme kısa ve uzun kemiklerin şekillenmesinden sorumlu tutulmaktadır.<sup>189,190</sup>

İki aşamada meydana gelen bu kemikleşmede önce kemik modelin kondrositlerinin hipertrofisi ve harabiyeti gelişmektedir. Kalsifiye kıkırdak septalarının birbirinden ayırdığı lakunalara osteoprogenitör hücreler ve kan kapillerleri yerleşir. Osteoprogenitör hücreler osteoblastlara dönüşür. Oluşan bu osteoblastlar da kalsifiye kıkırdak matriksi üzerinde aralıksız bir tabaka oluşturarak kemik matriksin sentezini sağlamaya başlar. Böylelikle primer ossifikasyon başlamış olur.<sup>191,192</sup>

İntrakartilaginöz ve intramembranöz kemikleşme yoluyla ortaya çıkan kemik dokusu “primer” veya “olgunlaşmamış kemik dokusu” olarak bilinmektedir. Primer kemik dokusu kalıcı olmayıp, yerini lamelli kemik olarak bilinen “sekonder kemik dokusuna” bırakmaktadır.<sup>191,192</sup>

Mezenkimal kondensasyon içerisinde ossifikasyonun (kemikleşme) başladığı ilk noktaya “Primer Ossifikasyon Merkezi” denilmektedir. Bir grup mezenkimal hücre osteoblastlara dönüşüp kemik matriksi oluşturulmaya başlar ve bu matriksin oluşturulmasının ardından kalsifikasyon meydana gelir.<sup>191</sup> Primer ossifikasyon merkezi, kemiklerin diafiz (gövde) bölümlerinin oluşumunu sağlamakta olup, kemiğin uzunlamasına büyümesine zemin hazırlar. Primer kemikleşme merkezi ilk olarak intrauterin hayatın 7.-12. haftalarında görülür ve doğumda tüm kemiklerde bulunur.<sup>190,191</sup>

Sekonder kemikleşme merkezleri uzun kemiklerin uç kısımlarında genellikle kemik taslağının iç kısmında yer alır ve kemiğin ııısal tarzda büyümesini sağlar. Sekonder kemikleşme merkezleri genellikle doğumdan sonra görölmeye başlarlar. Gittikçe büyüyen ve uğta yer alan bu kemik dokusu ile gövdenin kemik dokusu arasında “cartilago epiphysialis” adı verilen bir kıkırdak bölge kalır. Burası kemiğin uzunlamasına büyümesi açısından oldukça önemlidir. Epifiz ile diafiz arasında kalan bu aktif tabakaya büyüme çizgisi “linea epiphysialis” adı verilir. Bu çizgi büyümenin sonunda kapanır. Büyüme ve gelişim sırasında epifiz çizgisini içine alan kırıklar

meydana geldiğinde ise o kemiğin büyümesi kesintiye uğrayabilir. Kalkaneus hariç tüm kısa kemikler tek merkezden kemikleşirler. Sekonder kemikleşme merkezleri ise ilk olarak diz bölgesindeki kemiklerde görülmeye başlarlar.<sup>190,191</sup>

Kemikler 5 ana grup altında toplanmaktadır;<sup>190,192</sup>

1. *Uzun kemikler*; Medüller kanala sahip olan, hareket esnasında kaldıraç işlevi gören yapılardır. Humerus, femur, klavikula gibi.
2. *Kısa kemikler*; uzunluk, kalınlık ve genişlikleri birbirine hemen hemen eşit olan bu kemikler vücudun özellikle hareketsiz kısımlarında eklem yaparak destek görevi görürler. Karpal, tarsal kemikler, patella gibi.
3. *İrregüler kemikler*; diğer gruplardaki kemik yapılarına benzerlik göstermeyen kemiklerdir. Zigomatik kemik, vertebralar, sakrum gibi.
4. *Yassı kemikler*; hareketsiz eklemlerle birleşerek beyin gibi hayati öneme sahip organları korurlar. Paryetal, frontal kemikler gibi.
5. *Pnömotik kemikler*; içerisinde hava bulunan kemiklerdir. Etmoidal kemik gibi.

Kemikler 3 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, diafiz (gövde), metafiz (uç kısımlar) ve epifiz (büyüme plaklarının bulunduğu kısım)'dir. Diafiz; esasen silindirik bir kemikten ibarettir. Epifizlerin hızla büyümeleri sebebiyle diafizlerin uçları da çabucak büyümekte ve diafiz şaftını oluşturmaktadır. Diafiz şaftının boyu genel olarak epifiz plağının osteogenik aktivitesine, eni ise kemik kısmın dış yüzünü saran periosta bağlı olarak değişmektedir. Metafiz; süngerimsi kemikten oluşan, büyüme kıkırdağının diafize doğru olan yüzünden başlayıp, huni şeklindeki kemik oluşma bölgesini de içine alacak şekilde yayılan kısımdır. Epifiz; subartiküler kemik düzleminin altından büyüme plağının tabanına dek uzanan kısımdır.<sup>190,193</sup>

Epifizlerin büyük kısmı birkaç istisna dışında postnatal dönemde sekonder ossifikasyona uğramaktadır. Bu istisnalar yenidoğanın matürasyon dereceleri açısından bilgi vermektedir. Prenatal dönemde sekonder ossifikasyona uğrayan kemikler; gebeliğin ortalarında kalkaneus ve talus, gebeliğin sonunda ise distal femur ucu, proksimal tibia ucu, ayak bileğinde küboid kemik olarak sıralanmaktadır.<sup>194</sup>

Matürasyonun bilinen kriterlerinin (boy, kilo, cildin, tırnakların, saçların durumu, kafatası ölçümleri vs.) araştırılmasına ek olarak otopsi esnasında prenatal dönemde

sekonder ossifikasyona uğrayan kemiklere de bakılmaktadır. Otopside bebekte kemikleşme noktalarına bakılarak, bebeğin kaç aylık olduğu yönünde değerlendirme yapılabilmektedir.<sup>194</sup>

Bunlar sırasıyla;

**Beclard Kemikleşme Noktası:** bu alan femur alt epifizinde kırmızı renkte 4-7 mm. çapında bir alan olup 36. haftadan itibaren oluştuğu bilinmektedir. Tespit edilmesi için femur alt ucu dilim dilim kesilir.<sup>195,196</sup>

**Kalkaneus Kemikleşme Noktası:** 24. haftadan itibaren oluşmaya başlayan bu yapı miadda doğmuş bir bebekte ortalama olarak 11 mm'lik çapa ulaşır. Kalkaneus ortadan ikiye ayrılarak görünür hale getirilir.<sup>195,196</sup>

**Talus Kemikleşme Noktası:** gebeliğin 7. ayında sekonder ossifikasyonunu tamamlayan bu kemik ayak dorsumunun üst kısmına yapılan kesi ile görünür hale getirilir.<sup>195,196</sup>

#### **2.4.1.6.1. Kemik Gelişimini Etkileyen Faktörler**

Bazı patolojik koşulların, kemik matürasyonunu etkilediği bilinmektedir. Bunun yanında patolojik durumlardan ve çevre koşullarından kemik yaşına göre daha az etkilenmesine rağmen, literatür, diş yaşının gecikmiş ergenlik veya obezite gibi patolojik olmayan bazı durumlar tarafından değiştirilebileceğini kanıtlamaktadır. Kemik yapının olgunlaşmasını değiştiren ana patolojik durumlar, hipotalamus-hipofiz-gonad aksını değiştiren endokrinolojik durumlardır. Her adli tabip bu koşulların farkında olmalıdır. Bu tür patolojik durumların varlığı veya ilaç alımı, kemik yaşını ve diş yaşını açıkça etkileyebileceği için muayene sırasında detaylıca sorgulanarak açıklığa kavuşturulmalıdır. Her adli yaş değerlendirmesi, bu tür hızlandırıcı veya yavaşlatıcı faktörlerin varlığına ilişkin düzeltmeleri içermelidir.<sup>55</sup>

İskelet matürasyonunda gecikmeye neden olan etiyolojik faktörler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:<sup>197,198</sup>

**Kronik hastalıklar:** konjenital kalp hastalığı (özellikle siyanotik), kronik böbrek hastalığı, enflamatuvar barsak hastalığı, malnutrisyona bağlı gelişme geriliği, raşitizm, anne yoksunluğuna bağlı; intrauterin büyüme geriliği (IUGR) ve toksik annenin bebeği,

**Endokrin bozukluklar:** hipotiroidizm (kretinizm ve Van Wyk Grumbach sendromu), büyüme hormonu eksikliği olan hipopituitarizm (örn. idiyopatik,

kraniyofarenjiyom), hipogonadizm (örn. Turner sendromu), Cushing hastalığı / steroid tedavisi, diyabet (juvenil), Addison hastalığı (adrenal yetmezlik), hipoparatiroidizm,

*Sistemik hastalıklar:* konjenital kalp hastalığı, böbrek hastalığı, Çölyak hastalığı, Crohn hastalığı, ülseratif kolit, anemi,

*Kromozomal bozukluklar:* trizomi 21 (Down sendromu), trizomi 18, Turner sendromu, Noonan sendromu, Cornelia de Lange sendromu,

*Konjenital hastalıklar:* cücelik veya zihinsel engelliliğin doğuştan gelen sendromları, Kleidokraniyal dizostoz,

*Nörolojik bozukluklar:* serebral hipoplazi,

*İlaçlar:* glukokortikoidler ve kemoterapötik ilaçlar,

*Diğer:* (normal varyasyon) gebelik yaşına göre küçük yenidoğan, idiyopatik (ailesel kısa boy).

İskelet matürasyonunda hızlanmaya neden olan etiyolojik faktörler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:<sup>197,199</sup>

*Endokrin bozukluklar:* idiyopatik izoseksüel erken puberte, cinsel erken gelişmişliğe sahip hipotalamik veya parotalamik lezyon (örn. Kraniyofarenjiyom, astrositom, hipotalamik hamartom, hipotalamik-optik kiazmatik glioma, tüberküloz), adrenogenital sendrom (adrenokortikal tümör veya hiperplazi), aşırı androjen, östrojen veya steroid uygulaması veya üretimi (örn. virilize adrenal veya gonadal neoplazm veya hiperplazi, Cushing sendromu) hipofizer devlik (hiperpituitarizm), hipertiroidizm (maternal veya edinilmiş),

*Konjenital bozukluklar:* McCune-Albright sendromu (erken puberte ile birlikte polioistotik fibröz displazi), serebral devlik (Sotos sendromu), lipodistrofi, akrodizostoz, psödohipoparatiroidizm, Weaver sendromu, Marshall-Smith sendromu, asfiktik torasik displazi (Jeune sendromu), Beckwith-Wiedemann sendromu,

*İlaçlar:* Amiodaron, Budezonid, Buklometazon, Dipropiyonat, Fenitoin, Metilfenidat,

*Diğer:* yapısal veya ailesel uzun boy.

#### **2.4.1.7. Dış Gelişimi**

Dış dokularının oluşumu ve olgunlaşması, kraniyofasiyal gelişimde önemli bir süreci oluşturur. Büyüme faktörlerinin, transkripsiyon faktörlerinin ve hücre dışı

matriks moleküllerinin ekspresyonunu kodlayan genler bu süreci düzenler. Mezoderm ve ektoderm arasındaki etkileşimler, diş germ gelişimi, morfogenez ve hücre farklılaşmasının ilk adımları sırasında çok önemlidir, kron ve daha sonra kök oluşumuna öncülük eder. Bu süreçler diş folikülü çevresinde alveolar kemik oluşumu ve ağız boşluğunda diş sürmesi ile ilişkilidir. Normal gelişim modelinin bozulması, gen mutasyonlarına veya hücre içi veya hücre dışı yapısal moleküllerin kusurlu ekspresyonuna bağlı olabilir. Dişlerin gelişimi, dento-alveolar çukurların genişlemesiyle alt yüz yüksekliğinin gelişimine de büyük katkıda bulunur.<sup>200</sup>

Gen mutasyonları, epigenetik değişiklikler veya post-genomik faktörlerden etkilenen bireysel kusurlar tanımlanabilir.

Embriyolojik olarak üç ardışık adım diş oluşumunu sağlar: (1) sürecin başlaması, (2) dişin morfogenezi ve (3) terminal fenotiplerini elde eden iki epitelyal ve mezenkimal hücre tabakasının terminal farklılaşması.<sup>201</sup>

Büyüme faktörlerinin ve transkripsiyon yollarının ekspresyonunu aktive eden birkaç gen bu olayları düzenler. Bu genlerdeki herhangi bir mutasyon, herhangi bir diş gelişim sürecinde morfolojik ve/veya fonksiyonel değişikliklere neden olabilir.<sup>202,203</sup> Tüm dişler için birinci brankial ark ve maksiller kesiciler için nazofrontal tomurcuk içinde, tüm diş tomurcukları, stomodeal boşluğu kaplayan oral ektodermin, oral plakodlar olarak uzaysal olarak sınırlı belirli alanlarda ve nöral krestten türetilmiş dental mezenkim içeren hücreler arasındaki etkileşimlerden kaynaklanır.<sup>200</sup>

Hem birincil (geçici) hem de ikincil (kalıcı) insan dişleri, öngörülebilir ve gözlemlenebilir bir dizi aşamadan geçerek gelişir ve birçok yaş tahmini yönteminin dayandığı şey bu aşamaların gözlemlenmesidir.

Dişlerin gelişim süreci, hem oluşum hem de erüpsiyon evresini içerdiğinden vücuttaki herhangi bir doku veya organa kıyasla en karmaşık ve en uzun süreçlerden biridir.<sup>67,204</sup> İntrauterin 6. hafta civarında süt dişleri (primer dişler) odontogeneze başlar ve 13-16. gebelik haftaları civarında üst kesici dişlerin kesici kenarının mineralizasyonu başlar.<sup>205</sup> Süt dişlerinin gelişimi, daha sonra, yaklaşık üç yaşında ikinci azı dişlerinin kök uçlarının kapanmasıyla mineralizasyonun tamamlandığı noktaya kadar iyi tanımlanmış bir sırayla devam eder. Bu dönemde süt dişleri yaklaşık iki yaşına kadar az çok öngörülebilir bir şekilde ağız boşluğuna çıkar (Tablo 3).<sup>206,207</sup>

**Tablo 3.** Süt dişlerinin sürme ve düşme zamanları<sup>207</sup>

|                      | Üst çene     |              | Alt çene     |              |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                      | Sürme zamanı | Düşme zamanı | Sürme zamanı | Düşme zamanı |
| Ön süt kesici diş    | 7-12 ay      | 6-8 yaş      | 6-10 ay      | 6-8 yaş      |
| Yan süt kesici diş   | 9-13 ay      | 7-8 yaş      | 7-16 ay      | 7-8 yaş      |
| Süt köpek dişi       | 16-22 ay     | 10-12 yaş    | 16-23 ay     | 9-12 yaş     |
| Birinci süt azı dişi | 13-19 ay     | 9-11 yaş     | 12-18 ay     | 9-11 yaş     |
| İkinci süt azı dişi  | 25-33 ay     | 10-12 yaş    | 20-31 ay     | 10-12 yaş    |

Süt dişlerinin mineleri 2 tabakadan oluşmaktadır. İç tabaka intrauterin hayatta oluşmaktadır. Dış tabaka ise doğumdan sonra oluşmaktadır. Bu iki tabakanın arasında *Retzius çizgisi* (neonatal çizgi) olarak adlandırılan ve bebeğin miadında doğup doğmadığı hakkında bilgi sunabilen bir yapı bulunmaktadır.<sup>208</sup> Mine tabakası doğumdan sonra 1.-11. aylar arasında, erüpsiyon 7.-24. aylar arasında, kökler ise 18.-36. aylar arasında gelişimini tamamlamaktadır. Ayrıca dişlerdeki mineralizasyon en erken intrauterin 4. ayda radyolojik olarak gösterilebilmektedir.<sup>209</sup> Dişin mineralizasyonu ortopantogram kullanılarak değerlendirilmektedir. Mineralizasyonu değerlendirmek için birçok sınıflama bulunmakla birlikte, Demirjian ve ark.'nın geliştirdiği sınıflamanın adli yaş hesaplamaları için en uygun yöntem olduğu kabul görmektedir.<sup>206</sup>

Sekonder (kalıcı) dişler, birinci kalıcı molar dişlerinin sivri uçlarının mineralizasyonu ile doğum zamanı civarında oluşmaya başlar. Gelişim, 18-25 yaşları arasında üçüncü kalıcı molar dişlerinin kök uçlarının kapanmasına kadar devam eder. İkincil dişlerin sürme süreci ve buna bağlı süt dişlerinin pul pul dökülmesi yaklaşık 6 yaşında başlar ve yaklaşık 18 yaşında tamamlanır.<sup>210</sup> Kron üzerine mine apozisyonu tamamlandığında ve kök gelişmeye başladığında diş ağız boşluğuna sürme yolculuğuna başlar. İkincil dişlerin oluşumu ve sürmesi de öngörülebilir bir sırayla gerçekleşir (Tablo 4).<sup>206</sup>

**Tablo 4.** Kalıcı dişlerin sürme zamanı<sup>211</sup>

| <b>Dişler</b>                            | <b>Sürme Zamanı</b> |
|------------------------------------------|---------------------|
| <b>İlk büyük azılar</b>                  | 6.yıl               |
| <b>Ön kesiciler</b>                      | 7.yıl               |
| <b>Yan kesiciler</b>                     | 8.yıl               |
| <b>Birinci küçük azılar</b>              | 9.yıl               |
| <b>İkinci küçük azılar</b>               | 10.yıl              |
| <b>Köpek dişleri</b>                     | 11.yıl              |
| <b>İkinci büyük azılar</b>               | 12.yıl              |
| <b>Üçüncü büyük azılar(akıl dişleri)</b> | 17-21.yıl           |

Dişlerin erüpsiyonu (sürmesi); dişin taç kısmının (kron) apeksinin gingivada gözle görülür hale gelmesi olayıdır. 3. molar dişler dışında tüm kalıcı dişlerin erüpsiyonu 12 yaş civarında tamamlanmakla birlikte, 3. molar diş 17 yaş sonrasında sürer. Bu dişin erüpsiyonu bireyden bireye farklılık göstermektedir.<sup>212</sup>

Erüpsiyon 3 safhada incelenmektedir. Bunlar;<sup>208</sup>

- 1. Sürmeden önceki safha;** diş germinin tamamen geliştiği, krona ait mineralizasyonun tamamlandığı safhadır.
- 2. Sürmeden önceki fonksiyon safhası;** kök oluşumuyla başlayan, dişin oklüzal düzleme erişmesiyle son bulan safhadır.
- 3. Fonksiyonel sürme safhası;** dişin ağız boşluğunda görülmesiyle başlayan safhadır.

Erüpsiyon aşamasını etkileyen faktörler arasında; genetik farklılıklar, coğrafi bölgeler (kentler ve ılıman bölgelerde dişler erken sürer), beslenme, konjenital faktörler, hipotiroidi, D-vitamini eksikliği, gebelikte geçirilmiş enfeksiyonlar sıralanabilmektedir. Diş gelişiminin derecesi kronolojik yaşın bir göstergesi olarak kullanılacaksa, gelişim zamanlamasını ve hızını etkileyen faktörlerin tam olarak anlaşılması ve dikkate alınması esastır.<sup>209,213</sup>

Diş gelişiminde genetik kontrolün katkısının %90 kadar olduğu tahmin edilmektedir.<sup>214-216</sup> Primer kesici dişlerin ortaya çıkma zamanlamasının da güçlü genetik kontrol altında olduğu gösterilmiştir.<sup>217</sup> Benzer genetik mirasa sahip bir popülasyon içinde bile, gelişim oranlarında doğal biyolojik çeşitlilik nedeniyle, insidental varyasyon olarak kabul edilebilecek farklılıklar olacaktır.<sup>206</sup>

Hem süt dişleri hem de kalıcı dişlerin embriyolojik gelişimi ve incelenmesi ile intrauterin hayattan itibaren 18-20 yaşa dek yaş tahmini yapılabilmektedir. 12 yaşından sonra erüpsiyona dayanarak yaş tahmini yapmak pek mümkün olmadığından bu dönemdeki yaş tahminleri çoğunlukla radyolojik yöntemlerle elde edilen görüntülerin dentisyon gelişim şemaları ya da tabloları ile karşılaştırılmasıyla yapılmaktadır.<sup>209</sup>

Diş yaşı tahmin teknikleri sıklıkla antemortem/postmortem yöntemler ve çocuklara/yetişkinlere uygulanabilir yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Diş yaşı tahmin metotlarının çoğunun ortak noktası üçüncü molar dişlerin incelenmesidir.<sup>206,218</sup>

Diş yaşı değerlendirme teknikleri morfolojik, histolojik ve radyolojik olarak ayrılabilir. Canlı veya işlevsel bir dişin feda edilmesini gerektirdiğinden, canlı bireylerde histolojik destrüktif tekniklerin uygulanma olasılığı düşüktür, ancak bazı durumlarda, bilgilendirilmiş onam ile bir kişi bir diş kaybetmeye razı olabildiğinde gerçekleştirilebilir.<sup>206,218</sup>

Çocuklar veya ergenler için klinik muayeneler genel olarak dişlerin sayımları gibi fiziksel yöntemler, gelişen diş değerlendirmek için radyografik teknikleri, amino asit rasemizasyonunu ve histolojik incelemeleri içerebilen destrüktif yöntemlerdir.<sup>206,218</sup>

Ağız boşluğunda bulunan dişlerin sayısı ve tipinin gözlemlenmesi yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak öncelikle diş tanımlama amacıyla uygun diş deneyimi gerektiren zor bir tekniktir. Bu teknik, farklı dişlerin farklı yaşlarda, nispeten sabit bir kronolojik sırayla sürdüğü ve hangi dişlerin mevcut olduğunu gözlemleyerek bireyin diş yaşının tahmin edilebileceği varsayımına dayanmaktadır.<sup>206</sup>

Erişkin olmayan bireylerde dental yaş tahmini yöntemleri; diş germelerinin görünüşü, dişlerin mineralizasyonu, mine formasyon oranı, sürmüş diş köklerinin tamamlanma dereceleri, erüpsiyon süreçleri ve inkremental çizgilerin miktarı gibi yöntemleri içerir. Farklı araştırmacılar tarafından kullanılan bu yöntemler bulucularının isimleri ile anılmıştır ve en çok bilineni çocukların dental gelişiminin panoramik radyografiler ile değerlendirildiği Demirjian metodudur.<sup>218</sup>

Yetişkinlerde dişlerde ve çevre dokularda yaşa bağlı ortaya çıkan morfolojik değişikliklerin incelenmesi ile farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; atrizyon, kök transparanlığı, sement apozisyonu, periodontal çekilme, kök rezorpsiyonu, diş renginin koyulaşması, sekonder dentin apozisyonu, aspartik asit rasemizasyonu, telomer kısalması, radyoaktif karbon 14 gibi parametreleri içeren yöntemlerdir.<sup>219</sup>

Aspartik Asit Rasemizasyonu; biyokimyasal bir yöntemdir. İlk defa 1976 yılında Helfman ve Bada tarafından yaş tahmininde kullanılmıştır. Diş dentininde bulunması esaslı göz önüne alınarak araştırmacılar, dentin ve sementten aldıkları transvers kesitlerde D/L aspartik asit oranını incelemişler ve her yıl ortalama % 0,1 D-aspartik asitin biriktiğini rapor etmişlerdir.<sup>219</sup>

Gustafson Yöntemi; Dental histolojinin yaş tahmininde kullanılmasının en önemli dayanağını Gustafson'un çalışmaları oluşturmaktadır. Gustafson'un 1950 yılında yayınlanan çalışmasında yaşa bağlı değişiklikler diş kesitlerinde değerlendirilmiştir. Atrizyon, periodontitis, sekonder dentin, sement apozisyonu, kök transparanlığı ve kök rezorpsiyonu olmak üzere 6 farklı parametre incelenmiş ve bir skorlama sistemi geliştirilmiştir.<sup>220</sup>

Sekonder Dentin; Sekonder dentin oranı yaş tahmininde önemli bir parametredir. Sekonder dentin hayat boyu devam eden bir süreçtir. Pulpa odasının daralması sekonder dentin birikiminin indirekt göstergesidir.<sup>221</sup> 1925 yılında, Bodecker tarafından sekonder dentin apozisyonu ile kronolojik yaş arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir.<sup>222</sup> Daha sonra yapılan çalışmalarda sekonder dentin birikimi radyografik<sup>223,224</sup> ve mikroskopik kesitlerle<sup>220,225</sup> incelenmiş ve yaş ile korelasyonu değerlendirilmiştir. Sekonder dentin birikiminin mikroskopik kesitlerle incelendiği yöntemlerde diş çekimi gerekmesi ve yaşayan bireylerde yöntemin uygulanamaması önemli bir sorundur.<sup>218</sup>

Radyografik yöntemlerde ise diş çekimi yapılmaksızın dişin radyografiler üzerinde uzunluk, genişlik ve alan ölçümlerinin hesaplanması ile pulpa boyutu değerlendirilmiştir.<sup>223,224</sup>

#### **2.4.2. Radyolojik Yöntemler**

2001 yılında AGFAD, ceza davalarında 14 ile 21 yaş arasındaki yaşayan bireylerde adli yaş tahmini için önerilerini yayınlamıştır.<sup>120</sup> Bunlar 2008'de güncellenmiş olup<sup>37</sup> güncellenen öneriler;

- antropometrik ölçümlerin (vücut boyu ve ağırlığı, yapısal tip) belirlenmesini de içeren fizik muayeneyi,
- seksüel matürasyon belirtilerinin incelenmesini,
- yaşa bağlı gelişimsel bozuklukların tanımlanmasını,
- sol elin röntgen muayenesini,
- diş durumunun belirlenmesi ve bir ortopantomogramın değerlendirilmesini içeren diş muayenesi yapılmasını içermektedir.

AGFAD'ın önerilerine göre elin iskelet gelişimi tamamlanmışsa, ek olarak medial klavikula; X-ray, bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile değerlendirilmelidir. İyonize radyasyon kullanımına ilişkin yönergeler ülkeden ülkeye ve farklı meslek gruplarına göre değişiklik gösterdiğinden X-ray içeren yöntemler kullanılırken yerel yönetmeliklere ve yasalara veya literatürdeki profesyonel yönergelere uyulması gerekmektedir. Tanısal doğruluğu ve yaşa bağlı gelişimsel bozuklukların tanısını artırmak için önerilen yöntemlerin kombine edilmesi gerekmektedir. Muayenelerin, deneyimli klinisyenler ve adli tıp uzmanları tarafından yapılması önerilmektedir. Uzman raporlarında, yaşla ilgili tespit edilen bulgulara yer verilmeli ve bunlara ek olarak, yaş tahmininin dayandırıldığı referans çalışmalardan, kullanılan yöntemler ve/veya evrelemelerden alıntı yapılmalıdır. Adli yaş tahminine ilişkin referans çalışmalar için kriterler de önerilerde listelenmiştir. Uzman raporlarında, incelenen her özellik için referans popülasyonun en olası yaşının ve dağılım aralığının belirtilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bilirkişi raporu düzenleyen uzmanın, bireysel uzman raporlarının bulgularına dayanarak kesin bir yaş tahmini sağlaması gerektiği vurgulanmaktadır.<sup>226</sup>

#### **2.4.2.1. Direkt Grafler**

Direkt graflerle kemik yaşı değerlendirmesi, iskelet yaşı ile kronolojik yaş arasındaki farkı belirlemeye yönelik radyolojik bir incelemedir.<sup>227,228</sup> Bu fark, çocukların iskelet büyümesinde anormallikler veya hormonal problemler nedeniyle meydana gelebilmektedir.<sup>229</sup> Doğru ve tekrarlanabilir bir yöntemle kemik yaşını tahmin etmek hem zor hem de zaman alıcı bir radyolojik prosedürdür ve sırasıyla aşağıdaki üç sürece dayanmaktadır;<sup>230</sup>

- (a) birincil ve ikincil kemikleşme merkezlerinin ortaya çıkması,
- (b) birincil ve ikincil kemikleşme merkezlerinin büyümesi,
- (c) birincil ve ikincil merkezlerin kaynaşma zamanlaması.

Yukarıdaki süreçlerin ortaya çıkması ve meydana gelen değişiklikler, kuru kemik ve radyografik görüntüleri içeren çalışmalarda açıkça tanımlanmıştır.<sup>231</sup> Kemik yaşı tahmini amacıyla kemikleşme merkezlerinin ortaya çıkma ve epifiz füzyonunun gerçekleşme zamanlamasının belirlenmesi, kuru kemiğin gözlemlenmesi veya radyografi gibi bir görüntüleme yöntemiyle görüntülenmesini gerektirmektedir.<sup>26</sup> Direkt grafi ile kemik yaşı değerlendirilmesi, bireyin radyografi görüntüsünün, bilinen cinsiyet ve yaş örneğini içeren tanımlanmış bir referansla karşılaştırılmasını içeren bir eşleştirme sürecine dayanmaktadır.<sup>232</sup> Temel olarak yaş tahmini süreci, biyolojik matürasyon düzeyinin bir referans ile karşılaştırılarak kronolojik yaşa dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır.<sup>99</sup>

Yaş tahmini için kullanılmakta olan referans veriler, çeşitli kaynaklardan toplanarak hazırlanmış atlaslardır.<sup>233</sup> Atlasları derlemek için kullanılan verilerin çoğu, 1900'lerde yapılan boylamsal araştırmalar sırasında toplanmıştır.<sup>234</sup> Bu veriler, standart radyografi formatında antropometrik bir çalışmanın parçası olarak normal çocukta büyümeyi göstermek amacıyla toplandığından, katılımcılar herhangi bir bozukluk veya hastalığı olmayan sağlıklı bireylerden oluşmaktadır. Toplanan veriler, kimlik tespiti veya tıbbi ve eğitim amaçlı olarak yaşı bilinmeyen bir çocuğun yaşını tahmin etmek için referans verileri sağlamıştır.<sup>235,236</sup>

Çevre ve özellikle beslenme durumu gibi faktörlerin çocukların gelişimini güçlü bir şekilde etkilediği bilinmekle birlikte; yeterli besin alımına sahip, sağlıklı çocuklara ait görüntülerle geliştirilen atlasların yaş tahmini amacıyla standart olarak kullanılmaya uygun olduğu kabul edilmektedir.<sup>237,238</sup> Bu atlaslar, iskelet matürasyonundaki değişiklikleri içeren görüntüleme veri setleri içermektedir. Atlaslar, yaşı belli olmayan bir çocuğun matürasyon basamağını mevcut veri setindeki görüntülerle karşılaştırarak en uygun yaşı bulmayı sağlamaktadır. Atlaslar aynı zamanda belirli bir ırka ait çocukların belirli bir dönemdeki matürasyon temposunu yansıttığından, bu bilgilerin modern topluma uygun olup olmadığı veya farklı bir beslenme tarzı ve tıbbi bakıma

sahip, farklı ırklardan çocuklar için kullanılıp kullanılamayacağı konusu tartışmalıdır.<sup>239-242</sup>

Literatür çalışmalarının çoğu, yaş tahmini için atlasların sol el bileğine dayandığını göstermektedir.<sup>243,244</sup> Dirsek, pelvis, klavikula, ayak, omuz veya ayak bileği gibi vücuttaki birçok kemikten kemik yaşının değerlendirilmesi mümkün olsa da, yüksek maliyetli olmaları, uzun sürmeleri ve radyasyona maruz kalma riski, bunların kemik yaşı değerlendirmesi için kullanmasının uygun ve pratik olmadıklarını düşündürmektedir.<sup>245</sup>

#### **2.4.2.1.1. Elin Radyolojik Muayenesi**

Adolesanlarda adli yaş tahmini alanında iskelet matürasyonu, en önemli tanısal dayanaktır. Bu bakımdan el iskeleti, yaklaşık 18 yaş civarında gelişim süreçleri tamamlanana kadar en uygun vücut bölgesi olarak kabul edilmektedir. Elin olgunluk durumu, bazı açılardan, tüm iskelet sisteminin temsilcisi olarak kabul edilmektedir.<sup>226</sup> Radyolojik yaş tahmini için temel ön koşul, bireyin iskelet gelişimini etkileyebilecek bir klinik durum varlığını belirlemek için fizik muayene yapılmasıdır. Çoğu hastalığın kemik gelişimini geciktirerek yaşın olduğundan daha küçük değerlendirilmesine neden olduğu bilinmektedir. Yaşın bu şekilde küçük değerlendirilmesi, ilgili kişiye ceza kovuşturması açısından bir dezavantaj oluşturmamaktadır. Buna karşılık, kemik gelişimi hızlandıran bir hastalık nedeniyle yaşı olduğundan büyük değerlendirmekten büyük bir özenle kaçınılması gerekmektedir. Bu tür hastalıklar daha nadir görülmekte ve sadece boy uzaması ve cinsel gelişimi değil, aynı zamanda iskelet gelişimini de etkileyebilen endokrin bozuklukları içermektedir. İskelet gelişimini hızlandırabilen endokrin bozukluklara arasında puberte prekoks, adrenogenital sendrom ve hipertiroidizm sayılabilmektedir.<sup>246</sup> Tüm popülasyonlarda sağ eli dominant bireylerin sayısının daha fazla olması ve buna bağlı olarak sağ elin iskelet gelişimini bozabilecek travmalara daha sık maruz kalması nedeniyle çalışmalarda, kemik yaşı değerlendirmesi için sol elin röntgeninin tercih edildiği görülmektedir.<sup>247,248</sup> Birçok çalışmada, sağ ve sol elin kemikleşme oranlarında önemli farklılıklar olmadığı bildirilmiştir.<sup>64,249</sup> El radyografilerini değerlendirme kriterleri, kemik yapıların şekil ve boyutunu değerlendirmeyi ve epifizyal ossifikasyon derecesini belirlemeyi içermektedir. Bu amaçla, belirli bir röntgen görüntüsü, ilgili yaş ve cinsiyetin standart görüntüleri ile

karşılaştırılmakta (radyografik atlas)<sup>48,247</sup> veya seçilen kemikler için olgunluk derecesi veya kemik yaşı belirlenmektedir (tek kemik yöntemi).<sup>45-47</sup> Çeşitli çalışmalar, tek kemik yönteminin daha fazla zaman gerektirmesine rağmen, daha doğru sonuçlar vermediğini göstermiştir.<sup>250,251</sup> Bu nedenle, Greulich ve Pyle (1959) ile Thiemann ve ark. (2006) tarafından geliştirilen iki atlas yöntemi, adli yaş tahmini için en geçerli yaklaşımlardandır.<sup>226</sup>

Ülkemizde günümüz koşullarında yaş tahmini için radyolojik yöntemlerden en sık düz grafipler kullanılmaktadır. El, el bileği, dirsek, omuz, radius, ulna, pelvis, sakrum, koksiks, sternum grafipleri çektilirilek epifiz hatları değerdendirilmektedir.<sup>2,24</sup> Kemik matürasyonunun gösterilmesinde *Greulich-Pyle (GP) metodu*, *Tanner & Whitehouse (TW2-TW3) metodu* ve *Gök Atlası* gibi metotlardan faydalanılmaktadır.<sup>2</sup>

#### **2.4.2.1.1.1. Greulich&Pyle Yöntemi (GP Atlası)**

WW Greulich ve SI Pyle tarafından *El ve Bileğin İskelet Gelişimine İlişkin Radyografik Atlası (Radiographic Atlases of Skeletal Development of the Hand and Wrist)* 1950'de ve 1959'da yayımlanmış ve en son baskısı 2001'de yapılmıştır. Atlantaki materyal, Thomas Wingate Todd (1885-1938) tarafından 1929'da Western Reserve Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde kurulan Brush Foundation İnsan Büyüme ve Gelişmesi Çalışması (Brush Foundation Study of Human Growth and Development)'ndan alınmıştır. Referans popülasyonu, Amerika Birleşik Devletleri'nde doğmuş, çoğu Kuzey Avrupa kökenli, Cleveland, Ohio'da yaşayan ve sosyoekonomik düzeyi yüksek ailelerden gelen 0-18 yaş arası 1000 Amerikalı çocuktan oluşmaktadır.<sup>247</sup> 1931 ve 1942 yılları arasında yürütölen araştırma çalışmasında, bazıları ilk kez üç aylıkken radyografisi alınan kayıtlı deneklerin 3 ay ila 1 yıllık aralıklarla çekilen seri röntgenleriyle iskelet gelişimi hakkında büyük miktarda veri toplanmıştır. Todd'un Brush Foundation Çalışma Direktörü olarak halefi, 1940-1949 yılları arasında bu görevi yürüten Greulich olmuştur. Greulich ve Pyle yöntemi, çocukların kemik yaşını değerdendirmenin iki ana yolundan biri haline gelmiştir. Aradan yıllar geçmesine rağmen, dünyadaki birçok radyoloji bölümü ve aynı zamanda adli alanlarda çalışanlar için önemli bir kaynak olmaya devam etmektedir.<sup>226</sup>

Günümüzde en sık kullanılan iskelet yaş tahmin teknikleri olan Greulich-Pyle (GP) ve Tanner-Whitehouse (TW2) yöntemlerinin her ikisi de farklı teorik

yaklaşımlarına rağmen sol el ve bilek grafisi gerektirmektedir ve tübüler kemik epifizlerinin (ossifikasyonun en erken aşamalarından diyafiz ile füzyona kadar) radyografik görünümündeki değişikliklerin veya yassı kemiklerde yetişkinlikteki şekline ulaşınca kadarki değişikliklerin tanınmasına dayanmaktadır.<sup>252</sup>

GP atlasında kız ve erkeklerde ayrı ayrı, sol el radyografileri kullanılarak oluşturulmuş 18-19 yaşına kadarki her yaş ve bazı buçuklu yaşlar için standartlar ve standart sapmalar yer almaktadır. Her bir standarda atanmış olan iskelet yaşı, aslında o standardın dayandırıldığı çocukların yaşına karşılık gelmektedir. İskelet matürasyonunun değerlendirilmesi, el-bilek grafisinin incelenmesi ve karşılaştırılarak en uygun basılı standartla eşleştirilmesi yoluyla sağlanmaktadır. En yakın standarda verilmiş olan yaş, radyografisi değerlendirilen çocuğun iskelet yaşı olarak atanmaktadır. Bir radyografiye uygun bir yaş atamak için iki standart arasında enterpolasyon yapmanın genellikle uygun olduğu düşünülmektedir. Yöntemin sadeliği ve iskelet yaşı değerlendirme hızı, bu atlasın dünya çapında iskelet matürasyonu için en yaygın kullanılan referans standardı haline gelmesinde etkili olmuştur.<sup>93,247</sup>

Greulich ve Pyle, atlaslarının kullanımı için resmi olarak herhangi bir özel teknik önermemektedir. Bunun yerine, atlas kullanıcılarının tercihlerine bağlı olarak kendi yöntemlerini geliştirmelerini önermektedir. Ancak daha sonra Pyle ve ark., her kemikleşme merkezine kemik-spesifik bir kemik yaşı atanması ve atanan yaşların ortalamasının hesaplanması şeklinde oldukça zaman alıcı bir yaklaşım önermiştir.<sup>93</sup> Genel olarak, karpal kemikler ve distal merkezler arasında bir uyumsuzluk olduğunda, büyüme potansiyeli ile daha iyi korelasyon gösterme eğiliminde olduklarından, distal merkezlere daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği belirtilmektedir.<sup>253</sup>

Greulich ve Pyle atlasının temelinde yatan şey, sağlıklı çocuklarda iskelet olgunlaşmasının tek tip olduğu, tüm kemiklerin aynı iskelet yaşına sahip olduğu ve kemikleşme merkezlerinin görünümünün ve gelişiminin sabit bir kalıp izlediği varsayımlarıdır. Greulich ve Pyle, yaş tahminine esas olmak üzere hazırladıkları atlasın cinsiyet, genetik, ırk ve coğrafik faktörlere bağımlı olmaksızın önemsenmeyecek kadar küçük hata payları ile kemik yaşı tahmininin mümkün olduğunu belirtmiştir.<sup>247</sup> Ancak, el ve el bileğinin farklı kemiklerinin ossifikasyon modelinde geniş bir varyasyon yelpazesinin mevcut olduğunu ve bu varyasyonun genetik olarak belirlendiğini gösteren önemli kanıtlar bulunmaktadır. Beyaz ve siyah çocuklarda yaş tahmini için GP atlasının

uygulanabilirliği üzerine yapılan bir çalışmada, bu atlasın bütün çocuklar özellikle de siyah çocuklar için uygulanamayacağı sonucuna varılmıştır.<sup>254</sup>

#### **2.4.2.1.1.2. Tanner-Whitehouse Yöntemi [TW1 (1962), TW2 (1975), TW3 (2001)]**

İlk kez 1962'de tanımlanan bu yöntem temelini Acheson'un 1954 yılındaki çalışmasından almaktadır. Yöntemde radyografilere ek olarak puanlama sistemi kullanılmıştır.<sup>255</sup>

Yöntemde kullanılan veriler, Birleşik Krallık'taki Çocuk Sağlığı Enstitüsü adına 1948 ve 1971 yılları arasında Tanner ve Whitehouse tarafından savaş zamanı diyet karnesinin çocukların büyüme ve gelişimi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yürütülen ve Sağlık Bakanlığı tarafından finanse edilen Harpenden Büyüme Çalışması sırasında toplanan el/bilek radyografilerinden elde edilmiştir.<sup>255</sup>

Tanner-Whitehouse yönteminde radius, ulna ve küçük kemik epifizleri kullanılarak puanlama yapılmaktadır. RUS (radius, ulna and small bone) kısaltması bu yöntemde değerlendirilen kemikler için kullanılmaktadır. Bu kemikler; distal radius, distal ulna 1., 3. ve 5. metakarpaller, baş parmak proksimal ve distal falanksları, 3. ve 5. parmak proksimal ve distal falanksları ve psiforme hariç tüm el bileği kemikleri olarak sıralanmaktadır.<sup>44</sup>

Tanner-Whitehouse yönteminde radius, ulna, kısa kemikler ve karpal kemiklerden cinsiyete göre ayrı ayrı skora yapılan 20 adet kemikteki gelişim aşamasından şekil analizi ile kemiklere verilen bu değerler toplanmaktadır. RUS puanı, karpal puanı ve 20-kemik puanı olmak üzere üç farklı puan türü hesaplanmakta ve daha sonra bu değerler tablolardaki uygun yaş ile eşleştirme yapılarak kemik yaşı belirlenmektedir.<sup>44</sup>

TW2, TW1'in bir revizyonu niteliğinde olup, TW2'ye el bileği kemiklerinin radyolojik görüntüleri de eklenmiştir.<sup>45</sup>

Tanner ve ark. tarafından iskelet olgunluğu yeniden değerlendirilerek 2001 yılında bu atlasın 3. baskısı yayınlanmıştır. TW1, TW2 ve TW3'ün hepsinde de RUS değerlendirmesi ve maksimum skor olan 1000 puan değişmemiştir. TW3'te önceki iki atlas versiyonuna göre "seküler trend" etkisi nedeniyle maksimum puanlara karşılık gelen kemik yaşları değişmiş ve 20-kemik puanlamasının gereksiz olduğu düşünülerek atlastan çıkarılmıştır.<sup>46</sup>

TW3'e esas teşkil eden normlar EA 90 (Avrupa- Avrupa kökenli Amerika normları) olarak isimlendirilmiş olup normlar TW2'de yer alan, orijinal Britanyalı çocuklar (UK60) ve Texas'ın Woodlands bölgesinde yaşayan Avrupa kökenli Amerikan kız ve erkek çocuklarının (TX 90) gelişim değerlerinden oluşturulmuştur. Belçikalı çocuklar (B70), İspanyol çocukları (S80), Tokyo'da yaşayan çocuklar (J85), kuzey İtalyalı (I90) ve Arjantinli (Arg70) çocukların çekilen grafipleri TW2 skorları kullanılarak değerlendirilmiş ve tüm bu ülkelerin kendi çocuklarından oluşturulan normları TW3'te yer almıştır. Araştırmacıların deneyimi ve çalışmaları bu kemik evrelemesi sisteminin evrensel olduğunu, matürasyon skorları ve boy ölçümleri gruptan gruba değişse de bütün toplumlar için uygulanabilir olduğunu göstermiştir.<sup>135,256</sup>

TW3 yöntemiyle GP atlasını karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmalarda, TW3 yönetiminin zaman alıcı olduğu ve GP atlasından daha iyi olmadığı gösterilmiştir. Ayrıca, TW3 yöntemiyle ülkemizde yapılan bir çalışmada, 324 çocuk değerlendirilmiş ve kronolojik yaş ile kemik yaşı arasında her iki cinsiyette yüksek korelasyon olduğu saptanmış, toplumumuza özgü yaş atlası yapıncaya kadar TW3 yönteminin adli yaş tahminlerinde kullanılabileceği düşünülmüştür.<sup>257</sup>

TW standartları esas alınarak yapılan başka bir çalışmada ise, 7-17 yaş arası Çinli çocukların el bilek kemik gelişimlerinin İngiliz çocuklarına göre 6 ay ileri olduğu görülmüştür.<sup>258</sup>

Karşılaştırmalı çalışmalar bu yöntemin Greulich ve Pyle yöntemine göre daha doğru olmadığını fakat daha zaman alıcı olduğunu göstermiştir.<sup>28,259</sup>

İngiltere'de yapılan bir çalışmada 2-18 yaş arası olguların el bileği grafiplerinin incelenmesi sonucunda GP metoduna göre ortalama 0,14 yıllık, TW atlas yöntemine göre 0,01 yıllık bir sapma olduğu görülmüş ve İngiliz toplumu için TW atlas standartının geçerliliğinin daha fazla olduğu belirtilmiştir.<sup>232</sup>

#### **2.4.2.1.1.3. Gök Atlası**

Gök ve ark. tarafından 1985 yılında hazırlanan bu atlas, GP atlasından uyarlanarak oluşturulmuş ve ülkemizde kemik yaşı tahmininde sıklıkla kullanılmaktadır.<sup>260</sup>

Kemiklerden; genellikle 1-22 yaş arasında, ayrıca 25, 40 ve 50 yaşlarında yaş tahmini yapılabilir. Gök atlası ile el-el bilek kemiklerine ek olarak, humerus

başı, skapula, femur başı, radius ve ulna alt epifizi, iliak üst kenar, iskion alt epifiz hattı, patella, sakrum, koksiks ve sternum kemikleri birlikte değerlendirilerek güvenilirlik artırılmaya çalışılmıştır.<sup>49</sup>

Ülkemizde 2001-2003 yılları arasında yapılmış bir çalışmada Gök atlasına göre kronolojik yaş ve kemik yaşı arasında, 15-19 yaşlarındaki erkeklerde ve 11-18 yaşlarındaki kadınlarda 1 yıldan fazla fark olduğu belirtilmiştir.<sup>260</sup>

Ülkemizde yapılan bir başka çalışmada; 1998-2005 yılları arasında, 115 olgu değerlendirilmiş, Gök atlası kullanılarak, radyolojik inceleme ile kronolojik yaş ve kemik yaşı arasında uyum veya farklılığa bakılmış, 13-22 yaş grubunda %48 oranında kronolojik yaşına göre ileri düzeyde kemik gelişimi, %30 oranında kronolojik yaşına göre geri kalmış kemik gelişimi, %22 oranında ise kronolojik ve kemik yaşı uygunluğu olduğu bulunmuş, bu çalışmanın sonucunda, bu yöntemin gerçek yaşa yakın kemik yaşını verebildiği ancak 1-2 yıllık farklılık gösterdiğinden, sosyoekonomik, coğrafi değişiklikleri ve kültürel, genetik, ırksal değişikliklerden dolayı kendi ülke standartlarımıza göre bir yaş tahmini atlasının gerekli olduğu belirtilmiştir.<sup>261</sup>

#### **2.4.2.1.1.4. Gilsanz&Ratib (GR) Atlası**

GR atlası iskelet gelişimini daha etkin ve objektif bir şekilde değerlendirmek amacıyla 2005 yılında geliştirilmiş bir dijital atlasıdır. Sağlıklı çocukların el grafilerindeki kemik dansitesi, şekil ve boyutunun detaylı analizleriyle yaşa ve cinsiyete göre dijital görüntüler oluşturulmuştur. GP atlasına göre daha hassas ve görüntü kalitesinin daha iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca GR atlasında, 2-6 yaşlar 6 aylık dönemler şeklinde, 7-17 yaşlar ise 1 yıllık dönemler şeklinde incelenmiştir.<sup>93</sup> Çelişkili çalışma sonuçlarına rağmen GR atlasının, GP atlasının yerine kullanılabileceğini belirten yazarlar bulunmaktadır.<sup>262</sup>

#### **2.4.2.1.1.5. Thiemann-Nitz Atlası**

Thiemann-Nitz atlas yöntemi 1977 yılında, yakın zamanda yapılan çok sayıda çalışmaya dayandırılmıştır.<sup>259</sup> Yöntem eski Demokratik Almanya Cumhuriyetinde bulunan 20 ayrı tıp enstitüsünde 0-18 arası yaşlarda 5200 sağlıklı çocuk ve adolesandan alınan el radyografilerinin incelenmesi ile oluşturulmuştur.<sup>259,263</sup> Boy ve kiloları mevcut standart tablolara göre 2 standart sapma sınırları içerisinde olan vakalar seçilmiştir. Bu

durum Greulich-Pyle yöntemine göre çalışma tasarımı açısından daha avantajlı olarak değerlendirilmektedir.<sup>263</sup>

Thiemann ve ark. tarafından geliştirilen bu atlas yöntemi özellikle Almanca konuşulan ülkelerde Greulich-Pyle yöntemine göre daha sık kullanılmaktadır. Atlasın 1986, 1991 ve 2006 yıllarında 3 baskısı yayınlanmıştır. Yöntem 2006 tarihli son baskısında güncelleştirilmiş ve adli tıp uygulamaları için uyarlanmıştır. Thieman Nitz atlası 1 yaşına kadar 3 ay aralıklarla, 14 yaşına kadar 6 ay aralıklarla ve 18 yaşına kadar en çok 12 aylık aralıklarla standart olgunlaşma derecelerini gösteren X-ray görüntülerini içermektedir. Burada da kızlar lehine ortalama 1 yaş gelişme farkı izlenmektedir. Her X-ray görüntüsünün şematik ve kısaca metin olarak tanımlanmasının yanı sıra her bir metakarpın boyutlarının ortalama ve standart sapması eklenmiştir. Greulich ve Pyle yaş aralıklarının standart sapması 0,6-1,1 yıl olarak belirlenmiş iken Thiemann-Nitz yönteminin yaş aralığı açısından standart sapması 0,2-1,2 yıl olarak belirlenmiştir.<sup>263</sup>

#### **2.4.2.1.2. Dişlerin Radyolojik Muayenesi**

Adolesanlarda ve genç erişkinlerde diş yaşı tahmini için ana kriterler üçüncü molar dişlerin erüpsiyonu ve mineralizasyonudur. Erüpsiyon, diş mineralizasyonundan farklı olarak klinik muayene ve/veya diş röntgenlerinin değerlendirilmesi ile belirlenebilen bir gelişimsel morfoloji parametresidir. Erüpsiyon, dişin alveolar kriptlerdeki oluşumundan tam oklüzyona kadar olan süreci ifade etmektedir.<sup>57</sup> Olze ve ark. (2007), geleneksel ortopantomogramlardan elde edilen kanıtlara dayalı olarak üçüncü molar dişin erüpsiyon evrelerini tanımlamıştır.<sup>264</sup>

Evre A: Alveolar kemikle kaplı oklüzal düzlem.

Evre B: Alveolar ortaya çıkış; alveolar kemiğin oklüzal düzlemde tamamen emilmesi.

Evre C: Gingival ortaya çıkış; en az bir diş ucu tarafından dişetin penetrasyonu.

Evre D: Oklüzal düzlemde tam çıkış.

Olze ve ark. (2007), Alman, Japon ve Güney Afrika popülasyonlarında üçüncü molar erüpsiyonun kronolojik seyrini analiz etmiş ve karşılaştırmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda tanımlanan erüpsiyon evrelerinin, Güney Afrika popülasyonunda Alman popülasyonuna göre daha erken yaşlarda; Japon örneğinde ise Alman popülasyonuna göre daha sonraki yaşlarda meydana geldiği bulunmuştur. A ve B evrelerindeki

erkeklerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Adli yaş tahmini amacıyla üçüncü molar erüpsiyon değerlendirilirken popülasyona özgü referans verilerin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.<sup>264</sup>

Diş mineralizasyonunu değerlendirmek için de çeşitli sınıflandırmalar geliştirilmiştir.<sup>61-65</sup> Bu çalışmalar evre sayısı, her evrenin tanımı ve sunum açısından farklılıklar göstermektedir. Bir yaş tahmininin geçerliliği büyük ölçüde kullanılan sınıflandırma yöntemine bağlı olduğundan, uygulayıcıların en uygun olanı seçmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Olze ve ark.'nın (2005);beş temel sınıflandırma türü olan Gleiser ve Hunt (1955), Demirjian ve ark. (1973), Gustafson ve Koch (1974), Harris ve Nortje (1984) ve Kullman ve ark. (1992) tarafından kullanılan yöntemlerin geçerliliğini değerlendirdiği çalışma sonucunda bu yöntemlerden en doğru sonuçların Demirjian'ın sınıflandırma sistemi izlenerek elde edildiğini ortaya konmuştur.<sup>265</sup>

Demirjian sınıflandırmasında 8 evre bulunmaktadır (Şekil 4):<sup>65</sup>

Evre A: Cusp(tüberkül) uçları mineralizedir ancak henüz birleşmemiştir.

Evre B: Mineralize uçlar birleşmiştir, bu nedenle olgun koronal morfoloji iyi tanımlanmıştır.

Evre C: Kronun yaklaşık yarısı oluşmuş; pulpa odası belirgindir ve dentin birikimi meydana gelmektedir.

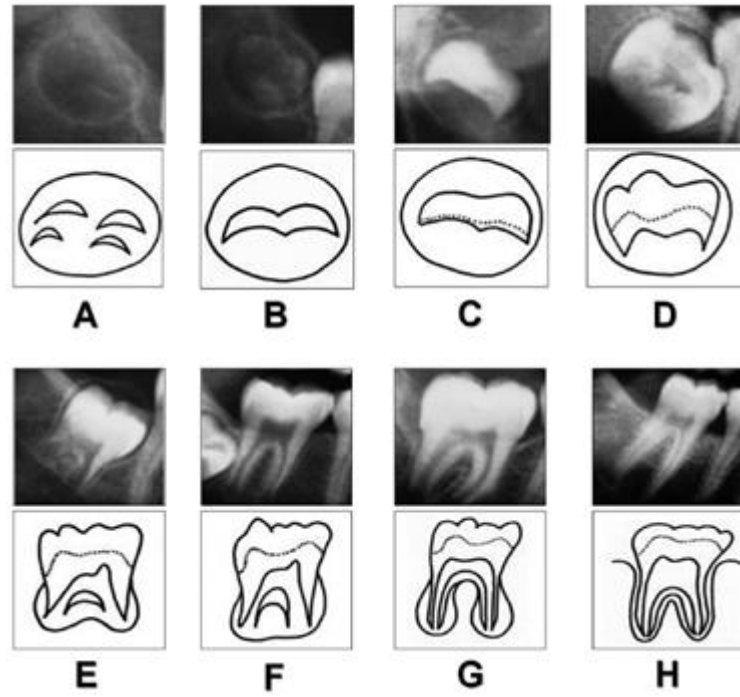
Evre D: Kron oluşumu dentoenamel birleşimine kadar tamamlanmıştır. Pulpa odası trapezoidal bir forma sahiptir.

Evre E: Kökler arası çatallanma oluşumu başlamıştır. Kök uzunluğu taç uzunluğundan daha azdır.

Evre F: Kök uzunluğu en az taç uzunluğu kadardır. Köklerin huni şeklinde sonları vardır.

Evre G: Kök duvarları paraleldir, ancak uçlar açık kalır.

Evre H: Köklerin apikal uçları tamamen kapalıdır ve periodontal membran kökün etrafında üniform bir genişliğe sahiptir.



**Şekil 4.** Demirjian'ın 3. molar diş mineralizasyonu evrelemesi<sup>226</sup>

Demirjian'ın sınıflandırması, sadece gözlemci uyumu için değil, aynı zamanda tahmini ve gerçek yaş arasındaki korelasyon için de en iyi sonuçları vermiştir. Bunun, Demirjian'ın sınıflandırmasını, spekülatif uzunluk tahminlerinden bağımsız olarak tanımlanmış yeterli sayıda aşamaya dayanmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir. u durum, üçüncü molar dişlerinin mineralizasyonunun adli yaş tahmini amacıyla değerlendirilmesinde Demirjian'ın geliştirdiği yöntemin kullanılması gerektiği sonucunu doğurmaktadır.<sup>226</sup>

Odontolojik yöntemlerle yaş tahmini konusunda önemli bir soru, bir yanda Beyaz Kuzey Amerikalılardan ve diğer yanda Orta ve Kuzey Avrupalılardan elde edilen geleneksel olarak kullanılan referans verilerinin diğer etnik grup üyelerine de uygulanıp uygulanamayacağıdır. Üçüncü molar dişin mineralizasyonu konusunda karşılaştırmalı çalışma sayısı oldukça azdır. Gorgani ve ark. (1990), 6-14 yaşları arasındaki siyah ve beyaz ABD vatandaşlarını karşılaştırdıkları çalışmada siyah deneklerin üçüncü molar dişlerin taç mineralizasyonunu bir yıl önce tamamladığını bildirmiştir.<sup>266</sup> Harris ve McKee (1990), 3,5-13 yaşları arasındaki siyah ve beyaz ABD vatandaşını karşılaştırdıkları çalışmada siyah deneklerin üçüncü molar mineralizasyonunun daha erken aşamalarına yaklaşık bir yıl önce ulaştığını, aradaki sürenin sonraki aşamalarda

daraldığını belirlemiştir.<sup>267</sup> Bu eğilim Mincer ve ark.'nın (1993) çalışmalarıyla doğrulanmıştır. 14-25 yaşları arasındaki siyah ve beyaz ABD vatandaşı denekler arasında üçüncü molar mineralizasyonu için zaman çerçevesinde önemli bir farklılık saptanmamıştır.<sup>268</sup>

Alman, Japon ve Güney Afrika popülasyon örneklerinde üçüncü molar mineralizasyonun değerlendirildiği karşılaştırmalı bir çalışmada 3652 konvansiyonel ortopantomogram, Demirjian'ın evrelemesi bazında değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda incelenen popülasyonlar arasında üçüncü molar mineralizasyonun D-G evrelerinin elde edildiği yaşlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğu belirtilmiştir.<sup>269</sup>

#### **2.4.2.2. Bilgisayarlı Tomografi (BT)**

Bir kişinin 18 yaşına ulaşp ulaşmadığı sorusunu yanıtlamak için, klavikulanın medial epifizinin kemikleşme durumunu değerlendirmenin yararlı olduğu bilinmektedir, çünkü incelenen diğer gelişim sistemleri o yaşa kadar büyümelerini tamamlamış olabilmektedir. Geleneksel sınıflandırma sistemleri, klavikula ossifikasyonunu dört aşamaya ayırmıştır.<sup>270,271</sup>

Evre 1: ossifikasyon merkezi kemikleşmemiş;

Evre 2: ossifikasyon merkezi kemikleşmiş, epifiz plağı kemikleşmemiş;

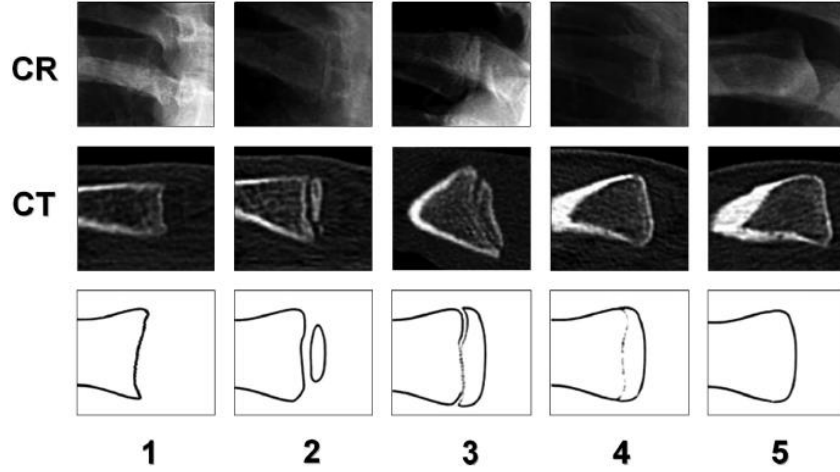
Evre 3: epifiz plağı kısmen kemikleşmiş;

Evre 4: epifiz plağı tamamen kemikleşmiş.

Schmeling ve ark. (2004), total epifiz füzyonu evresini iki ek aşamaya ayırmıştır:<sup>5</sup>

Evre 4: epifiz plağı tamamen kemikleşmiştir ve epifiz skarı görünür;

Evre 5: epifiz plakası tamamen kemikleşmiştir ancak epifiz skarı artık görünmez (Şekil 5).



Şekil 5. Klavikula medial epifiz ossifikasyon evrelemesi<sup>226</sup>

Yaşayan bireylerde medial klaviküler epifizini incelemek için olası yaklaşımlar, geleneksel radyografi, BT ve son dönemde sunulan yeni yaklaşımlar olan MRG ve ultrasonografidir.<sup>226</sup>

Kreitner ve ark. 1997 ve 1998'de klavikulanın medial epifizyal ossifikasyonunun dört aşamalı bir şema uygulanarak değerlendirildiği ilk BT tabanlı çalışmalarını yayınlamıştır. Ancak bu çalışmalar sonuçları cinsiyete göre ayırmadığından adli değerleri sınırlıdır.<sup>54,103</sup>

2005 yılında Schulz ve ark. tarafından yürütülen ve cinsiyete göre ayırım yapılan daha fazla vaka ve sonuç sunan bir BT çalışmasında, Schmeling ve ark.'nın (2004) beş aşamalı sınıflandırması kullanılmıştır. Evre 2 ilk olarak 15 yaşında tespit edildiği, evre 3'ün en erken kadınlarda 16 yaşında ve erkeklerde 17 yaşında görüldüğü, evre 4'ün ilk olarak 21 yaşında her iki cinsiyette de görüldüğü kaydedilmiştir. Evre 5'in ise ilk olarak 21 yaşında kadınlarda ve 22 yaşında erkeklerde görüldüğü ve bunun geleneksel radyografik çalışmalarda bildirilenden 4 veya 5 yıl daha erken olduğu belirtilmiştir. Yine bu çalışmada 1 mm'den daha büyük kesit kalınlığına sahip BT taramalarının klavikula kemikleşme durumunun yanlış yorumlanmasına neden olup olmadığı sorusu gündeme getirilmiş ve ek çalışmalarda kesit kalınlığının kemikleşme evrelerinin yaş aralıkları üzerindeki etkisinin incelenmesi önerilmiştir.<sup>272</sup>

Kesit kalınlığının klaviküler kemikleşmenin evrelerini değerlendirme üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada, Mühler ve ark. (2006) yaş teşhisi kapsamında incelenen 40 kişinin BT'lerini geriye dönük olarak incelemiştir. Yazarlar, maksimum doğruluk ve

tanı güvenilirliği sağlamak için yaş tahmini amacıyla kesit kalınlığının 1 mm olması gerektiği sonucuna varmışlardır.<sup>273</sup>

Kellinghaus ve ark. (2009) ince kesitli bir BT çalışmasından elde edilen verileri yayınladıkları bir çalışmada bulguların medial klaviküler epifizin geleneksel radyografi çalışmasından elde edilen verilerle tutarlı olduğu bildirilmiştir.<sup>274</sup>

Kellinghaus ve ark.'nın (2010) ince kesitli BT taramalarını değerlendirdikleri başka bir çalışmada ise Schmeling ve ark.'nın önerdiği 5 aşamalı evreleme sistemindeki evre 2 ve evre 3; erken, orta ve geç olmak üzere üçer aşamaya daha ayrılmıştır. Böylece klavikula medial epifiz ossifikasyonu için 9 aşamalı bir evreleme sunulmuştur.<sup>6</sup>

Schulz ve ark. (2008), ceza soruşturması yapılan bireylerde adli yaş değerlendirmesi için kullanılan geleneksel göğüs PA radyografilerini ve sternoklaviküler eklemlerin BT taramalarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Yöntemler arasındaki uyumla ilgili olarak, hem radyografi hem de BT, 99 klaviküler epifizden 97'sinde aynı evreleme sonuçları vermiştir. Ancak iki vakada ossifikasyon BT ile evre 2 ve konvansiyonel radyografi ile evre 3 olarak sınıflandırılmıştır. Bu nedenle, adli yaş tahmini uygulamasında, geleneksel radyografi ile kemikleşme evresi sınıflandırması için geleneksel radyografik referans çalışmalarının kullanılması ve bilgisayarlı tomografi ile kemikleşme evresi sınıflandırması için BT referans çalışmalarının kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.<sup>275</sup>

Yaşayan bireylerde adli yaş tahminleri için, gerekli görüntüleme muayenesinden kaynaklanan radyasyona maruz kalma önemli ölçüde azaltılabileceğinden, medial klaviküler epifiz kırıkdağının görüntülenmesi için iyonize olmayan prosedürlerin kullanılması tercih edilmektedir. Bu nedenle MR ve USG ile yapılan çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.<sup>226</sup>

#### **2.4.2.3. Ultrasonografi (USG)**

Yıllar içinde önemli ölçüde gelişen diğer görüntüleme modaliteleri, artık kemik yaşının değerlendirilmesi için her yerde bulunan radyografiye göre bazı avantajlar sunmaktadır. Bunlardan biri ultrasonografidir, en büyük avantajı hastayı herhangi bir iyonize radyasyona maruz bırakmamasıdır, ki bu bir hastada ardışık kemik yaş değerlendirilmesi gerektiğinde önemlidir. Bu nedenle USG dahil olmak üzere farklı kemik yaş tahmini yöntemleri oluşturmak için bazı çalışmalar yapılmıştır.<sup>40</sup>

Anterior femur başı kırıkta kalınlığının ultrasonografik değerlendirmesine ilişkin bir çalışmada, çocuğun kronolojik yaş ve kemik yaşı, ayakta durma yüksekliği ve vücut ağırlığı ile güçlü korelasyon gösterdiği raporlanmıştır.<sup>44</sup> İliak krest apofizinin (Risser işareti) ossifikasyonunun ultrasonik muayenesi de çalışılmış ve el röntgeni muayenesi ve GP değerlendirmesine kıyasla yüksek doğruluk, özgüllük ve duyarlılık göstermiştir.<sup>45</sup>

12-30 yaşlarındaki olguların sağ klavikularının ultrasonografi ile değerlendirildiği prospektif bir çalışmada, 84 olgunun medial klavikular epifizinin 80'inde ossifikasyon derecesinin sınıflandırmasının yapılabildiği, geriye kalan 4 olgunun sınıflandırmasının yapısal anomalilerden dolayı yapılamadığı, sonuç olarak bu çalışmanın vakaların büyük çoğunluğunda doğru sonuçlar verebileceği belirtilmiştir.<sup>104</sup>

Bu çalışmaların yazarlarının çoğu, araştırılan USG yöntemlerinin el röntgenine kıyasla iyi doğrulukta olduğu sonucuna varmasına rağmen, günlük pratikte USG bazlı kemik yaşı değerlendirmesi nadiren kullanılmaktadır. Bunun nedeni muayenenin eğitilmiş bir uzman tarafından yapılması gerekliliği veya belirli bir cihaza ihtiyaç olması, aynı zamanda bir röntgenden daha fazla zaman almasıdır.<sup>276</sup>

Kemik yaşı değerlendirmesinde USG'nin faydasını araştıran çoğu çalışmanın nispeten küçük hasta grupları üzerinde yapıldığı göz önüne alındığında, USG incelemesinin klinik faydası henüz kanıtlanmamıştır. Ancak gelecekte USG'nin, kemik yaşı değerlendirmesi sırasında çocukların iyonize radyasyona maruz kalmasının tamamen ortadan kaldırılmasını sağlayabilecek avantajlı bir yöntem olabileceği düşünülmektedir.<sup>276</sup>

#### **2.4.2.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)**

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile kemik yaşı değerlendirmesi alanındaki ilk araştırma, 2007 yılında erkek futbol oyuncularının gereksiz radyasyona maruz kalmadan yaşını tahmin etmek için uygun bir araç bulmak amacıyla yapılmıştır.<sup>19</sup>

2012 yılında Terada ve ark. MRG incelemesine dayanarak kemik yaşı değerlendirmesi için bir teknik bildirmiştir. Bu yeni teknikte kemik yaşı, bir çocuğun elinin ve bileğinin değerlendirilmesi için optimize edilmiş açık, kompakt, yeni tasarlanmış bir MR görüntüleyicisi kullanılarak belirlenmiştir ve Japon nüfusu için uyarlanmış Tanner-Whitehouse sistemini kullanan iki değerlendirici tarafından

puanlanmıştır. Bu yöntemin değerlendirilmesi, 93 sağlıklı Japon çocuk grubunda yapılmış olup kemik yaşı ve kronolojik yaş arasında güçlü bir pozitif korelasyon gösterilmiştir. Çalışmanın intraobserver ve interobserver tekrarlanabilirlik oranları anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.<sup>277</sup> 2014 yılında bu yöntemin performansını iyileştirmek için aynı yazarlar tarafından kemik yaşını değerlendiren üç değerlendirici ile 88 sağlıklı çocuktan oluşan bir grup üzerine yapılan bir başka çalışma bu yöntemin güvenilirliğini ve geçerliliğini doğrulamıştır. Bununla birlikte, MRG'nin bir dezavantajı, gerçekleştirilecek uzun bir süre ve bu süreçte hareketsiz durmayı gerektirmesi nedeniyle küçük çocuklar için uygun olmamasıdır.<sup>278</sup>

Tomei ve ark.'nın 2014 yılında yayınlanan çalışmasında; 11-16 yaşları arasındaki 179 sağlıklı çocukta el ve bilek MRG'leri yapılarak kronolojik yaş ile korelasyon analiz edilmiş olup MRG ile kemik yaşı değerlendirmesinin uygulanabilir ve interobserver tekrarlanabilirliğinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.<sup>279</sup>

2017 yılında kemik yaşı değerlendirmesinde MRG'nin kullanımı ile ilgili olarak yayınlanan başka bir çalışmada Hojreh ve ark., tümü adolesan olan 50 sağlıklı gönüllü ve 10 hastaya (sırasıyla  $15 \pm 2$  yaş ve  $13,5 \pm 2,6$  yaş) el MRG ve X-ray incelemeleri yapmış ve her iki muayeneyi de GP kriterlerine göre değerlendirmiştir. Bu çalışmada, GP'ye göre değerlendirilen radyografiler ve MRG'lerde hastaların tahmini yaşları arasındaki korelasyonun yüksek olduğu ve MRG'ler ve radyografiler arasındaki ortalama tahmini yaş farkının  $-0,05/-0,175$  yıl olduğu ortaya konmuştur. Bununla birlikte, bu yöntemin yararlılığını doğrulamak için daha büyük, çok merkezli çalışmalar gerektiği sonucuna varılmıştır.<sup>280</sup>

### **2.4.3. Bilgisayar Destekli Sistemler ile Büyüme-Gelişmenin Değerlendirilmesi**

#### **2.3.3.1. Otomatize Yöntemler**

Kemik yaşı değerlendirmesinde GP metodunun subjektif, TW metodunun karmaşık olması sebebiyle daha hızlı, kesin ve objektif analizlerinin yapılmasına olanak sağlayacak bilgisayar yazılımları geliştirilmek istenmiştir. Araştırmacılar bilgisayar yazılımları ile dijital görüntülerin avantajlarından faydalanarak daha objektif sonuçlar elde edebilmeyi hedeflemiştir.<sup>29</sup>

Kemik yaşı değerlendirmesi için TW yöntemine dayalı olarak geliştirilmiş bilgisayarlı sistemlerden biri, bir görüntünün sayısallaştırıldığı ve çeşitli matematiksel katsayılarla temsil edildiği bilgisayar destekli iskelet yaşı puanıdır (computer-assisted skeletal age score-CASAS).<sup>281</sup> Bu katsayılar daha sonra TW standartlarının her aşaması tarafından retilenlerle karşılaştırılır ve en yakın eşleşme belirlenir. CASAS'ın manuel yöntemlerden daha güvenilir olduğu bildirilmiştir.<sup>282,283</sup> Ancak CASAS'ın bir sınırlaması, her kemiğin manuel olarak yerleştirilmesi gerektiğinden, kemik yaşı değerlendirmesinin manuel yöntemlerden daha uzun srebilmesidir.<sup>284</sup>

Alternatif olarak, Sato ve ark. Japon ocukların kemik olgunlaşmasını otomatik olarak değerlendirebilen TW yöntemine dayalı olmayan yeni bir sistem olan bilgisayar destekli iskelet olgunluk sistemini (computer-aided skeletal maturity system-CASMAS) rapor etmişlerdir. CASMAS'ta, üçüncü falanksların dijital görüntüleri, bir el ve bilek radyografisinin bilgisayarlı taramalarından otomatik olarak çıkarılır ve üçüncü falankslardaki epifizlerin, metafizlerin ve st üste binen epifiz ve metafiz bölgelerinin genişlikleri otomatik olarak ölçülür. Sonuçlar daha sonra çoklu regresyon analizi ile kemik yaşını hesaplamak için kullanılır.<sup>285</sup>

2009 yılında BoneXpert (Visiana, Danimarka) adı verilen başka bir otomatik yöntem geliştirilmiştir.<sup>286</sup> BoneXpert'te, 13 RUS kemiğinin (radius, ulna ve parmak 1, 3 ve 5'teki 11 kısa kemik) sınırları otomatik olarak sayısallaştırılmış bir görüntüden (Layer A) belirlenir ve şekil puanları, kemik yoğunluğu skorları ve büyüme plakasındaki füzyonun dokusunu tanımlayan zellikler (Layer B) gibi parametrelerden intrensek kemik yaşı hesaplanır. 1966'da normal Danimarkalı ocuklar Layer B gelişimine katılmıştır. İntrensek kemik yaşı daha sonra GP kemik yaşına veya TW kemik yaşına (Layer C) dönüştürülür. Farklı çalışmalarda bu sistemin, kısa boy<sup>287</sup> ve erken ergenlik<sup>288</sup> olan Kafkas ocuklarında doğrulanmış ve Japon ocukların standartlarına göre kalibre edilerek çeşitli etnik gruplar için kullanılabilirliği gösterilmiştir.<sup>289</sup>

Bir başka otomatize yöntem olarak, ultrasonografik inceleme yapan bir cihaz ve bu incelemeye dayanarak kemik yaşını hesaplayan bir yazılımdan oluşan BonAge® (Sunlight Medical Ltd, Tel Aviv, İsrail) geliştirilmiştir.<sup>284</sup> BonAge®, ultrasonik bir dalga deneğin distal radiusundan ve ulnar epifizinden geçerken bileğin kemikleşen kıkırdak yapılarını ölçmektedir. Üreticiye göre BonAge®, çocukları ve ergenleri

iyonize X-ray radyasyonuna maruz bırakmadan yerinde, okunması kolay, anında sonuçlar sağlamaktadır ve ayrıca objektif ve güvenlidir olduğu düşünülmektedir. Muayene süresinin yaklaşık beş dakika olması avantajlarından biridir, ancak uygulanmasının küçük çocuklarda sorun olabileceği belirtilmektedir.<sup>33</sup>

Bu aletin hassasiyetini değerlendirmek için yapılan çalışmalar arasında; BonAge® muayenelerinin sonuçlarının, GP veya TW2 yöntemi kullanılarak yapılan kemik yaşı tahminleriyle korelasyon gösterdiğini bildirenler<sup>52,290</sup> olmasına karşın, Khan ve ark.'nın daha fazla sayıda hasta üzerinde yaptığı daha yakın tarihli bir çalışmada, BonAge®'in gecikmiş kemik yaşını daha büyük yorumlama ve gelişmiş kemik yaşını daha küçük yorumlama eğilimi gösterdiği bildirilmiştir. Bu nedenle yazarlar, ultrasonografik değerlendirmenin radyografik kemik yaşı değerlendirmesi için geçerli bir alternatif olarak henüz dikkate alınmaması gerektiği sonucuna varmıştır.<sup>238</sup>

#### **2.4.3.2. Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi**

Yapay zeka ve makine öğrenmesinin, özellikle derin öğrenme olarak bilinen belirli makine öğrenmesi türünün kullanımıyla, kemik yaşı değerlendirmesini otomatikleştirmenin yeni olanakları ortaya çıkmıştır. En popüler kullanım, BT görüntülemelerde interstisyel akciğer hastalığı paternlerinin tespiti veya fundus fotoğraflarında insan gözünün vasküler ağının bölümlere ayrılması gibi alanlarda halihazırda uygulama bulmuş olan “yapay sinir ağları”dır.<sup>276</sup> Son yıllarda bu alanda büyük ilerleme kaydedilmiş ve yapay sinir ağları kullanılarak kemik yaşı değerlendirmesinin otomasyonunu bildiren çok sayıda yayın yapılmıştır.<sup>291-293</sup>

Zhang ve ark., 0-7 yaş arası 205 bireyde kemik yaşı tespiti için karpal kemikler üzerinde bulanık mantık ile çalışmışlardır. Araştırma sonuçları el-bilek radyografileri üzerinde geliştirilen yöntem ile bu yaş grubundaki çocuklarda kemik yaşının değerlendirilmesinde karpal kemiklerin uygun olduğunu göstermiştir.<sup>230</sup>

Jantan ve ark. radius ve radiusun distali ile ilgili özellikleri çıkararak bulanık mantık tabanlı bir kemik yaşı değerlendirme sistemi sunmuşlardır. Sonuç olarak 14 yaş altı çocuklarda bu kemiklerin kemik gelişimini belirlemede önemli nitelikler olduğu kanısına varmışlardır.<sup>294</sup>

Hasaltın ve Beşdok, yapay sinir ağları kullanarak Türk bireylere ait kemik yaşı tespiti için yarı otomatik bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem ile 2-9 yaş arası 307 çocuğun karpal kemiklerini incelemişlerdir.<sup>295</sup>

2017'de Kuzey Amerika Radyoloji Derneği (Radiological Society of North America-RSNA), radyoloji için yapay zeka araçlarının oluşturulmasını teşvik etme çabalarının bir parçası olarak pediatrik el radyografilerinden kemik yaşı değerlendirme için bir yarışma düzenlemiştir.<sup>296</sup> RSNA 2017 Makine Öğrenimi Yarışmasının amacı, pediatrik el radyografilerini kullanarak kemik yaşı en doğru şekilde belirleyebilen bir algoritma geliştirmektir. 4.265 aylık ortalama mutlak sapma ve 0.991 uyum korelasyon katsayısı ile yarışmada birinci olan Pediatrik Kemik Yaşı Hesaplayıcı, 16Bit şirketinin web sitesinde ücretsiz olarak bulunmaktadır. Ancak uygulamanın kesinlikle gösterim amaçlı olduğu ve klinik karar verme için kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir.<sup>297</sup> Bununla birlikte bir grup Kanadalı araştırmacı, 213 erkek ve 213 kadın hastadan oluşan bir gruba GP atlasını kullanarak kemik yaşı değerlendirmesi yapmış ve sonuçlarını bu programın sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Bu iki yöntemle değerlendirilen kemik yaşları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ve 16Bit tarafından oluşturulan uygulamanın klinik kullanıma uygun olduğu sonucuna varılmıştır.<sup>298</sup>

#### **2.4.4. Histolojik Yöntemler**

Postmortem yaş tahmininde histomorfolojik (hücre yapısındaki morfolojik değişiklikler), histopatolojik (hastalıklı dokunun histolojik incelenmesi) ve histokimyasal (hücrelere veya dokulara kimyasal maddeler uygulandıktan sonra hücredeki maddeleri hücre ve doku düzeyinde ayırt etmeye yarayan teknikler) yöntemler üzerinde pek çok çalışma mevcuttur.<sup>29</sup>

Ölen kişinin kimliğini belirlemek için kullanılan çeşitli histolojik yaş göstergeleri vardır. Kemiklerin histolojik değerlendirmesini içeren yöntemler kemiklerin destrüksiyonunu gerektirmektedir, bu nedenle bu yöntemlerin canlıda kullanılması uygun değildir.<sup>188</sup>

Antropologlar tarafından iskelet yaşı tahmin etmek için giderek artan bir şekilde kemik histomorfometrisi kullanılmaktadır. Histomorfometrik yaş tahmin yöntemleri ilk olarak 1960'larda geliştirilmiştir, ancak iskelet fizyolojisindeki değişiklikler ve

paradigma kaymaları önemli gelişmelere yol açmıştır. Kemik histolojisi, mikroskop kullanılarak incelenen çok ince kemik kesitlerinin hazırlanmasını gerektirmektedir. Lameller kemik bireyin yaşamı boyunca remodeling süreci sayesinde yeniden düzenlenir ve korunur. Bu durum, ikincil osteonlar olarak bilinen, Kemik Yapısal Birimleri (Bone Structural Units- BSU) olarak adlandırılan bireysel remodeling birimleri aracılığıyla sağlanmaktadır.<sup>3</sup>

Çoğu histomorfometrik yaklaşım, birim alan başına tam bozulmamış osteonların sayısının ve osteon fragmanlarının (yenileri oluşturulduktan sonra kısmen emildikten sonra kalan eski osteon bölümlerinin) bir fonksiyonu olan osteon popülasyon dansitesinin (OPD) belirlenmesini içermektedir. Bazı yöntemlerde, kalan birincil lameller kemik miktarı ve birincil damar kanallarının sayısı da dahil olmak üzere diğer yapılar ve özellikler de dikkate alınmaktadır. Zamanla yeterli yeniden şekillenme ile, maksimum OPD'ye ulaşılır, böylece OPD artık yaşla birlikte artmaz. Bu maksimum OPD'ye ulaşırsa, tahminler yalnızca bireyin belirli bir yaştan daha büyük olduğunu gösterebilir. Bu maksimum OPD, daha küçük kemikler (örneğin, kostalar) için yaşamın erken dönemlerinde elde edilirken femur gibi daha büyük bir kortikal alana sahip kemiklerde, normal insan ömrü boyunca sadece korteksin izole edilmiş cepleri bu maksimuma ulaşabilmektedir. Yeniden şekillenme oranları iskelet elemanına göre değiştiğinden, çoğu yöntem kemiğe özgüdür ve femur, tibia, humerus, fibula, ulna, metakarpalar, kaburgalar ve klavikula için geliştirilmiş ayrı yöntemler bulunmaktadır; iskelet elemanı, popülasyon demografisi, magnifikasyon, örnekleme alanı ve özelliklerin tanımları açısından belirli bir yönteme bağlı kalmak önemlidir.<sup>3</sup>

Histomorfolojik yöntemlerle, kas fiber tipleri ve myozin zincirine göre çeşitli kas gruplarından yaş tahmini yapılmaya çalışılmaktadır.<sup>29</sup>

Histopatolojik yöntem olarak kemik iliği hücrelerin gelişimi baz alınarak yaş ile geçirdikleri değişimler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Kemik iliğinde öncelikle hematopoietik hücrelerin oranı yüksek iken zamanla yaş ilerledikçe yağ dokusunun oranı artmaktadır. Kemik iliği sellülaritesinin yaş ile değişimi üzerine yapılan bir çalışmada; ilk dekatta sellülarite oranı yüksek izlendiği, altıncı dekada kadar düşüş gösterdiği bildirilmiştir. Ancak aynı dekatta bulunan farklı kişiler arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. Hatta aynı kişinin farklı kemiklerinde bile sellülarite oranında farklılık gözlemlendiği bildirilmiştir.<sup>24</sup>

Otopsi olguları üzerinde yapılan histokimyasal çalışmada, AgNOR (Gümüş-Nodeolar Organiser Region) yöntemiyle insan epidermis hücrelerinin proliferatif aktivitesine bakılmış olup, oluşturulan 4 ayrı yaş grubu arasında anlamlı farklılıklar bulunduğu kayıtlıdır. Mitotik aktivitenin fazla olduğu nükleolar bölgelerde gümüş tutulumu esasına dayanan bu yöntemde yaş gruplarına göre AgNOR ortalamaları sırasıyla; yenidoğanlarda (0-12 ay) 2.15, infantlarda (1-5 yaş) 1.89, erişkinlerde (25-35 yaş) 1.67 ve yaşlılarda (50 yaş ve üzeri) 1.46 olarak tespit edilmiş olup, artan yaşla birlikte gümüş tutulumunda azalma olduğu gösterilmiştir.<sup>9</sup>

Bu tür çalışmaların klinik uygulamada kullanılabilir dereceye gelmesi kesin yaş tahmini yapılamayan vakalarda büyük önem taşımaktadır. Ancak henüz yeni yöntemlerin kesin ve güvenilir verilerle standardizasyonunun yapılmamış olması nedeni ile hali hazırda metotlar önemini korumaktadır.<sup>2</sup>

#### **2.4.5. Moleküler Biyolojik Yöntemler**

Günümüz dünyasında genetik, tıbbi pratikte çok önemli bir rol oynamaktadır. Hastalıkların etiolojisinden tanı ve yönetimine kadar her aşamada genetik belirteçler baskın hale gelmiştir. Böyle bir senaryoda, genetik biliminin sonunda adli bilimlere ve özellikle kimliklendirmeyi içine almasının kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. Genetik, adli tıp uygulamalarında en önemli fonksiyonlarından biri olarak kabul edilen DNA eşleştirme dışında, artan bir şekilde yaş tahmini için de kullanılmaktadır. Moleküler biyologlar tarafından son yirmi yılda hem canlılarda hem de ölümlerde yaş tahmininin gerçekleştirilmesinde önemli çalışmalar ortaya konmuştur.<sup>188</sup>

Telomer kısalması olarak da adlandırılan terminal restriksiyon fragmanı (TRF) uzunluğu, bu amaç için kullanılan genetik belirteçtir. Hem insanlarda hem de diğer hayvanlarda uç replikasyon sorunları nedeniyle telomerlerin her hücre bölünmesi ile kıaldığı görülmüştür. Ayrıca, daha uzun yaşayan insanların daha kısa bir hayat yaşayan insanlardan daha uzun telomer uzunluklarına sahip olma eğiliminde olduğu da gösterilmiştir. Sonuç olarak, telomer uzunluğu, gerçekleşen hücre bölünmesi sayısını ve dolaylı olarak, kişinin yaşını işaret eden bir biyolojik saat olarak işlev görmektedir.<sup>188</sup>

İnsan vücudunun çeşitli dokuları, telomer kısalması kullanarak yaş tahmini için kullanılmıştır. Pankreas telomer kısalması yılda 36 baz çifti (bp) oranında

kaydedilmiştir.<sup>299</sup> Epidermiste, kısalma oranı 9 bp/yıl, dermiste 11 bp/yıl olarak bulunmuştur.<sup>300</sup>

Kan, belki de örnekleme kolaylığı nedeniyle incelenen en faydalı ortamdır. Tsuji ve ark. (2002), kan kullanılarak bir regresyon denklemi sunmuştur ( $Yaş = -0,0095y + 148,9$ , burada  $y$  = ortalama TRF uzunluğu).<sup>301</sup> Yine Ren ve ark. (2009), Çin popülasyonunda periferik kan lökositlerini kullanarak başka bir regresyon denklemi ( $Yaş = -16.539X + 236.287$  burada  $X$  = kb cinsinden ortalama TRF uzunluğu) önermiştir.<sup>302</sup>

Guan ve ark. (2007), kan kullanılarak Japon nüfusu için 77 bp/yıl ortalama telomer kısalması oranı bildirmiştir.<sup>303</sup>

Ju ve Rudolph (2006), telomer ve telomeraz aktivitesini ve bunların yaşlanma ve hastalıklarla ilişkilerini değerlendirmek için kök hücreleri kullanmıştır. Diş pulpasından elde edilen DNA'nın yaş tahmini için kullanılabileceği ancak bunun diş çekildikten sonra mümkün olması nedeniyle canlılarda yaş değerlendirmesi için pratik bir seçenek olmadığı da bildirilmiştir.<sup>304</sup>

Telomer uzunluğunun, yaşayan bireylerde yaş tahmini için en önemli parametrelerden biri olabileceği öngörülse de, diğer birçok özellik (cinsiyet ve etnik varyasyon gibi) arasındaki değişikliklere bakmak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.<sup>188</sup>

Yaş tahmini için moleküler genetik yöntemlerin ana avantajı, esas olarak, adli DNA parmak izi için bir kaynak olarak hizmet eden, DNA içeren herhangi bir dokuya uygulanabilmeleridir. Mitokondriyal DNA, nükleotid dizisinin yaşlanan bireylerde, daha yüksek nokta heteroplazmi yükü ve artan sayıda büyük ölçekli delesyon da dahil olmak üzere değiştiği bilindiğinden, bu açıdan araştırılacak ilk genetik belirteçlerden biri olmuştur. Mekanizmalar henüz iyi anlaşılmamış olmakla birlikte teknik zorluklar bulunduğu ve nükleotid dizisindeki değişikliklerin yaşla ilişkisi zayıf olduğu bildirilmektedir.<sup>137</sup> Daha önceki çalışmalarda 22 yıl gibi büyük tahmin hataları bulunurken<sup>305</sup>, 20 yıl ile ayrılmış yaş gruplarını kullanan kategorik yaklaşımlarda, kandaki belirli T hücresine özgü DNA yeniden düzenlemelerini ölçerek ortalama mutlak sapma  $\pm 9.7$  yıl gibi daha yüksek tahmin doğrulukları bulunmuştur.<sup>306</sup> Bununla birlikte, adli uygulamalarda kesin bir yaş tahminine izin veren daha doğru teknikler amaçlanmaktadır.

Daha doğru yaş tahmini için, epigenom çapında ilişkilendirme çalışmalarında artan yaşla ilişkili olarak global DNA metilasyon seviyelerinde önemli bir değişikliğin gözlemlendiği epigenetik alanından umut verici bir yöntem ortaya çıkmıştır.<sup>307</sup> Bir bireyin epigenetik kodu, gen ekspresyonunu modüle etmek için çevresel faktörlere (geniş anlamda) yanıt olarak yaşam süresi boyunca dinamik bir değişime uğrar. Ayrıca, gen ekspresyonunun insan yaşıyla korele olduğu bilinmektedir, ancak bu bilgiyi yakalamak ve ölçmek için hem DNA metilasyonu hem de mRNA genomu çapında teknikler, genellikle tipik adli numunelerde bulunmayan büyük miktarlarda nükleik asit gerektirir. Sadece küçük miktarlarda DNA (<100 ng) içeren adli numunelerde bu belirteçlerle yaş tahmin etmek için, hedeflenen mRNA ve CpG bölgesi tahlilleri geliştirilmiştir. Şu anda, CpG bölgelerini analiz etmek için en yaygın olarak izlenen yaklaşım, bisülfid dönüştürülmüş DNA'nın dizi analizidir; artan yaşla birlikte, sadece genom çapında DNA hipometilasyonu değil, aynı zamanda CpG adalarının bölgesel DNA hipermetilasyonu da gözlemlenmiştir.<sup>308</sup>

## 2.5. Etik Tartışmalar

Literatürde yazarlar arasında, klinik bir endikasyon olmaksızın yalnızca adli yaş tahmini amacıyla yapılan X-ray incelemeleri sonucu radyasyona maruz kalma nedeniyle meydana gelebilecek zararlı etkilerin olasılığı hakkında bir tartışma mevcut olduğu görülmektedir.<sup>309</sup>

Ellerin standart bir X-ray incelemesi sırasında maruz kalınan etkin dozun 0,1 microSievert ( $\mu\text{Sv}$ ), ortopantomogram durumunda 26  $\mu\text{Sv}$ , klavikula proksimal epifizlerinin X-ray incelemesinde 220  $\mu\text{Sv}$  ve sternoklaviküler eklemlerin BT incelemesinde 600-800  $\mu\text{Sv}$ , tam toraks BT incelemesi durumunda ise 6,6 mSv olduğu bildirilmektedir.<sup>310</sup>

Bazı yazarlar, X-ray incelemeleri için 10  $\mu\text{Sv}$ 'den daha az olan etkin yıllık doz miktarının ihmal edilebilir olduğunu ve doğal olarak meydana gelen radyasyona maruz kalmaya kıyasla adli yaş tahmini muayeneleriyle maruz kalınan dozlarının önemsizliğini vurgulamaktadırlar. Doğal olarak oluşan radyasyon maruziyetinden kaynaklanan etkin dozun, ortalama olarak Almanya'da yılda yaklaşık 1,2 mSv ve Hollanda'da yılda yaklaşık 2,0 mSv olarak hesaplandığı bildirilmektedir. Uçak personelinin, havada yüksek kalmanın bir sonucu olarak yılda ortalama 2000 mSv

kozmetik radyasyon aldığı belirtilmektedir. 12000 metre yükseklikte kıtalararası uçuştan kaynaklanan radyasyon maruziyeti saatte 0,008 mSv olarak hesaplanmıştır. Buradan kıtalararası bir uçuş durumunda maruz kalınan etkin radyasyon dozunun 2 ortopantomograma eşdeğer olduğu ve sternoklaviküler eklemlerin BT'sinin 3,5 aylık doğal olarak meydana gelen radyasyona maruz kalmaya eşdeğer olduğu sonucu çıkmaktadır. Bu karşılaştırmalara dayanarak, adli yaş tahmini için rutin X-ray incelemelerinin bir sonucu olarak sağlık riskinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu savunulmaktadır.<sup>311</sup>

Bununla birlikte, radyasyona maruz kalma konusunda doktorların bilmesi gereken radyasyonun yalnızca stokastik değil, stokastik olmayan zararlar da ürettiğidir. Stokastik olmayan etkiler 100 mSv'nin üzerinde görünür ve bu nedenle rutin radyolojik incelemede önemsizdir. Ancak stokastik olmayan etkilerin böyle bir eşiği yoktur ve dozla ilgili değildir, bu nedenle X-ray incelemeleri durumunda olası sonuçları dikkatle değerlendirilmelidir. Bazı yazarlar, stokastik olmayan bu etkilerin doğasında var olan bu zararın önemsizmesi gerektiği görüşündedir.<sup>312</sup>

Görünüşte ihmal edilebilir olsa da, radyasyona maruz kalmanın olası zararlı etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Adli yaş tahmininde, diğer tıbbi endikasyonlar olmadan röntgen muayenelerinin kullanılmasına ilişkin en doğru uygulama, muayene edilen tarafından alınan etkin radyasyon dozunu en aza indirmek amacıyla muayenelerin gereksiz tekrardan kaçınmak, gerekli minimum incelemeleri uygulanmak yönünde olmalıdır. Ayrıca testlerin farklı hekimler tarafından farklı tarihlerde gereksiz yere tekrarlanmasından kaçınmak için ulusal kayıtların detaylandırılması ve hekimlerin erişimine açık olması önerilmektedir.<sup>55</sup>

### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 2 Nisan 2021 tarih ve 110 nolu toplantısında Karar No.9 ile araştırma etiği yönünden uygun bulunmuştur.

Çalışmamızda Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Hastanesi polikliniklerine Ocak 2011-Aralık 2020 tarihleri arasında herhangi bir nedenle sağlık hizmeti almak amacı ile başvuran yaşları 7 ile 26 yaş arasında değişen hastaların ayak bilek eklemi MR görüntüleri retrospektif olarak değerlendirildi. Olguların ayak bilek MR görüntülerine başvuru tarihi ve yaş sınırlamasına göre hastane bilgi işlem biriminden alınan 637 hastanın dosya numaraları üzerinden ulaşılmıştır. Olguların klinik bilgileri HBYS (hastane yönetim sistemi) dosyaları üzerinden değerlendirilerek, kemik gelişimini etkileyen endokrin bozukluklar, metabolik hastalıklar, sistemik hastalıklar, konjenital sendromlar, kemik maligniteleri, steroid tedavisi, kemoterapi veya radyoterapi öyküsü olan hastalar, ayak bilek eklemi ile ilgili kırık, cerrahi fiksasyon, kemik iliği ödemi vb. ve aynı yıl içinde çekim tekrarı tespit edilen hastalar çalışma dışı bırakılmış olup, 137 kadın ve 194 erkek olmak üzere toplamda 331 olgu değerlendirmeye alınmıştır.

Çalışmaya dahil edilen olguların hastane bilgi yönetim sisteminde sosyoekonomik düzeyi ve etnik kökenleriyle ilgili bilgilerin bulunmadığı görülmüştür. Olguların sistemde kayıtlı olan doğum tarihleri ve cinsiyetleri tarafımızca doğru olarak kabul edilmiştir.

Çalışmaya alınan hastaların 1.5 ve 3 Tesla (T) MR görüntüleme cihazından elde edilen T1 ağırlıklı sagittal görüntüleri incelendi. 1.5 T GE Healthcare 1.5 Tesla Signa HDxT cihazındaki görüntüleme parametreleri: kesit kalınlığı: 4 mm, TR: 2600, TE: 40, FOV: 170x170, Slice: 20, Nex:2 ve 3 T Philips Ingenia cihazındaki görüntüleme parametreleri: kesit kalınlığı: 3 mm, TR: 2600, TE: 40, FOV: 150x150, Slice: 20, Nex:1.

Olgulara ait ayak bilek MR görüntüleri, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında görevli öğretim üyesi uzman doktor ile Adli Tıp Anabilim Dalında görevli araştırma görevlisi doktor tarafından birlikte değerlendirildi. Daha sonra rastgele seçilen 32 olgu intraobserver ve interobserver güvenilirlik için ilk

değerlendirmeden 2 hafta sonra her iki çalışmacı tarafından tekrar değerlendirildi. Radyolog değerlendirmesi sonucu elde edilen veriler çalışmada kullanıldı. Çalışma öncesi ve sırasında olgulara ait sosyodemografik veriler (kimlik yaşları ve cinsiyet bilgileri) çalışmacılar tarafından bilinmiyordu.

Çalışma öncesi literatür incelenerek tüm olguların çekilmiş ayak bilek MR görüntülerinden distal tibia ve kalkaneus epifiz hatlarının kapanma dereceleri, Lu ve ark.'nın epifiz hattı kemikleşme noktalarına göre tanımladığı 6'lı evrelendirme metoduna göre değerlendirildi. Lu ve ark.'nın tanımladığı evreleme metodu aşağıdaki gibidir:<sup>7</sup>

Distal tibial epifiz için evreler;

Evre 1: Metafiz ve epifiz arasında kesintisiz bir boşluk vardır (Şekil 6).



**Şekil 6.** Distal tibiada epifiz ve metafiz arasında kesintisiz bir boşluk görünümü.

Evre 2: Metafiz ve epifiz arasında köprüleşme mevcuttur, ancak köprüleşen alan epifiz hattının üçte birini geçmez (Şekil 7).



Şekil 7. Epifiz ile metafiz arasında epifiz hattının üçte birini geçmeyecek şekilde köprüleşme alanları.

Evre 3: Metafiz ve epifiz arasındaki köprüleşme alanı epifiz hattının üçte birinden fazla üçte ikisinden azdır (Şekil 8).



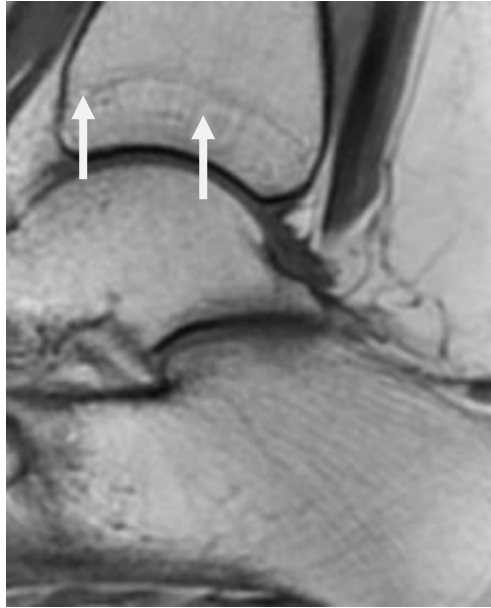
Şekil 8. Metafiz ve epifiz arasında epifiz hattının üçte birinden fazla ancak üçte ikisinden az köprüleşme alanı.

Evre 4: Köprüleşme alanı epifiz hattının üçte ikisinden fazladır, epifiz ve metafiz arasında yine de küçük bir boşluk vardır (Şekil 9).



**Şekil 9.** Epifiz ve metafiz arasında küçük bir boşluk izlenecek şekilde epifiz hattının üçte ikisinden fazla köprüleşme alanı.

Evre 5: Metafiz ve epifiz arasında görünür epifizyal skar ile tam birleşme mevcuttur (Şekil 10).



**Şekil 10.** Görünür epifizyal skar ile tam birleşme.

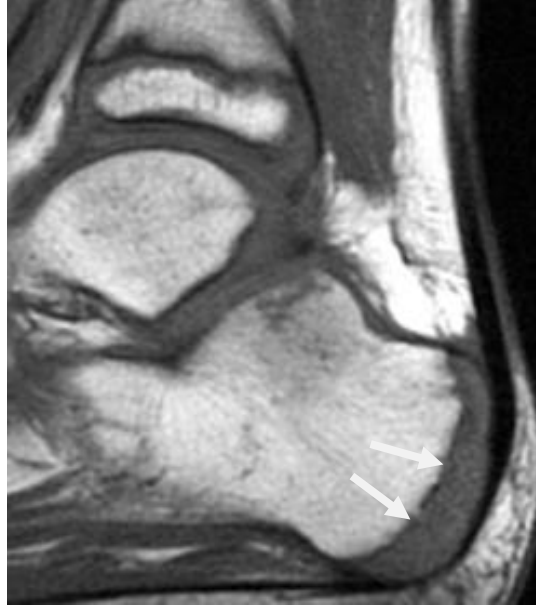
Evre 6: Görünmez epifizyal skar ile tam birleşme mevcuttur (Şekil 11).



Şekil 11. Epifizyal skar olmaksızın tam birleşme.

Kalkaneal epifiz hattı için evreler;

Evre 1: Epifiz ve metafiz arasında kesintisiz bir boşluk vardır (Şekil 12).



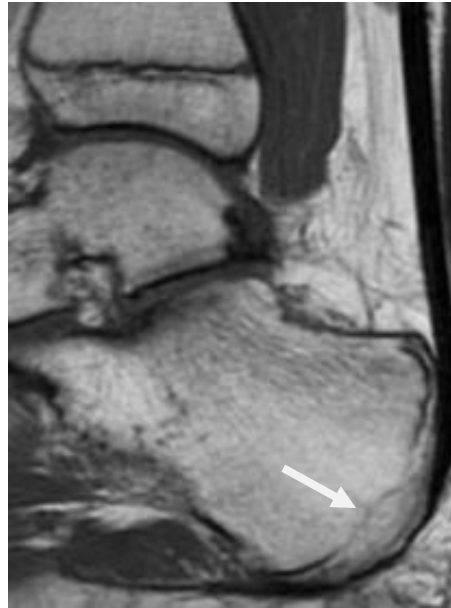
Şekil 12. Epifiz ve metafiz arasında kesintisiz boşluk.

Evre 2: Metafiz ve epifiz arasında köprüleşme mevcuttur, ancak köprüleşen alan epifiz hattının üçte birini geçmez (Şekil 13).



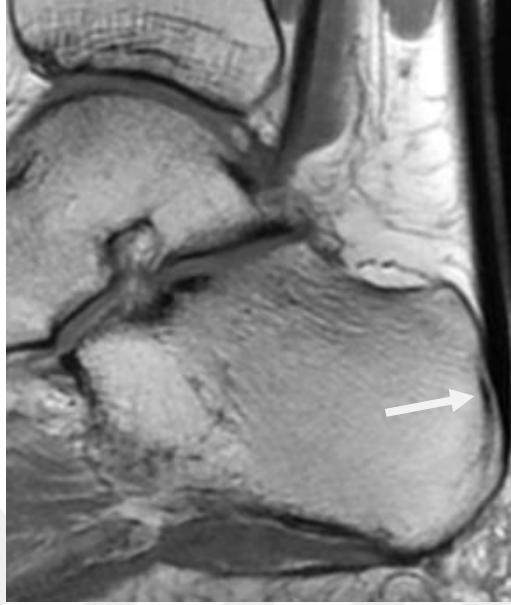
**Şekil 13.** Metafiz ve epifiz arasında epifiz hattının üçte birini geçmeyecek şekilde köprüleşme alanı.

Evre 3: Metafiz ve epifiz arasındaki köprüleşme alanı epifiz hattının üçte birinden fazla üçte ikisinden azdır (Şekil 14).



**Şekil 14.** Metafiz ve epifiz arasında epifiz hattının üçte birinden fazla ancak üçte ikisinden az köprüleşme alanı.

Evre 4: Köprüleşme alanı epifiz hattının üçte ikisinden fazladır, epifiz ve metafiz arasında yine de küçük bir boşluk vardır (Şekil 15).



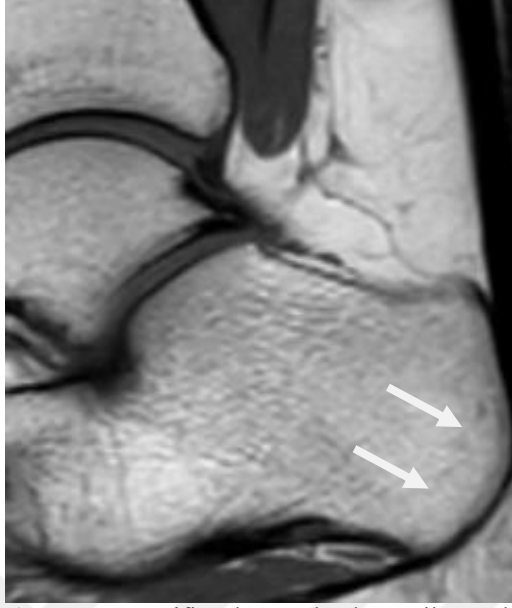
**Şekil 15.** Epifiz ve metafiz arasında küçük bir boşluk izlenecek şekilde epifiz hattının üçte ikisinden fazla köprüleşme alanı.

Evre 5: Metafiz ve epifiz arasında görünür epifizyal skar ile tam birleşme mevcuttur (Şekil 16).



**Şekil 16.** Görünür epifizyal skar ile tam birleşme.

Evre 6: Görünmez epifizyal skar ile tam birleşme mevcuttur (Şekil 17).



Şekil 17. Görünür epifizyal skar olmaksızın ile tam birleşme.

İstatiksel analiz için SPSS 21.0 (Statistical Package for the Social Scienses) versiyonu<sup>313</sup> kullanıldı. Distal tibia ve kalkaneus epifiz hatlarının ossifikasyonuna göre saptanan ortalama yaş, median değer, %25-%75 aralığındaki minimum-maximum değerler, ilk ve son görülme yaşları, standart sapma değerleri için tanımlayıcı istatistik analizleri yapıldı. Yaş ve evre arasında Spearman's korelasyon analizi yapıldı. Cinsiyetler arası farklılık için Mann-Whitney U testi yapıldı. İntraobserver ve interobserver güvenilirlik için Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (Intra-class Correlation Coefficient-ICC) ve ağırlıklı kappa testi kullanıldı. P değeri <0,05 anlamlı düzeyde kabul edildi.

Portney ve Watkins (2009) tarafından tanımlanan sınıflamaya göre ICC, 0 ile 1 arasında bir değerdir ve aşağıdaki gibi değerlendirilir:<sup>314</sup>

- ICC < 0,50 = Zayıf güvenilirlik
- ICC = 0,50-0,75 = Orta düzeyde güvenilirlik
- ICC = 0,75-0,90 = İyi düzeyde güvenilirlik
- ICC > 0,90 = Mükemmel güvenilirlik

Elde edilen ağırlıklı kappa( $\kappa$ ) katsayısı Landis ve Coch tarafından tanımlanan sınıflamaya göre yorumlanmıştır. Bu sınıflama aşağıdaki gibidir:<sup>315</sup>

- $\kappa < 0$  = Şansa bağlı olabilecek uyumdan daha kötü uyum
- $\kappa = 0,0-0,20$  = Önemsiz düzeyde uyum
- $\kappa = 0,21-0,40$  = Zayıf düzeyde uyum
- $\kappa = 0,41-0,60$  = Orta düzeyde uyum
- $\kappa = 0,61-0,80$  = İyi uyumluluk
- $\kappa = 0,81-1,00$  = Çok iyi uyumluluk



#### 4. BULGULAR

Çalışmamızda 7-26 yaşlar arasındaki 331 hastaya ait ayak bilek MR görüntüleri distal tibia ve kalkaneus epifiz hatlarının ossifikasyonu Lu ve ark.'nın evrelendirme yöntemine göre incelenmiştir.<sup>7</sup> İncelenmeye alınan 331 olgudan 137'sinin kadın (%41,4), 194'ünün erkek (%58,6) olduğu, ortalama yaş ile standart sapma kadınlarda  $15,90 \pm 5,51$  ve erkeklerde  $17,19 \pm 5,54$  olarak tespit edilmiştir. Cinsiyete göre olguların yaşlarının değerlendirilmesi Tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 5.** Cinsiyete göre olguların yaşlarının değerlendirilmesi

| Cinsiyet        | Kadın           | Erkek           |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| En Küçük Yaş    | 7,6             | 7               |
| En büyük Yaş    | 26,6            | 26,7            |
| Ortalama Yaş    | 15,90           | 17,19           |
| Standart Sapma  | 5,51            | 5,54            |
| Sayı<br>(yüzde) | 137<br>(% 41,4) | 194<br>(% 58,6) |

Olguların yaş ve cinsiyete göre dağılımı Tablo 6'da gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Olguların yaş ve cinsiyete göre dağılımı

| <b>Yaş<br/>(yıl)</b> | <b>Erkek<br/>(n)</b> | <b>Kadın<br/>(n)</b> | <b>Toplam<br/>(n)</b> |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>7.0-7.9</b>       | 4                    | 3                    | 12                    |
| <b>8.0-8.9</b>       | 5                    | 7                    | 21                    |
| <b>9.0-9.9</b>       | 10                   | 11                   | 24                    |
| <b>10.0-10.9</b>     | 13                   | 11                   | 19                    |
| <b>11.0-11.9</b>     | 9                    | 10                   | 19                    |
| <b>12.0-12.9</b>     | 12                   | 7                    | 22                    |
| <b>13.0-13.9</b>     | 12                   | 10                   | 21                    |
| <b>14.0-14.9</b>     | 12                   | 9                    | 14                    |
| <b>15.0-15.9</b>     | 7                    | 7                    | 27                    |
| <b>16.0-16.9</b>     | 18                   | 9                    | 19                    |
| <b>17.0-17.9</b>     | 11                   | 8                    | 9                     |
| <b>18.0-18.9</b>     | 4                    | 5                    | 17                    |
| <b>19.0-19.9</b>     | 9                    | 8                    | 17                    |
| <b>20.0-20.9</b>     | 12                   | 5                    | 7                     |
| <b>21.0-21.9</b>     | 5                    | 2                    | 11                    |
| <b>22.0-22.9</b>     | 11                   | -                    | 13                    |
| <b>23.0-23.9</b>     | 8                    | 5                    | 16                    |
| <b>24.0-24.9</b>     | 9                    | 7                    | 26                    |
| <b>25.0-25.9</b>     | 15                   | 11                   | 10                    |
| <b>26.0-26.9</b>     | 8                    | 2                    | 12                    |
| <b>TOPLAM</b>        | <b>194</b>           | <b>137</b>           | <b>331</b>            |

İntraobserver ve interobserver güvenilirlik analizinde distal tibia ve kalkaneus epifiz ossifikasyonu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Distal tibia için intraobserver analiz sonucunda ağırlıklı kappa değeri 0,953, kalkaneus için intraobserver analiz sonucunda ağırlıklı kappa değeri 0,939 bulunmuştur. Distal tibia için interobserver analizler sonucunda; Intra-class Correlation Coefficient (ICC) 0,991 ve ağırlıklı kappa değeri 0.956 olarak tespit edilmiştir. Kalkaneus için intraobserver analizler sonucunda; Intra-class Correlation Coefficient (ICC) 0,972, ağırlıklı kappa değeri 0.830 olarak tespit edilmiştir (Tablo 7). Bu değerlerin çok iyi uyumluluk gösterdiği ortaya konmuştur.

**Tablo 7.** İnterobserver ve intraobserver analiz sonuçları (ağırlıklı kappa ve ICC değerleri)

| Ossifikasyon<br>Merkezi | İnterobserver<br>(n:100)<br>Ağırlıklı kappa | İnterobserver<br>(n:100) |                 |
|-------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-----------------|
|                         |                                             | ICC                      | Ağırlıklı Kappa |
| Distal Tibial           | 0,953                                       | 0,991                    | 0.956           |
| Epifiz                  |                                             |                          |                 |
| Kalkaneal               | 0,939                                       | 0,972                    | 0.830           |
| Epifiz                  |                                             |                          |                 |

Yaş ve evreler arasında Spearman's korelasyon analizi sonucuna göre pozitif yönde anlamlı korelasyon saptanmıştır (Distal tibia epifiz için  $\rho=0,869$ ,  $p<0,001$  ve kalkaneus epifiz için  $\rho=0,816$ ,  $p<0,001$ ). Evrelere göre tanımlayıcı istatistiksel analizler distal tibia ve kalkaneus epifiz için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

#### 4.1. Distal Tibia

Evre 1 ilk olarak kadın cinsiyette 7,0 erkek cinsiyette 7,6 yaşında tespit edilirken en son görüldüğü yaş kadında 13,3 yaş, erkekte 17,7 yaştır. Evre 2 ilk olarak kadınlarda 12,5 yaşta, erkeklerde 9,9 yaşta tespit edilmiş olup en son görülme yaşları kadınlarda 25,5 yaş ve erkeklerde 25,3 yaş olduğu saptanmıştır. Evre 3 ilk olarak kadınlarda 13,2 yaşta, erkeklerde 14,2 yaşta görülürken son görülme yaşının kadınlarda 26,3 yaş erkeklerde 26,1 yaş olduğu ortaya konmuştur. Evre 4 ilk olarak kadınlarda 16,1 yaşta erkeklerde 16,8 yaşta görülürken son görülme yaşları kadında 26,6 erkekte 26,1 olarak tespit edilmiştir. Evre 5 ilk olarak kadınlarda 15,6 yaşta erkeklerde 15,8 yaşta tespit edilirken en son olarak kadınlarda 25,9 yaşta erkeklerde 26,7 yaşta görüldü. Evre 6 yalnızca erkek cinsiyette tespit edilmiş olup ilk görülme yaşı 22,2 ve son görülme yaşı 23,3 olarak izlenmiştir.

Mann-Whitney U analizine göre Evre 1 ve evre 3'te cinsiyetlere göre yaş ortalamaları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir (evre 1 için  $p=0,024$ , evre 3 için  $p=0,012$ ). Evre 2 ( $p=0,837$ ), evre 4 ( $p=0,488$ ) ve evre 5 ( $p=0,1$ )'te yaş değişkeni ile cinsiyetler arası anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Her evre için cinsiyetlere göre ortalama yaş, standart sapma, median değerleri, ilk ve son görülme yaşları ve %25-%75 aralığındaki alt ve üst sınırlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 8.** Cinsiyet ve evrelere göre distal tibial epifiz için tanımlayıcı istatistikler.

| Evre          | Cinsiyet | N   | Ortalama | Standart Sapma | Median | Minimum | Maksimum | %25- %75 Aralığındaki Alt-Üst Sınırlar |
|---------------|----------|-----|----------|----------------|--------|---------|----------|----------------------------------------|
| <b>Evre 1</b> | Erkek    | 62  | 11.21    | 2.29           | 10.95  | 7.0     | 17.7     | 9.55-12.62                             |
|               | Kadın    | 48  | 10.22    | 1.51           | 10.10  | 7.6     | 13.3     | 9.20-11.47                             |
| <b>Evre 2</b> | Erkek    | 28  | 14.99    | 2.60           | 14.60  | 9.9     | 25.3     | 13.82-16.30                            |
|               | Kadın    | 22  | 15.80    | 3.83           | 14.30  | 12.5    | 25.5     | 13.22-17.82                            |
| <b>Evre 3</b> | Erkek    | 42  | 19.32    | 3.53           | 17.95  | 14.2    | 26.1     | 16.47-22.20                            |
|               | Kadın    | 30  | 17.39    | 3.02           | 16.75  | 13.2    | 26.3     | 15.15-19.27                            |
| <b>Evre 4</b> | Erkek    | 42  | 22.15    | 2.50           | 22.10  | 16.8    | 26.1     | 20.15-24.20                            |
|               | Kadın    | 22  | 21.52    | 3.43           | 21.65  | 16.1    | 26.6     | 18.45-24.90                            |
| <b>Evre 5</b> | Erkek    | 18  | 24.04    | 3.17           | 25.35  | 15.8    | 26.7     | 22.60-26.52                            |
|               | Kadın    | 15  | 23.02    | 3.12           | 24.20  | 15.6    | 25.9     | 20.50-25.20                            |
| <b>Evre 6</b> | Erkek    | 2   | 22.75    | 0.77           | 22.75  | 22.2    | 23.3     | 22.20-                                 |
| <b>Toplam</b> | Erkek    | 194 | 17.19    | 5.54           | 16.60  | 7.0     | 26.7     | 12.50-22.20                            |
|               | Kadın    | 137 | 15.90    | 5.51           | 15.00  | 7.6     | 26.6     | 11.05-19.65                            |
|               | Toplam   | 331 | 16.66    | 5.55           | 16.20  | 7.0     | 26.7     | 11.90-21.30                            |

7.0-8.9 yaşlarındaki erkek ve kadın olguların tamamının (9 erkek, 10 kadın) evre 1 olduğu tespit edilmiştir. Evre 1'in erkek olgularda son görülme yaşı olan 17,7 yaştaki olgu sayısı bir olup 15 ve 16 yaşlarında olgu tespit edilmemiştir. Evre 2'nin erkeklerde ilk görülme yaşı 9,9 yaş (1 olgu) son görülme yaşı 25,3 yaş (1 olgu) olup 10,0-11,9 yaşlar ile 17,0-24,9 yaşlar arasında olgu görülmemiştir. Evre 2 kadınlarda üst sınırdaki 25,2 ve 25,5 yaşta birer olgu tespit edilirken 21,0-24,9 yaşlar arasında olgu görülmemiştir. Yine evre 2'de kadınlarda 19,5 ve 20,9 yaşlarda birer olgu bulunduğu tespit edilirken 18 yaşta olgu bulunmadığı saptanmıştır. Evre 3 kadınlarda üst sınırdaki 25,5 yaşta ve 26,3 yaşta birer olgu görülürken 21,0-24,9 yaşlar arasında olgu tespit edilmemiştir. Evre 5 erkeklerde 15,8-18,7-19,3 yaşlarda birer olgu görülmüş olup 20-

21-23 yaşlarda olgu saptanmamıştır. Evre 5 kadınlarda 15,6-18,5-18,9-20,5 yaşlarında birer olgu g r lm ş olup 16-17-19-21-22 yaşlarda olgu saptanmamıştır. Evre 6 kadın olgularda tespit edilmemiş olup erkek olgularda 22,2 yaşta ve 23,3 yaşta birer olgu görülmüştür. Distal tibia epifiz değerlendirmesinde her bir yaşa ait olgu sayılarının evre ve cinsiyete göre dağılımları Tablo 9’da gösterilmiştir.



**Tablo 9.** Distal tibial epifiz değerlendirmesinde tüm yaşlar için evre ve cinsiyet dağılımları.

| Evre      | 1   |     | 2   |     | 3   |     | 4   |     | 5   |     | 6   |     |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yaş       | E*  | K** | E   | K   | E   | K   | E   | K   | E   | K   | E   | K   |
| (yıl)     | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) | (n) |
| 7.0-7.9   | 4   | 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 8.0-8.9   | 5   | 7   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 9.0-9.9   | 9   | 11  | 1   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 10.0-10.9 | 13  | 11  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 11.0-11.9 | 9   | 10  | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 12.0-12.9 | 9   | 4   | 3   | 3   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 13.0-13.9 | 8   | 2   | 4   | 7   | -   | 1   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 14.0-14.9 | 2   | -   | 8   | 4   | 2   | 5   | -   | -   | -   | -   | -   | -   |
| 15.0-15.9 | -   | -   | 3   | 1   | 3   | 5   | -   | -   | 1   | 1   | -   | -   |
| 16.0-16.9 | -   | -   | 8   | 1   | 9   | 6   | 1   | 2   | -   | -   | -   | -   |
| 17.0-17.9 | 3   | -   | -   | 2   | 7   | 3   | 1   | 3   | -   | -   | -   | -   |
| 18.0-18.9 | -   | -   | -   | -   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 2   | -   | -   |
| 19.0-19.9 | -   | -   | -   | 1   | 2   | 5   | 6   | 2   | 1   | -   | -   | -   |
| 20.0-20.9 | -   | -   | -   | 1   | 3   | 1   | 9   | 2   | -   | 1   | -   | -   |
| 21.0-21.9 | -   | -   | -   | -   | 3   | -   | 2   | 2   | -   | -   | -   | -   |
| 22.0-22.9 | -   | -   | -   | -   | 2   | -   | 5   | 0   | 3   | -   | 1   | -   |
| 23.0-23.9 | -   | -   | -   | -   | 3   | -   | 4   | 3   | -   | 2   | 1   | -   |
| 24.0-24.9 | -   | -   | -   | -   | 2   | -   | 5   | 2   | 2   | 5   | -   | -   |
| 25.0-25.9 | -   | -   | 1   | 2   | 3   | 1   | 7   | 4   | 4   | 4   | -   | -   |
| 26.0-26.9 | -   | -   | -   | -   | 1   | 1   | 1   | 1   | 6   | -   | -   | -   |
| Toplam    | 62  | 48  | 28  | 22  | 42  | 30  | 42  | 22  | 18  | 15  | 2   | 0   |

\*E: Erkek, \*\*K: Kadın

Her iki cinsiyet için de evre 1 olarak değerlendirilen olguların tamamının 18 yaşın altında olduğu görülmüştür. Erkeklerde ve kadınlarda evre 5 olarak değerlendirilen olguların 1'er olgu dışında tamamının 18 yaş üstünde olduğu tespit edilmiştir. Evrelerin 18 yaş sınırına göre dağılımları tablo 12'de gösterilmiştir.

#### 4.2. Kalkaneus

Evre 1 ilk olarak kadınlarda 7,6 yaşta, erkeklerde 7,0 yaşta tespit edilirken en son görülme yaşları kadınlarda 13,7 yaş, erkeklerde ise 17,7 yaştır. Evre 2 ilk olarak kadınlarda 10,9 yaşta, erkeklerde 7,8 yaşta ve son olarak kadınlarda 25,5 yaşta, erkeklerde 26,1 yaşta görülmüştür. Evre 3 ilk olarak kadınlarda 12,8 yaşta, erkeklerde 14,0 yaşta ve son olarak kadınlarda 26,3 yaşta erkeklerde 26,1 yaşta tespit edilmiştir. Evre 4 ilk olarak kadınlarda 14,7 yaşta, erkeklerde 15,8 yaşta görülürken son görülme yaşı her iki cinsiyette 26,6 yaş olarak saptanmıştır. Evre 5 ilk olarak kadınlarda 15,2 yaşta, erkeklerde 18,7 yaşta ve son olarak kadınlarda 25,8 yaşta, erkeklerde 26,7 yaşta görülmüştür. Evre 6 yalnızca erkek cinsiyette ve bir olguda tespit edilmiş olup görülme yaşı 23,3'tür.

Mann-Whitney U analizine analizine göre Evre 3 ve evre 5'te cinsiyetlere göre yaş ortalamaları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Evre 3 için  $p=0,02$ , evre 5 için  $p=0,017$ ). Evre 1 ( $p=0,06$ ), evre 2 ( $p=0,799$ ) ve evre 4 ( $p=0,620$ )'te yaş değişkeni ile cinsiyetler arası anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Her evre için cinsiyetlere göre ortalama yaş, standart sapma, median değerleri, ilk ve son görülme yaşları ve %25-%75 aralığındaki alt ve üst sınırlar Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10.** Cinsiyet ve evrelere göre kalkaneal epifiz için tanımlayıcı istatistikler.

| Evre          | Cinsiyet | N   | Ortalama | Standart Sapma | Median | Minimum | Maksimum | %25- %75 Aralığındaki Alt-Üst Sınırlar |
|---------------|----------|-----|----------|----------------|--------|---------|----------|----------------------------------------|
| <b>Evre 1</b> | Erkek    | 53  | 11,14    | 2,36           | 10,90  | 7,0     | 17,7     | 9.50-12.40                             |
|               | Kadın    | 46  | 10,22    | 1,58           | 10,10  | 7,6     | 13,7     | 9.15-11.55                             |
| <b>Evre 2</b> | Erkek    | 42  | 15,34    | 3,92           | 14,55  | 7,8     | 26,1     | 13.02-16.55                            |
|               | Kadın    | 21  | 15,91    | 4,10           | 15,40  | 10,9    | 25,5     | 12.90-18.65                            |
| <b>Evre 3</b> | Erkek    | 53  | 19,68    | 3,54           | 19,50  | 14,0    | 26,1     | 16.50-22.75                            |
|               | Kadın    | 33  | 17,64    | 3,51           | 17,60  | 12,8    | 26,3     | 14.60-20.35                            |
| <b>Evre 4</b> | Erkek    | 33  | 22,50    | 2,98           | 22,80  | 15,8    | 26,6     | 20.30-25.65                            |
|               | Kadın    | 30  | 21,88    | 3,86           | 23,70  | 14,7    | 26,6     | 18.40-25.20                            |
| <b>Evre 5</b> | Erkek    | 12  | 24,27    | 2,80           | 25,35  | 18,7    | 26,7     | 22.65-26.57                            |
|               | Kadın    | 7   | 19,44    | 4,27           | 17,70  | 15,2    | 25,8     | 16.60-25.20                            |
| <b>Evre 6</b> | Erkek    | 1   | 23,30    | -              | 23,30  | 23,3    | 23,3     | 23.30-23.30                            |
| <b>Toplam</b> | Erkek    | 194 | 17,19    | 5,54           | 16,60  | 7,0     | 26,7     | 12.50-22.20                            |
|               | Kadın    | 137 | 15,90    | 5,51           | 15,00  | 7,6     | 26,6     | 11.05-19.65                            |
|               | Toplam   | 331 | 16,66    | 5,55           | 16,20  | 7,0     | 26,7     | 11.90-21.20                            |

7.0-9.9 yaşlar arasında iki olgu dışında olguların tamamının evre 1 olduğu görülmüştür. Evre 1 erkeklerde üst sınırdaki 17,7-17,6-17,1 yaşlarda birer olgu tespit edilmiş olup 15,0-16,9 yaşlar arasında olgu görülmemiştir. Evre 2 erkeklerde en erken görülme yaşı 7,8 yaş olup 8 yaşında olgu tespit edilmemiştir. Evre 2 erkeklerde son görülme yaşı olan 26,2 yaşta 1 olgu; 24,7 yaş ve 24,2 yaşta birer olgu tespit edilmiş olup 18-20-23-25 yaşlarda olgu görülmemiştir. Evre 2 kadınlarda üst sınırdaki 25,5 yaş ve 25,2 yaşta birer olgu saptanmış olup 18 yaşta ve 20,0-24,9 yaş aralığında olgu tespit edilmemiştir. Evre 3 kadınlarda en son 26,3 yaşta görülmüş olup 25 yaş ve 22 yaşta olgu saptanmamıştır. Evre 4 kadınlarda 21,0-22,9 yaş aralığında olgu tespit edilmemiştir. Evre 5 kadınlarda son görülme yaşı 25,8 yaş olup 19,0-24,9 yaş aralığında

olgu görülmemiştir. Evre 6 kadın olgularda tespit edilmemiş olup erkeklerde bir olguda 23,3 yaşta görülmüştür. Kalkaneus epifiz değerlendirmesinde her bir yaşa ait olgu sayılarının evre ve cinsiyete göre dağılımları Tablo 11’de gösterilmiştir.

**Tablo 11.** Kalkaneal epifiz değerlendirmesinde tüm yaşlar için evre ve cinsiyet dağılımları.

| Evre          | 1         |            | 2         |           | 3         |           | 4         |           | 5         |          | 6        |          |
|---------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Yaş<br>(yıl)  | E*<br>(n) | K**<br>(n) | E<br>(n)  | K<br>(n)  | E<br>(n)  | K<br>(n)  | E<br>(n)  | K<br>(n)  | E<br>(n)  | K<br>(n) | E<br>(n) | K<br>(n) |
| 7.0-7.9       | 3         | 3          | 1         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 8.0-8.9       | 5         | 7          | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 9.0-9.9       | 9         | 11         | 1         | -         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 10.0-10.9     | 11        | 10         | 2         | 1         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 11.0-11.9     | 8         | 9          | 1         | 1         | -         | -         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 12.0-12.9     | 7         | 3          | 5         | 3         | -         | 1         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 13.0-13.9     | 5         | 3          | 7         | 4         | -         | 3         | -         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 14.0-14.9     | 2         | -          | 6         | 1         | 4         | 7         | -         | 1         | -         | -        | -        | -        |
| 15.0-15.9     | -         | -          | 2         | 3         | 4         | 1         | 1         | 2         | -         | 1        | -        | -        |
| 16.0-16.9     | -         | -          | 10        | 2         | 7         | 4         | 1         | 1         | -         | 2        | -        | -        |
| 17.0-17.9     | 3         | -          | 1         | 1         | 6         | 4         | 1         | 2         | -         | 1        | -        | -        |
| 18.0-18.9     | -         | -          | -         | -         | 2         | 1         | 1         | 3         | 1         | 1        | -        | -        |
| 19.0-19.9     | -         | -          | 1         | 3         | 6         | 3         | 1         | 2         | 1         | -        | -        | -        |
| 20.0-20.9     | -         | -          | -         | -         | 6         | 4         | 6         | 1         | -         | -        | -        | -        |
| 21.0-21.9     | -         | -          | 1         | -         | 2         | 2         | 2         | -         | -         | -        | -        | -        |
| 22.0-22.9     | -         | -          | 1         | -         | 4         | -         | 4         | -         | 2         | -        | -        | -        |
| 23.0-23.9     | -         | -          | -         | -         | 4         | 1         | 3         | 4         | -         | -        | 1        | -        |
| 24.0-24.9     | -         | -          | 2         | -         | 3         | 1         | 4         | 6         | -         | -        | -        | -        |
| 25.0-25.9     | -         | -          | -         | 2         | 4         | -         | 7         | 7         | 4         | 2        | -        | -        |
| 26.0-26.9     | -         | -          | 1         | -         | 1         | 1         | 2         | 1         | 4         | -        | -        | -        |
| <b>Toplam</b> | <b>53</b> | <b>46</b>  | <b>42</b> | <b>21</b> | <b>53</b> | <b>33</b> | <b>33</b> | <b>30</b> | <b>12</b> | <b>7</b> | <b>1</b> | <b>0</b> |

\*E: Erkek, \*\*K: Kadın

Her iki cinsiyet için de evre 1 olarak değerlendirilen olguların tamamının 18 yaşın altında olduğu görülmüştür. Erkeklerde evre 5 olarak değerlendirilen olguların tamamının 18 yaş üstünde olduğu tespit edildi. Evrelerin 18 yaş sınırına göre dağılımları tablo 12’de gösterilmiştir.

**Tablo 12.** Evrelerin 18 yaş sınırına göre dağılımları

| Evre | Erkek (n)            |         |                  |         | Kadın (n)            |         |                  |         |
|------|----------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|------------------|---------|
|      | Distal Tibial Epifiz |         | Kalkaneal Epifiz |         | Distal Tibial Epifiz |         | Kalkaneal Epifiz |         |
|      | <18 yaş              | ≥18 yaş | <18 yaş          | ≥18 yaş | <18 yaş              | ≥18 yaş | <18 yaş          | ≥18 yaş |
| 1    | 62                   | 0       | 53               | 0       | 48                   | 0       | 46               | 0       |
| 2    | 27                   | 1       | 36               | 6       | 18                   | 4       | 16               | 5       |
| 3    | 21                   | 21      | 21               | 32      | 20                   | 10      | 20               | 13      |
| 4    | 2                    | 40      | 3                | 30      | 5                    | 17      | 6                | 24      |
| 5    | 1                    | 17      | 0                | 12      | 1                    | 14      | 4                | 3       |
| 6    | 0                    | 2       | 0                | 1       | -                    | -       | -                | -       |

## 5. TARTIŞMA

Yaş tahmini adli tıbbın en önemli araştırma konularından biridir. Hem yaşayan bireylerde hem de kimliği belirsiz cesetlerde kimliklendirmenin önemli bir bulgusu olmasından dolayı adli nedenlerle yaş tahmini yapılması gerekmektedir.<sup>1</sup> Özellikle ülkemizde TCK'nın 12 yaş altı, 12-15 yaş arası ve 15-18 yaş arası çocuklarla ilgili hükümleri ile 15 yaş altı, 15-18 yaş arası ve 18-21 yaş arası sağır ve dilsizlerle ilgili hükümleri nedeniyle bu yaş sınırları ceza sorumluluğu açısından önem göstermektedir.<sup>32</sup> Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de cinsel istismar, şüpheli doğum kayıtları, evlenme ve yasadışı göç, çocuk pornografisi gibi durumlarda adli makamlar tarafından mağdur ya da sanığın yaş tahmini istenmektedir.<sup>12</sup> Yaş tahmini adli tıpla birlikte pek çok bilim dalını da ilgilendirmektedir. Ancak adli sebeplerle yaş tahmininin ülkemizde genellikle adli tıp uzmanlarından talep edildiği görülmektedir.<sup>316</sup>

Yaş tahmini için günümüzde halen en çok tercih edilen ve en güvenilir yöntemlerin radyolojik yöntemler olduğu bilinmektedir. Bu güne kadar yaş tahmini alanında farklı vücut bölgelerinin çeşitli radyolojik yöntemler kullanılarak değerlendirildiği çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Direkt grafiler kolay ulaşılabilirliği, eklemlerin çoğundan epifiz hatlarına ait görüntü elde edilebilmesi ve uygulama kolaylığı nedeniyle en sık kullanılan yöntemdir.<sup>29</sup> Ancak direkt grafiler kullanılarak oluşturulmuş standardize yöntemlerde incelenen epifiz hatlarının kapanması 22 yaş itibariyle tamamlanmaktadır. Bu nedenle farklı eklemlerin farklı radyolojik tekniklerle incelenmesi ihtiyacı doğmuştur. El bileği, diz ve ayak bilek eklemi epifiz hatları ile medial klaviküler epifiz hattı pek çok çalışmada direkt grafi, BT, MRG ve ultrasonografi kullanılarak değerlendirilmiştir.<sup>226</sup>

Adli Yaş Teşhisi Üzerine Uluslararası ve Disiplinler Arası Çalışma Grubu (AGFAD), yaş tahmini değerlendirmesinde antropometrik ölçülerin tespiti için fizik muayenenin yapılması (boy ve kilo ölçümü, konstitüsyonel tip), yaşla ilgili herhangi bir rahatsızlığın tanımlanması ile birlikte seksüel matürasyon belirtilerinin muayenesi, sol el-bilek radyografisi, diş muayenesi ve diş ortopantomogram değerlendirilmesi, elin iskelet gelişimi tamamlanması durumunda ek bir yöntem olarak klavikulanın tercihen klasik radyografi veya BT ile değerlendirilmesinin yapılmasını tavsiye etmektedir.<sup>42</sup> Metodolojide yaşanan gelişmeler sonucunda özellikle BT'ye dayanan çalışmalar

radyasyon maruziyeti konusunda etik tartışmalara yol açmıştır. Bir el-bilek röntgeni ile maruz kalınan etkin radyasyon dozu 0,1 microSievert olarak hesaplanırken bu doz ortopantomogram ile 26 microSievert, klavikula BT ile 600-800 microSievert'tir.<sup>310</sup> Bazı yazarlar radyasyon maruziyetinin bu dozlarında ortaya çıkabilecek zararların göz ardı edilebileceğini savunurken bazı araştırmacılar radyasyonun doza bağımlı olmayan stokastik etkiler nedeniyle endişelerini dile getirmektedir.<sup>311</sup> Tıp etiğinin en önemli ilkelerinden olan “önce zarar verme” ilkesi doğrultusunda klinik endikasyon olmadan yalnızca adli nedenlerle kişiyi radyasyona maruz bırakmanın önüne geçmek amacıyla yeni araştırmalar non-iyonize yöntemlere odaklanmaktadır.<sup>7,53,105</sup>

Non-iyonize yöntemler olan MRG ve ultrasonografi kullanılarak el bileği, ayak bileği, diz ve klavikulayı değerlendiren çok sayıda çalışma yapılmıştır.<sup>7,53,105</sup> Bu çalışmalar sonucunda MRG ve ultrasonografinin klasik yöntemlere ek olarak kullanılabileceği, ancak henüz yeterli veri tabanı oluşmadığı için tek başlarına kullanılmasının önerilmediği bildirilmiştir. Ayrıca ultrasonografi değerlendirmesinde sonuçların büyük oranda uygulayıcının deneyimine bağlı olduğu bilinmektedir.<sup>276</sup> Bu nedenle çalışmamızda MRG tercih edilmiş ve bu konuda veri tabanını genişletmek amaçlanmıştır.

Çalışmamızda yaşları 7-26 arasında değişen 194 erkek ve 137 kadın olmak üzere toplam 331 hastanın 3-4 mm kesit kalınlıklı, T1 ağırlıklı sagittal ayak bilek MR görüntüleri retrospektif olarak olarak incelendi. İncelenen görüntülerde distal tibial epifiz hattı ve kalkaneal epifiz hattı Lu ve ark.'nın önerdiği şekilde ayrı ayrı evrelendirildi.

Literatürdeki distal tibial epifiz ve kalkaneal epifiz ossifikasyonu değerlendiren çalışmalara bakıldığında, farklı radyolojik yöntem ve evreleme sistemleri kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların yaş aralığının dar olması, tek cinsiyetten oluşan örneklem içermeleri<sup>317,318</sup>, çok eski yıllara ait örneklem içermesi<sup>99,319</sup> ve olguların etnik kökeninin bilinmemesi<sup>320</sup> gibi kısıtlılıkları mevcuttur. Ayrıca bu çalışmaların standardize bir metodolojiden yoksun olduğu görülmektedir. Literatürde füzyon sürecinin makroskopik ve radyografik değerlendirmesi arasında farklar olduğu bildirilmiştir.<sup>321,322</sup> Bu nedenle, iki farklı tür çalışmanın sonuçları karşılaştırmaması gerektiği düşünülmektedir. Bir başka fark ise yazarların aynı füzyon (tam epifizyal birleşme) tanımını kullanmamalarıdır. Bazı yazarlar epifizlerin %100'ü kaynaştığında

füzyon yaşına ulaşıldığını düşünürken, bazı yazarlar ise füzyonu, örneklerinin %50'sinin veya daha fazlasının tam kaynama gösterdiği zaman olarak ifade etmektedir.<sup>321,323</sup> Bu nedenle literatürde verilen yaş aralıkları arasında karşılaştırma yapmak uygun görülmemektedir.

Distal tibia ve kalkaneusu inceleyen daha önceki çalışmalarda genellikle kuru kemiklerin makroskopik incelemesi ve X-ray analizi kullanılmıştır. Hoerr ve Pyle tarafından 4500 X-ray görüntüsü değerlendirilerek yapılan bu konudaki en kapsamlı çalışmada, distal epifizin tam füzyonunun meydana geldiği ortalama yaşın kadınlarda 14,4 ve erkeklerde 16,4 olduğu tespit edilmiştir.<sup>324</sup> Çalışmamızda tam füzyonun meydana geldiği ortalama yaş kadınlarda 23,02 erkeklerde 24,04 yaşta tespit edilmiştir. Her iki çalışmada da tam füzyonun kadınlarda erkeklerden daha erken meydana gelmiş olduğu görülmüş olsa da ortalama yaşlar arasındaki ciddi farkın, kullanılan radyolojik yöntem ve evreleme sistemlerindeki metodolojik farklılıklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Flecker ve ark.'nın (1932) distal tibial epifiz kapanmasını geleneksel radyografi kullanarak inceledikleri çalışmada; füzyonun ilk belirtilerinin kadınlarda en erken 13 yaşında, erkeklerde ise en erken 15 yaşında görüldüğü; tam füzyonun kadınların çoğunda 14 yaşında ve erkeklerin çoğunda 17 yaşında meydana geldiği bildirilmiştir.<sup>99</sup> Çalışmamızda füzyonun ilk belirtileri kadınlarda ortalama 15,80 yaşta (en erken 12,5 yaş), erkeklerde ortalama 14,99 yaşta (en erken 9,9 yaş) görülürken tam füzyon kadınlarda ortalama 23,02 yaşta, erkeklerde ortalama 24,04 yaşta saptanmıştır. İki çalışma karşılaştırıldığında özellikle tam füzyonun gerçekleştiği ortalama yaşlar arasında her iki cinsiyet için belirgin farklılık olduğu görülmektedir. Bu farklılığa iki örneklem arasındaki zaman farkı ve metodolojik farklılıkların neden olabileceği düşünülmektedir.

Crowder ve ark.'nın distal tibial epifizinin X-ray görüntülerini inceledikleri çalışmada füzyonun ilk belirtilerinin kadınlarda 11 yaşında ve erkeklerde 12 yaşında; tam füzyonun kadınlarda 16 yılda ve erkeklerde 19 yılda meydana geldiği bildirilmiştir.<sup>320</sup> Banerjee ve ark.'nın Hint popülasyonunda X-ışını görüntülerinde tibia ve fibula alt uçlarının epifiz füzyonunu inceledikleri çalışmada ise tam füzyonun erkeklerde 17-18 yaş aralığında, kadınlarda 16-17 yaş aralığında meydana gelmiş olduğu bildirilmiştir.<sup>325</sup> Çalışmamız ile bu iki çalışma karşılaştırıldığında bulgular

arasında uyumsuzluk olduğu görülmektedir. Bu uyumsuzluğa kullanılan radyolojik yöntem olarak direkt grafi ile MRG'nin karşılaştırmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Literatürde çocuklarda ve genç erişkinlerde kalkaneus ossifikasyonu ile ilgili distal tibiaya göre daha az çalışma bulunduğu görülmüştür. Bunun nedeninin muhtemelen kalkaneusun röntgende incelenmesinin zor olması ve epifiz birleşmesinin femur veya tibia gibi uzun kemik epifizlerinin füzyonu kadar net görünmemesi olduğu düşünülmektedir.<sup>326</sup> Flecker, füzyonun en erken belirtilerinin kadınlarda 12, erkeklerde 15 yaşında görülmeye başladığını ve füzyonun kadınlarda 14, erkeklerde 16 yaşında tamamlandığını belirtmiştir.<sup>99</sup>. Scheuer ve Black ise tam füzyonun kadınlarda 15-16 yıl arasında ve erkeklerde 18-20 yıl arasında gerçekleştiğini tahmin etmiştir.<sup>57</sup> Çalışmamızda kalkaneal epifiz füzyonunun başladığı en erken yaşın kadınlarda 10,9 yaş, erkeklerde 7,8 yaş olduğu, tam füzyonun kadınlarda ortalama 19,44 yaşta, erkeklerde ortalama 24,27 yaşta gerçekleştiği bulunmuş olup uyumsuz sonuçlar daha önceki çalışmalarda olduğu gibi metodolojik farklılıklara bağlanmıştır.

Literatürde distal tibia ve kalkaneusu inceleyen MRG çalışmalarının Saint-Martin ve ark.<sup>326</sup>, Ekizoğlu ve ark.<sup>327</sup> ile Lu ve ark.'na<sup>7</sup> ait olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar arasında da bazı metodolojik farklılıklar olduğu izlenmektedir. Saint-Martin ve ark. çalışmalarında 3 aşamalı bir evreleme sistemi geliştirmiş olup Ekizoğlu ve ark. bu evreleme sistemini Türk popülasyonuna uygulamıştır. Lu ve ark.'nın çalışmasında, Fan ve ark.<sup>4</sup> tarafından geliştirilen 6 aşamalı bir evreleme sistemi ayak bileği eklemine uygulanmıştır. Bizim çalışmamızda, bu 6 aşamalı evreleme sistemi Türk popülasyonuna uygulanmıştır.

Saint-Martin ve ark.'nın 3 aşamalı evreleme sistemi ile Lu ve ark.'nın 6 aşamalı evreleme sisteminin her ikisi de evre 1'i aynı şekilde tanımlamaktadır. Buna göre evre 1'de metafiz ve epifiz arasında köprüleşme olmaksızın kesintisiz bir boşluk mevcuttur. Saint-Martin'in evre 2'si ise Lu ve ark.'nın evre 2, evre 3 ve evre 4'ünü içermektedir. Bu evrelerde epifiz ve metafiz arasında farklı aşamalarda köprüleşme mevcuttur, ancak tam füzyon henüz gerçekleşmemiştir. Saint-Martin'in evre 3'ü, Lu ve ark.'nın evre 5 ve evre 6'sına karşılık gelmektedir. Bu evrelerde epifizial skar hattı görünür olsun veya olmasın tam füzyon gerçekleşmiştir.<sup>7,326</sup> Bu benzerlikten dolayı çalışmamızdaki evre 1,

evre 2 ve evre 5; 3 aşamalı evrelendirme yapılan çalışmaların sırasıyla evre 1, evre 2 ve evre 3'üyle ayrıca karşılaştırılacaktır.

Çalışmamızda hem distal tibial epifiz hem de kalkaneal epifiz hattı için evre 1'in en erken görülme yaşının (erkeklerde 7.0 yaş, kadınlarda 7,6 yaş) benzer çalışmalardan<sup>7,326,327</sup> bir yıl daha küçük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni benzer çalışmaların örneklemeleri 8-25 yaş aralığını içerirken çalışmamızın örnekleminin 7-26 yaş aralığının içermesidir.

Çalışmamızdaki distal tibial epifiz için evreler incelendiğinde; evre 2'yi ilk olarak erkeklerde 9,9 yaşta, kadınlarda 12,5 yaşta tespit ettik. Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> ise evre 2 ilk olarak erkeklerde 14,8 yaşta, kadınlarda 10,9 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> erkeklerde 12 yaşta, kadınlarda 9 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> erkeklerde 14 yaşta, kadınlarda 12 yaşta bulunmuştur. Çalışmamızdaki bulguların diğer çalışmalarla uyumsuz olduğu noktalar görülmekle birlikte, evre 2 erkek olgulara detaylı bakıldığında 9,9 yaşta 1 olgu mevcut olduğu, bu olgudan sonra ilk görülme yaşının 12.0 yaş olduğu tespit edilmiştir. Uç değerlerin hastane kayıtlarındaki yanlışlıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu durumda çalışmamızda her iki cinsiyette evre 2 olarak değerlendirilen tüm olguların (9,9 yaştaki olgu hariç tutulduğunda) 12 yaş üzerinde olduğu görüldü. Bu bulgunun adli süreçlerdeki önemli yaş sınırlarından biri olan 12 yaş sınırını belirlemede ek bir kriter olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda evre 3'ü ilk olarak erkeklerde 14,2 yaşta, kadınlarda 13,2 yaşta tespit ettik. Lu ve ark.<sup>7</sup> ise evre 3'ü ilk olarak erkeklerde 13,5 yaşta, kadınlarda 13,9 yaşta bulmuştur. Bulgularımız arasındaki bu uyumsuzluğun çalışmaya dahil edilen popülasyonların farklı etnik kökenlerden olması nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmamızda her iki cinsiyet için evre 3 olarak değerlendirilen tüm olguların 12 yaş üzerinde olduğu görüldü. Bunun adli süreçlerdeki önemli yaş sınırlarından biri olan 12 yaş sınırını belirlemede ek bir kriter olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda evre 4 ilk olarak erkeklerde 16,8 yaşta, kadınlarda 16,1 yaşta görüldü. Lu ve ark.<sup>7</sup> ise evre 4'ü ilk olarak erkeklerde 15,4 yaşta, kadınlarda 15,3 yaşta bulmuştur. Bulgularımız arasındaki bu uyumsuzluğun çalışmaya dahil edilen popülasyonların farklı etnik kökenlerden olması nedeniyle meydana geldiği

düşünülmektedir. Ayrıca çalışmamızda her iki cinsiyet için evre 4 olarak değerlendirilen tüm olguların 15 yaş üzerinde olduğu görüldü. Bunun adli süreçlerdeki önemli yaş sınırlarından biri olan 15 yaş sınırını belirlemede ek bir kriter olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda Evre 5 ilk olarak erkeklerde 15,8 yaşta, kadınlarda 15,6 yaşta tespit edilirken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 18,3 yaşta, kadınlarda 15,6 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> (tam füzyon-evre 3) erkeklerde 16 yaşta, kadınlarda 14 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın<sup>327</sup> çalışmasında (tam füzyon - evre 3) erkeklerde 15 yaşta, kadınlarda 14 yaşta görülmüştür. Evre 5'in ilk olarak görüldüğü yaşları daha detaylı incelediğimizde çalışmamızda erkeklerde 15,8 yaşta 1 olgu ve kadınlarda 15,6 yaşta bir olgu dışında tüm olguların 18 yaşın üzerinde olduğu görülmektedir. Bu iki olgu (15,8 yaştaki bir erkek olgu ve 15,6 yaşındaki bir kadın olgu) dışarda tutulduğunda evre 5'in 18 yaş üstünü göstermede ek bir kriter olabileceğini düşünmekteyiz. Benzer şekilde Lu ve ark. ile Saint-Martin ve ark.'nın çalışmalarında da tam füzyonun erkeklerde 18 yaş üstünü göstermede ek bir kriter olarak kullanılabileceği belirtilmektedir.<sup>7,326</sup>

Çalışmamızda evre 6 ilk olarak erkeklerde 22,8 yaşta tespit edilmiş olup kadın olgularda evre 6 görülmedi. Lu ve ark.'nın çalışmasında ise evre 6 ilk olarak erkeklerde 23,3 yaşta, kadınlarda 23,5 yaşta görülmüştür.<sup>7</sup> Evre 6'nın kadınlarda tespit edilmemesinin örneklemin üst yaş sınırının 26 yaş olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Çalışmamız ve diğer üç çalışma karşılaştırıldığında, bazı evrelerin ilk görülme yaşları arasında saptanan uyumsuzluğun; Lu ve ark.'nın çalışması<sup>7</sup> için popülasyonların farklı etnik kökenlerden olmasından, Saint-Martin ve ark.<sup>326</sup> ile Ekizoğlu ve ark.'nın<sup>327</sup> çalışmaları için örneklem genişliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Distal tibial epifiz için her evrenin son görülme yaşlarına baktığımızda, çalışmamızda evre 1 son olarak erkeklerde 17,7 yaşta, kadınlarda ise 13,3 yaşta görülmüş olup Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 15,68 yaşta, kadınlarda 13,78 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> her iki cinsiyet için 12 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> erkeklerde 14 yaşta kadınlarda, 13 yaşta tespit edilmiştir. Çalışmamızda evre 1'de tespit edilen son görülme yaşlarının her iki cinsiyet için 18 yaş

altında olduğu, bunun benzer üç çalışmayla da uyumlu olması nedeniyle bu bulgunun hukuk sistemlerinde önemli olan 18 yaş sınırının tespitiyle ilgili ek bir kriter olabileceğı düşünölmektedir.<sup>7,326,327</sup>

Çalışmamızda evre 2 son olarak erkeklerde 25,3 yaşta, kadınlarda 25,5 yaşta tespit edilirken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 22,66 yaşta, kadınlarda 17.88 yaşta görölmüşür. Aynı zamanda çalışmamızda evre 2 erkeklerde son görölme yaşı olan 25,3 yaşta yalnızca bir olgu tespit edilmiş olup diğör tüm olguların 18 yaş altında olduğünün görölmesi nedeniyle, bu 25,3 yaştaki olgunun hastane kayıtlarındaki bir hatadan (doğum tarihinin yanlış kaydı, yanlış tanı kodu, tanı konulamamış patolojik durumlar gibi) kaynaklı olabileceğini ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını düşünmekteyiz. Bu da erkeklerde evre 2'nin de 18 yaş sınırı tespiti açısından ek bir kriter olabileceğini düşöndürmektedir.

Evre 3 son olarak, bizim çalışmamızda erkeklerde 26,1 yaşta, kadınlarda 26,3 yaşta; Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 24,25 yaşta, kadınlarda 24,19 yaşta tespit edilmiştir. Evre 4 son olarak, bizim çalışmamızda erkeklerde 26,1 yaşta, kadınlarda 26,6 yaşta görölürken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 24,89 yaşta, kadınlarda 24,97 yaşta tespit edilmiştir.

Evre 5'in son görölme yaşı bizim çalışmamızda erkeklerde 26,7 yaşta, kadınlarda 25,9 yaşta görölmüş olup Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 24,85 yaşta, kadınlarda 24,94 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> (tam füzyon-evre 3) her iki cinsiyet için 25 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> (tam füzyon-evre 3) her iki cinsiyet için 25 yaşta tespit edilmiştir. Çalışmamızda evre 5'in son görölme yaşının diğör çalışmalardan daha ileride olmasının nedeni, diğör çalışmalarda üst sınır 25 yaş iken bizim çalışmamızda örneklemin üst yaş sınırının 26 yaşı kapsayacak şekilde çalışmaya dahil edilmesi olarak düşünölmektedir.

Çalışmamızda evre 6'nın son görölme yaşı erkeklerde 23,3 yaş olup kadınlarda evre 6 tespit edilmedi. Lu ve ark.'nın<sup>7</sup> çalışmasında ise evre 6 erkeklerde tespit edilmemişken kadınlarda son görölme yaşı olarak 23,34 yaş bulunmuştur. Çalışmamızda evre 6'nın erkeklerde yalnızca 2 olguda tespit edilip kadınlarda görölmemesinin nedeni üst yaş sınırının 26 yaş olmasıdır. Yaş sınırı daha yüksek bir örneklem ile çalışılması durumunda olgu sayısında artış olacağı kanaatindeyiz.

Çalışmamızdaki kalkaneal epifiz için evreler incelendiğinde; evre 2 ilk olarak erkeklerde 7,8 yaşta kadınlarda 10,9 yaşta tespit edildi. Lu ve ark.<sup>7</sup> evre 2'yi ilk olarak erkeklerde 9,00 yaşta kadınlarda 11,39 yaşta; Saint-Martin ve ark.<sup>326</sup> erkeklerde 11 yaşta kadınlarda 9 yaşta; Ekizoğlu ve ark.<sup>327</sup> erkeklerde 14 yaşta kadınlarda 10 yaşında bulmuştur. Çalışmamızda evre 2'nin kadınlardaki ilk görülme yaşı Lu ve ark.<sup>7</sup> ile Ekizoğlu ve ark.'nın<sup>327</sup> çalışmalarıyla uyumlu bulunurken erkeklerde ilk görülme yaşı diğer çalışmalarla uyumlu bulunmadı. Çalışmamızda evre 2'in erkeklerde ilk görülme yaşı yalnızca bir olguda 7,8 yaş olarak görüldü. Diğer çalışmalarda örneklem alt yaş sınırı 8 iken bizim çalışmamızda alt yaş sınırı 7 olarak alındığından, detaylı incelediğimize bu bir olgu dışında ilk görülme yaşının 9,3 yaş olduğu ve bu haliyle Lu ve ark.'nın çalışmasıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Saint-Martin ve ark. ile Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmaları ile aradaki farkın örneklem genişliklerinin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda Evre 3 ilk olarak erkeklerde 14,0 yaşta, kadınlarda 12,8 yaşta görülmüş olup Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 13,03 yaşta, kadınlarda 10,92 yaşta tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda her iki cinsiyet için evre 3 olarak değerlendirilen tüm olguların 12 yaş üzerinde olduğu görüldü. Bunun adli süreçlerdeki önemli yaş sınırlarından biri olan 12 yaş sınırını belirlemede ek bir kriter olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda evre 4 ilk olarak erkeklerde 15,8 yaşta, kadınlarda 14,7 yaşta tespit edilirken Lu ve ark.'nın çalışmasında erkeklerde 13,41 yaşta, kadınlarda 12,68 yaşta görülmüştür. Bulgular arasındaki farkın çalışma popülasyonlarının farklı etnik kökenlerden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızdaki Evre 4 olgulara detaylı bakıldığında 14,7 yaştaki 1 kadın olgu dışında tüm olguların 15 yaş üzerinde olduğu tespit edilmiş olup bu bulgunun 15 yaş sınırı tespiti açısından ek bir kriter olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda evre 5 ilk olarak erkeklerde 18,7 yaşta, kadınlarda 15,2 yaşta tespit edilirken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 15,39 yaşta, kadınlarda 14,35 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> (tam füzyon - evre 3) erkeklerde 17 yaşında, kadınlarda 12 yaşında; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> (tam füzyon - evre 3) erkeklerde 16 yaşında, kadınlarda 12 yaşında görülmüştür. Sonuçlar arasındaki uyumsuzlukların; Lu ve ark.'nın çalışması için popülasyonların etnik kökenlerindeki

faklılıktan, Saint-Martin ve ark. ile Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmaları için örneklem genişliğinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ayrıca çalışmamızda evre 5 olarak değerlendirilen erkek olguların tamamının 18 yaş üzerinde olduğu görülmüş olması erkeklerde evre 5'in de 18 yaş sınırı tespiti açısından ek bir kriter olabileceğini düşündürmektedir.

Kalkaneal epifiz için her bir evrenin son görülme yaşlarını incelediğimizde; çalışmamızda evre 1 son olarak erkeklerde 17,7 yaşta, kadınlarda ise 13,7 yaşta görülmüş olup Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 14,45 yaşta, kadınlarda 13,78 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> erkeklerde 12 yaşta, kadınlarda 10 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> erkeklerde 14 yaşta, kadınlarda 12 yaşta tespit edilmiştir. Çalışmamızda diğer üç çalışmayla uyumlu olarak evre 1 her iki cinsiyet için tüm olgularda 18 yaşın altında tespit edilmiştir. Bu bulgunun 18 yaş sınırını belirlemede ek bir kriter olabileceği düşünülmektedir.

Evre 2'nin son görülme yaşı çalışmamızda erkeklerde 26,1 yaş, kadınlarda 25,5 yaş olarak bulunurken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 15,68 yaşta, kadınlarda 14,67 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> erkeklerde 19 yaşta, kadınlarda 13 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> erkeklerde 20 yaşta, kadınlarda 14 yaşta görülmüştür. Bulgular arasındaki farkın Lu ve ark.'nın çalışması için popülasyonların farklı etnik kökenlerden olmasından, Saint-Martin ve ark. ile Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmaları için örneklem genişliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Evre 3 son olarak bizim çalışmamızda erkeklerde 26,1 yaşta, kadınlarda 26,3 yaşta görülürken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 24,25 yaşta, kadınlarda 24,19 yaşta tespit edilmiştir. Çalışmamızda evre 4 son olarak her iki cinsiyette 26,6 yaşta tespit edilirken Lu ve ark.'nın çalışmasında erkeklerde 22,32 yaşta, kadınlarda 20,85 yaşta görülmüştür. Bulgular arasındaki uyumsuzluğa örneklemelerin etnik kökenlerinin farklı olmasının neden olduğu düşünülmektedir.

Evre 5 son olarak çalışmamızda erkeklerde 26,7 yaşta, kadınlarda 25,8 yaşta olarak bulunurken Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> erkeklerde 24,81 yaşta, kadınlarda 24,66 yaşta; Saint-Martin ve ark.'nın çalışmasında<sup>326</sup> her iki cinsiyette 25 yaşta; Ekizoğlu ve ark.'nın çalışmasında<sup>327</sup> her iki cinsiyette 25 yaşta görülmüştür. Çalışmamızda evre 5'in son görülme yaşının diğer çalışmalardan daha ilerde olmasının

nedeni olarak diğer çalışmalarda örneklemin üst yaş sınırı 25 yaş iken bizim çalışmamızda üst yaş sınırının 26 yaş kapsayacak şekilde çalışmaya dahil edilmiş olması düşünülmüştür.

Evre 6'nın son görülme yaşı çalışmamızda erkeklerde 23,30 olup kadın olgularda evre 6 tespit edilmemiştir. Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> ise erkeklerde son olarak 24,89 yaşta, kadınlarda 24,97 yaşta görülmüştür. Çalışmamızda evre 6'nın erkeklerde yalnızca bir olguda tespit edilip kadınlarda görülmemesinin nedeni, üst yaş sınırının 26 yaş olmasıdır. Yaş sınırı daha yüksek bir örneklem ile çalışılması durumunda olgu sayısında artış olacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda kadınlarda evre 2 dışındaki tüm evrelerde yaş ortalamaları, hem distal tibia hem de kalkaneus epifizi için erkeklere göre daha düşük tespit edildi. Bunun önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görüldü. Özellikle distal tibia epifizi evre 1 ve evre 3'te ( $p<0,05$ ), kalkaneus epifizinde ise evre 3 ve evre 5'te ( $p<0,05$ ) cinsiyetler arası anlamlı farklılıklar tespit edildi. Benzer şekilde Lu ve ark.'nın çalışmasında<sup>7</sup> da distal tibia ve kalkaneus epifiz ossifikasyonunda cinsiyetler arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında tüm yaş tahmin yöntemlerinde olduğu gibi diz MR görüntüleriyle yapılan yaş tahminlerinde de cinsiyetlere göre ayrı ayrı değerlendirilme yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızın ayak bilek MRG değerlendirmesi yapan diğer çalışmalarla karşılaştırması tablo 13 ve 14'te verilmiştir.

**Tablo 13. Ayak bilek MRG ile yapılmış önceki çalışmalar ile çalışmamızın karşılaştırılması.**

| Çalışmacı                           | Ülke               | Çalışma Protokolü                                                                                                                                 | Evre | Distal Tibial Epifiz |                 | Kalkaneal Epifiz |                 |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                     |                    |                                                                                                                                                   |      | Kadın (min-max)      | Erkek (min-max) | Kadın (min-max)  | Erkek (min-max) |
| Saint-Martin ve ark. <sup>326</sup> | Fransa             | 8-25 yaş arası, Retrospektif, 2-4 mm, 1.5 T MR Fast spin eko T1 ağırlıklı sagittal görüntü, Saint-Martin ve ark.'nın tanımladığı evreleme sistemi | 1    | 8-12                 | 8-12            | 8-10             | 8-12            |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 2    | 9-19                 | 12-21           | 9-13             | 11-19           |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 3    | 14-25                | 16-25           | 12-25            | 17-25           |
| Ekizoğlu ve ark. <sup>327</sup>     | Türkiye (İstanbul) | 8-25 yaş arası, Retrospektif, 2-4 mm, 1.5 T MR Fast spin eko T1 ağırlıklı sagittal görüntü, Saint-Martin ve ark.'nın tanımladığı evreleme sistemi | 1    | 8-13                 | 8-14            | 8-12             | 8-14            |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 2    | 12-19                | 14-21           | 10-14            | 14-20           |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 3    | 14-25                | 15-25           | 12-25            | 16-25           |
| Lu ve ark. <sup>7</sup>             | Çin                | 8-25 yaş arası, Retrospektif, 2-4 mm, 1.5 T MR Fast spin eko T1 ağırlıklı sagittal görüntü, Fan ve ark.'nın tanımladığı evreleme sistemi          | 1    | 8.00-13.78           | 8.02-15.68      | 8.00-13.78       | 8.02-14.45      |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 2    | 10.92-17.88          | 14.82-22.66     | 11.39-14.67      | 9.00-15.68      |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 3    | 13.94-24.19          | 13.48-24.25     | 10.92-24.19      | 13.03-24.25     |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 4    | 15.29-24.97          | 15.39-24.89     | 12.68-20.85      | 13.41-22.32     |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 5    | 15.56-24.94          | 18.32-24.85     | 14.35-24.66      | 15.39-24.81     |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 6    | 22.68-24.34          | -               | 17.79-24.97      | 17.16-24.89     |
| Bizim Çalışmamız                    | Türkiye (Adana)    | 7-26 yaş arası, Retrospektif 3,5 mm, 1.5 T MR Fast spin eko T1 ağırlıklı sagittal görüntü Lu ve ark.'nın tanımladığı evreleme sistemi             | 1    | 7.6-13.3             | 7.0-17.7        | 7,6-13,7         | 7,0-17,7        |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 2    | 12.5-25.5            | 9.9-25.3        | 10,9-25,5        | 7,8-26,1        |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 3    | 13.2-26.3            | 14.2-26.1       | 12,8-26,3        | 14,0-26,1       |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 4    | 16.1-26.6            | 16.8-26.1       | 14,7-26,6        | 15,8-26,6       |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 5    | 15.6-25.9            | 15.8-26.7       | 15,2-25,8        | 18,7-26,7       |
|                                     |                    |                                                                                                                                                   | 6    | -                    | 22.2-23.3       | -                | 23,30           |

**Tablo 14. Ayak bilek MRG ile yapılmış 6 evreli çalışma ile bizim çalışmamızın karşılaştırılması.**

| Evre   | Çalışma                | Ülke    | Distal Tibial Epifiz |       |             |             |       |             | Kalkaneal Epifiz |       |             |             |       |             |
|--------|------------------------|---------|----------------------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|------------------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|
|        |                        |         | Erkek (yaş)          |       |             | Kadın (yaş) |       |             | Erkek (yaş)      |       |             | Kadın (yaş) |       |             |
|        |                        |         | N                    | Ort.  | Min-Max     | N           | Ort.  | Min-Max     | N                | Ort.  | Min-Max     | N           | Ort.  | Min-Max     |
| Evre 1 | Lu et al. <sup>7</sup> | Çin     | 81                   | 11.66 | 8.02-15.68  | 27          | 10.58 | 8.00-13.78  | 59               | 11.19 | 8.02-14.45  | 25          | 10.44 | 8.00-13.78  |
|        | Bizim çalışmamız       | Türkiye | 62                   | 11.21 | 7.0-17.7    | 48          | 10.22 | 7.6-13.3    | 53               | 11.14 | 7.0-17.7    | 46          | 10.22 | 7.6-13.7    |
| Evre 2 | Lu et al.              | Çin     | 23                   | 17.46 | 14.82-22.66 | 13          | 14.65 | 10.92-17.88 | 15               | 12.43 | 9.00-15.68  | 5           | 13.33 | 11.3-14.67  |
|        | Bizim çalışmamız       | Türkiye | 28                   | 14.99 | 9.9-25.3    | 22          | 15.80 | 12.5-25.5   | 42               | 15.34 | 7.8-26.1    | 21          | 15.91 | 10.9-25.5   |
| Evre 3 | Lu et al.              | Çin     | 74                   | 19.58 | 13.48-24.25 | 59          | 18.09 | 13.94-24.19 | 12               | 16.99 | 13.03-24.25 | 5           | 17.39 | 10.92-24.19 |
|        | Bizim çalışmamız       | Türkiye | 42                   | 19.32 | 14.2-26.1   | 30          | 17.39 | 13.2-26.3   | 53               | 19.68 | 14.0-26.1   | 33          | 17.64 | 12.8-26.3   |
| Evre 4 | Lu et al.              | Çin     | 108                  | 21.61 | 15.39-24.89 | 58          | 21.19 | 15.29-24.97 | 34               | 17.73 | 13.41-22.32 | 35          | 16.34 | 12.68-20.85 |
|        | Bizim çalışmamız       | Türkiye | 42                   | 22.15 | 16.8-26.1   | 22          | 21.52 | 16.1-26.6   | 33               | 22.50 | 15.8-26.6   | 30          | 21.88 | 14.7-26.6   |
| Evre 5 | Lu et al.              | Çin     | 39                   | 22.62 | 18.32-24.85 | 35          | 22.44 | 15.56-24.94 | 12<br>5          | 20.65 | 15.39-24.81 | 63          | 19.98 | 14.35-24.66 |
|        | Bizim çalışmamız       | Türkiye | 18                   | 24.04 | 15.8-26.7   | 15          | 23.02 | 15.6-25.9   | 12               | 24.27 | 18.7-26.7   | 7           | 19.44 | 15.2-25.8   |
| Evre 6 | Lu et al.              | Çin     | 1                    | 23.34 | -           | 4           | 23.49 | 22.68-24.34 | 81               | 22.21 | 17.16-24.89 | 63          | 22.34 | 17.79-24.97 |
|        | Bizim çalışmamız       | Türkiye | 2                    | 22.75 | 22.2-23.3   | -           | -     | -           | 1                | 23.30 | -           | -           | -     | -           |

Çalışmamızın diğer çalışmalarda olduğu gibi bazı sınırlamaları olduğu görülmüştür. Bunlardan ilki retrospektif olması dolayısıyla kullanılan MR görüntülerinde farklı sekans ve kesit kalınlığında çalışılamamasıdır. Bir diğer sınırlama da olguların sosyoekonomik ve etnik kökenleriyle ilgili veri eksikliğinin olmasıdır. İntra ve interobserver verilerimiz doğru olmasına rağmen gözlemci deneyimlerinin veriler üzerinde yanlılık etkisi olduğu bilinmektedir.<sup>328</sup> Bu nedenle çalışmamızın bir diğer ana kısıtlılığı, distal tibial ve kalkaneal epifizin MR görüntülerini değerlendirmede gözlemcilerin deneyimlerinin yetersiz olabileceğidir. Referans örneklem büyüklüğümüz (n = 331) her aşama için istenen bir aralığı elde etmemize izin verecek kadar büyük olmasına rağmen toplanan verilerin yaş dağılımı homojen olmayıp baskın yaş aralığının 18 yaş altı olduğu görülmektedir. Bu da çalışmamızın bir diğer sınırlaması olarak kabul edilmelidir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Bu tez çalışmamızda, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcalı Hastanesi polikliniklerine herhangi bir nedenle başvurup ayak bileği MR çekilen hastaların MR görüntüleri, Lu ve ark.'nın epifiz hattı kemikleşmesine göre tanımladığı 6 aşamalı evrelendirme metoduna göre incelenip elde edilen verilerin analizi yapılarak adli yaş tahmininde uygulanabilirliğini göstermek ve bu alandaki mevcut veri tabanını genişletmek amaçlanmıştır.
2. Çalışmamızda Ocak 2011-Aralık 2020 tarihleri arasında başvurmuş, yaşları 7-26 arasında değişen, dışlama kriterleri sonucunda geriye kalan 197'si erkek 134'ü kadın olmak üzere toplam 331 hastanın distal tibial ve kalkaneal epifiz ossifikasyonu retrospektif olarak değerlendirildi.
3. Çalışmada 1.5 ve 3 T MR, 3-4 mm kesit kalınlıklı, sagittal kesit T1 ağırlıklı sekansından elde edilen görüntüler değerlendirildi.
4. Çalışma sonucunda Evre 1'in de her iki cinsiyette hem distal tibial hem de kalkaneal epifiz için en son 18 yaş altında görüldüğü tespit edildi. Aynı zamanda distal tibial epifiz ossifikasyonunda evre 2'nin erkeklerde (25,5 yaştaki bir olgu hariç tutulduğunda) 18 yaş altında görüldüğü tespit edildi. Aynı zamanda distal tibial epifiz ossifikasyonunda tespit edilen evre 5'in (15,8 yaştaki bir erkek olgu ve 15,6 yaşındaki bir kadın olgu dışında tutulduğunda) her iki cinsiyette, kalkaneal epifiz ossifikasyonunda ise erkeklerdeki evre 5'in 18 yaş ve üzerinde görüldüğü tespit edildi. Elde edilen bu verilerin ülkemizin hukuk sisteminde bulunan yaş sınırlarından biri olan 18 yaşı bitirip bitirmediği konusunda diğer yaş tahmini tekniklerine ek olarak kullanılabilecek bir kriter olduğu düşünülmektedir.
5. Çalışma sonucunda distal tibial epifiz ossifikasyonunda tespit edilen evre 2'nin (9,9 yaştaki bir erkek olgu dışında tutulduğunda) ve hem distal tibial epifiz hem kalkaneal epifiz ossifikasyonunda tespit edilen evre 3'ün her iki cinsiyette 12 yaş üzerinde görüldüğü anlaşılmaktadır. Elde edilen bu verilerin ülkemizin hukuk sisteminde bulunan yaş sınırlarından biri olan 12 yaşı bitirip bitirmediği konusunda diğer yaş tahmini tekniklerine ek olarak kullanılabilecek bir kriter olduğu düşünülmektedir.

6. Çalışma sonucunda hem distal tibial epifiz ossifikasyonunda hem de kalkaneal epifiz ossifikasyonunda (14,7 yaştaki bir kadın olgu dışında tutulduğunda) tespit edilen evre 4'ün her iki cinsiyette 15 yaş üzerinde görüldüğü anlaşılmaktadır. Elde edilen bu verilerin ülkemizin hukuk siteminde bulunan yaş sınırlarından biri olan 15 yaşı bitirip bitirmediği konusunda diğer yaş tahmini tekniklerine ek olarak kullanılabilecek bir kriter olduğu düşünülmektedir.
7. Diğer çalışmalarda olduğu gibi çalışmamızda yaş ortalamalarına göre değerlendirildiğinde ossifikasyonun kadınlarda erkeklere göre daha önce tamamlandığı görülmektedir. Bu nedenle yaş tahmini uygulamalarında cinsiyete göre değerlendirme yapılmasının gerekli ve daha yararlı olduğu vurgulanmaktadır.
8. Ayak bileği MR görüntülerinin non-iyonize, non-invazif ve ayrıntılı görüntü sunabilmesi açısından adli yaş tahminlerinde kullanılabilecek ek bir yöntem olduğu görülmektedir. Ancak yüksek maliyetli olması ve ulaşılabilirliğinin az olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.
9. Çalışmamız retrospektif bir çalışma olup adli yaş tahminlerinde ayak bileği MR görüntülerinin uygulanabilirliği açısından daha değerli verilerin elde edilebilmesi ve uygun atlasların oluşturulabilmesi için farklı MR cihazı özellikleri (manyetik güç, kesit kalınlığı, ağırlık sekansları) ve farklı evreleme metotlarıyla birlikte olguların sosyoekonomik durumu ve etnik kökenleri de göz önüne alınarak çok merkezli, karşılaştırmalı, prospektif özellikte çalışmaların yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.
10. MR görüntüleri kullanılarak yapılan yaş tahmini çalışmalarında, güvenilirliği ve tutarlılığı artırmak için çalışmacıların bu konuda özel deneyime sahip olmaları gerektiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. **Zeyfeoglu Y, Hanci İH.** İnsanlarda kimlik tespiti. *sted.* **2001**;10(10):375-7.
2. **Baransel Isır A.** Adli hekimlikte yaş tayini. İçinde: Koç S, Can M, editörler. *Birinci Basamakta Adli Tıp*. 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Tabip Odası, **2011**: 222-31.
3. **Christensen AM, Passalacqua N V, Bartelink EJ.** Age estimation. In: Christensen AM, Passalacqua N V, Bartelink EJ, Eds. *Forensic Anthropology: Current Methods and Practice*. San Diego: Academic Press, **2014**: 243-84.
4. **Fan F, Zhang K, Peng Z, Cui J, Hu N, Deng Z.** Forensic age estimation of living persons from the knee: Comparison of MRI with radiographs. *Forensic Sci Int.* **2016**;268:145-50.
5. **Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke K-D, Geserick G.** Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Legal Med.* **2004**;118(1):5-8.
6. **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.
7. **Lu T, Shi L, Zhan M-J, Fan F, Peng Z, Zhang K, Deng Z-H.** 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.
8. **Gündoğmuş ÜN.** Adli Tıp Kurumu 2. İhtisas Kurulu uygulamaları. İçinde: Koç S, Can M, editörler. *Yaş Tayini - 6. Tıp Hukuku Günleri*. İzmir: Adli Tıp Uzmanları Derneği Yayını. **2017**(47): 47-50.
9. **Isır AB, Bakır K, Uçak R, Dülger HE.** AgNOR yöntemi ile insan epidermisinden yaş tespiti. *Fırat Tıp Derg.* **2004**;9(3):75-8.
10. **Büken B.** Yaş tayinlerinde uygulamada karşılaşılan sorunlar. İçinde: Koç S, Can M, editörler. *Yaş Tayini - 6. Tıp Hukuku Günleri*. İzmir: Adli Tıp Uzmanları Derneği Yayını. **2017**(47): 51-8.
11. **Eken Aksoy F.** Yaş tahmininde gerçek zamanlı kantitatif PZR yöntemi ile trec analizinin kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2020**.
12. **Lee M.** *Human trafficking*. 1<sup>st</sup> Ed. London: Routledge, **2007**.
13. **O'Donnell I, Milner C.** *Child Pornography: Crime, Computers and Society*. 1<sup>st</sup> Ed. London: Routledge, **2012**.
14. **Cattaneo C, Ritz-Timme S, Gabriel P, Gibelli D, Giudici E, Poppa P, Nohrden D, Assmann S, Schmitt R, Grandi M.** The difficult issue of age assessment on pedo-pornographic material. *Forensic Sci Int.* **2009**;183(1-3):21-4.
15. **Crossner CG, Mansfeld L.** Determination of dental age in adopted non-European children. *Swed Dent J.* 1983;7(1):1-10.
16. **Melsen B, Wenzel A, Miletic T, Andreasen J, Vagn-Hansen PL, Terp S.** Dental and skeletal maturity in adoptive children: assessments at arrival and after one year in the admitting country. *Ann Hum Biol.* **1986**;13(2):153-9.

17. **Fleischer-Peters A.** Die Bedeutung der Zähne für die Altersschätzung von Findelkindern. *Dtsch Zahnarztl Z.* **1987**;42:712-8.
18. **Braude SC, Henning LM, Lambert MI.** Accuracy of bone assessments for verifying age in adolescents-application in sport. *SA J Radiol.* **2007**;11(2):4-7.
19. **Dvorak J, George J, Junge A, Hodler J.** Age determination by magnetic resonance imaging of the wrist in adolescent male football players. *Br J Sports Med.* **2007**;41(1):45-52.
20. **Houlihan B, Malcolm D.** Sport and society: a student introduction. Sage; 2015.
21. **Chagula WK.** The age at eruption of third permanent molars in male East Africans. *Am J Phys Anthropol.* **1960**;18(2):77-82.
22. **Schmeling A, Black S.** An introduction to the history of age estimation in the living. In: Black S, Payne-James J, Aggrawal A, Eds. *Age Estimation in the Living: The Practitioners Guide.* Chichester: John Wiley & Sons, **2010**: 1-18.
23. **Vehit U.** Adli Antropolojide Yetişkin Bireylerin Yaş Tahmin Metodları, Sorunları ve Uygulanabilirlikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2019**.
24. **Demirkıran DS, Çelikel A, Zeren C, Arslan MM.** Yaş tespitinde kullanılan yöntemler. *Dicle Tıp Derg.* **2014**;41(1):239-43.
25. **Yarimoğlu BH, Alper B, Meral D, Çekin N.** Yaş tayini uygulamalarında epifiz plağı kapanma derecelerinin incelenmesi. *Adli Tıp Bülteni.* **2005**;10(3):84-9.
26. **Schmeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A.** Age estimation of unaccompanied minors: Part I. general considerations. *Forensic Sci Int.* **2006**;159:61-4.
27. **Surat A.** İdiopatik skolyoz. *J Turkish Spinal Surg.* **2010**;21(3):279-90.
28. **Boyunağa Ö.** Radyolojik kemik yaşı tayini. *Klin Pediatr.* **2002**;1(2):81-5.
29. **İzgi MS, Kök H.** Kemik yaşı ve maturasyon tespiti. *Selcuk Dent J.* **2020**;7(1):124-33.
30. **Oflaz MU, Görgülü S.** Ortodontide büyüme ve gelişimin değerlendirilmesi ve önemi. *ADO Klin Bilim Derg.* **2017**;8(2):1571-80.
31. **Pinchi V, De Luca F, Ricciardi F, Focardi M, Piredda V, Mazzeo E, Norelli G-A.** Skeletal age estimation for forensic purposes: a comparison of GP, TW2 and TW3 methods on an Italian sample. *Forensic Sci Int.* **2014**;238:83-90.
32. **Akbulut B.** Ceza mevzuatında çocuk ve çocukların yakalanması, gözetimine alınması. *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Derg.* **2013**;19(2):541-86.
33. **Ritz-Timme S, Kaatsch H-J, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Rösing FW, Röttscher K, Schmeling A, Geserick G.** Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Lebenden im Rentenverfahren. *Anthropol Anzeiger.* **2002**;4(4):389-92.
34. **Scientific Working Group for Forensic Anthropology (SWGANTH).** Personel Identification. Erişim: ([https://www.nist.gov/system/files/documents/2018/03/13/swganth\\_personal\\_identification.pdf](https://www.nist.gov/system/files/documents/2018/03/13/swganth_personal_identification.pdf)) 2010. Erişim Tarihi: 22.01.2022.

35. **Nawrocki SP.** The nature and sources of error in the estimation of age at death from the skeleton. In: Latham KE, Finnegan JM, Eds. *Age Estimation of the Human Skeleton*. Illinois: Charles C Tomas Publisher, **2010**: 79-101.
36. **Garvin HM, Nicholas V, Passalacqua DRG, Uhl NRM.** Developments in Forensic Anthropology: Age-at-Death Estimation. In: Dirkmaat D, Ed. *A Companion to Forensic Anthropology*. London: John Wiley & Sons, **2012**: 202-23.
37. **Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch H-J, Knell B, Ramsthaler F, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Röttscher K, Geserick G.** Criteria for age estimation in living individuals. *Int J Legal Med*. **2008**;122(6):457-60.
38. **Rösing FW, Graw M, Marré B, Ritz-Timme S, Rothschild MA, Röttscher K, Schmeling A, Schröder I, Geserick G.** Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *Homo*. **2007**;58(1):75-89.
39. **Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Rösing FW, Geserick G.** Forensic age diagnostics of living individuals in criminal proceedings. *Homo*. **2003**;54(2):162-9.
40. **Law H, Mensah L, Bailey S, Nelki J.** Immigration, asylum seekers and undocumented identity. In: Black S, Payne-James J, Aggrawal A, Eds. *Age Estimation in the Living: The Practitioners Guide*. Chichester: John Wiley & Sons, **2010**: 19-29.
41. **Schmeling A, Geserick G, Reisinger W, Olze A.** Age estimation. *Forensic Sci Int*. **2007**;165(2-3):178-81.
42. **Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch H-J, Knell B, Ramsthaler F, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Röttscher K, Geserick G.** Aktualisierte Empfehlungen für Altersschätzungen bei Lebenden im Strafverfahren. Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik (AGFAD). Erişim: ([https://www.dgrm.de/fileadmin/PDF/AG\\_FAD/empfehlungen\\_strafverfahren.pdf](https://www.dgrm.de/fileadmin/PDF/AG_FAD/empfehlungen_strafverfahren.pdf)) 2008. Erişim tarihi: 05.02.2022.
43. **Iannaccone G.** WW Greulich and SI Pyle: Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. I volume-atlante di 256 pagine. Stanford University Press, Stanford, California, 1959. *Acta Genet Medicae Gemellol Twin Res*. **1959**;8(4):513.
44. **Tanner JM.** *A New System for Estimating Skeletal Maturity From The Hand and Wrist, With Standards Derived From a Study Of 2600 Healthy British Children. Part II: The Scoring System*. Paris: Centre International de l'Enfance, **1962**.
45. **Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall W., Healy MJR, Goldstein H.** *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW2 Method)*. 2<sup>nd</sup> Ed. London: Academic Press; **1983**.
46. **Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N.** *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height: TW3 Method*. London: Saunders, **2001**:1-110.
47. **Roche AF, Thissen D, Chumlea W.** *Assessing the Skeletal Maturity of the Hand-Wrist: Fels Method*. 1<sup>st</sup> Ed. Illinois: Charles C Thomas, **1988**.
48. **Thieman H-H, Nitz I.** *Röntgenatlas der Normalen Hand im Kindesalter*. 2<sup>nd</sup> Ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, **1991**.
49. **Gök Ş, Erölçer N, Özen C.** *Adli Tıpta Yaş Tayini*. İstanbul: Adli Tıp Kurumu Yayınları; **1985**.

50. **Üzel M.** Türk Populasyonunda Puberte Dönemi Kemik Gelişimi ve Yaş Tayini Üzerine Anatomik ve Radyolojik Araştırma. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı, İstanbul, **2002**.
51. **Koc A, Karaoglanoglu M, Erdogan M, Kosecik M, Cesur Y.** Assessment of bone ages: Is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatr Int.* **2001**;43(6):662-5.
52. **Mentzel H-J, Vilser C, Eulenstein M, Schwartz T, Vogt S, Böttcher J, Yaniv I, Tsoref L, Kauf E, Kaiser WA.** Assessment of skeletal age at the wrist in children with a new ultrasound device. *Pediatr Radiol.* **2005**;35(4):429-33.
53. **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.
54. **Kreitner K-F, Schweden F, Schild HH, Riepert T, Nafe B.** Die computertomographisch bestimmte Ausreifung der medialen Klavikulaepiphyse-eine additive Methode zur Altersbestimmung im Adoleszentenalter und in der dritten Lebensdekade? *RöFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren.* **1997**;166(6):481-6.
55. **Schmeling A, Garamendi PM, Prieto JL, Landa MI.** Forensic age estimation in unaccompanied minors and young living adults. In: Vieira DN, Ed. *Forensic Medicine - From Old Problems to New Challenges.* Rijeka: Intech, **2011**: 77-120.
56. **Müller CJN.** *Zur Altersbestimmung Beim Menschen Unter Besonderer Berücksichtigung Der Weisheitszähne.* Nürnberg: Erlangen, **1990**.
57. **Scheuer L, Black S.** Development and ageing of the juvenile skeleton. In: Cox M, Simon M, Eds. *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science.* 1<sup>st</sup> Ed. London: Greenwich Medical Media, **2000**: 9-22.
58. **Saunders E.** *The Teeth a Test of Age, Considered With Reference to the Factory Children: Addressed to the Members of Both Houses of Parliament.* 1<sup>st</sup> Ed. London: H. Renshaw, **1837**.
59. **Thomson AT.** Lectures on medical jurisprudence, now in course of delivery, at the University of London. *Lancet.* **1837**;28(727):673-9.
60. **Demirjian A.** Dentition. In: Falkner F, Tanner JM, Eds. *Postnatal growth neurobiology.* 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Springer, **1986**: 269-98.
61. **Gleiser I, Hunt Jr EE.** The permanent mandibular first molar: its calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol.* **1955**;13(2):253-83.
62. **Nolla CM.** The development of permanent teeth. *J Dent Child.* **1960**;(27):255-66.
63. **Haavikko K.** The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. An orthopantomographic study. *Suom Hammaslaakariseuran Toim.* **1970**;66(3):103-70.
64. **Liliequist B, Lundberg M.** Skeletal and tooth development: a methodologic investigation. *Acta Radiol Diagnosis.* **1971**;11(2):97-112.
65. **Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM.** A new system of dental age assessment. *Hum Biol.* **1973**;211-27.
66. **Gustafson G, Koch G.** Age Estimation Up to 16 Years of Age Based on Dental Development. *Odontol Revy.* **1974**;25:297-306.

67. **Massler M, Schour I, Poncher HG.** Developmental pattern of the child as reflected in the calcification pattern of the teeth. *Am J Dis Child.* **1941**;62(1):33-67.
68. **Legros C, Magitot LFE.** Origine et Formation du Follicule Dentaire Chez Les Mammiferes. Paris: J.-B. Baillière, **1873**.
69. **Peirce CN.** The development of the teeth, as recognized by the authorities of to-day. *Dent Cosmos.* **1877**;19(8):399-407.
70. **Cattell P.** The eruption and growth of the permanent teeth. *J Dent Res.* **1928**;8(2):279-87.
71. **Bustin E, Leist M, Priesel R.** Röntgenologische Studien am kindlichen Gebiß. *Fortschr Geb Rontgenstr.* **1929**;40:80-8.
72. **Hess AF, Lewis JM, Roman B.** A radiographic study of calcification of the teeth from birth to adolescence. *Dent Cosmos.* **1932**;1053-61.
73. **Mansourvar M, Ismail MA, Herawan T, Gopal Raj R, Abdul Kareem S, Nasaruddin FH.** Automated bone age assessment: motivation, taxonomies, and challenges. *Comput Math Methods Med.* **2013**;391626.
74. **Warren MW, Smith KR, Stubblefield PR, Martin SS, Walsh-Haney HA.** Use of radiographic atlases in a mass fatality. *J Forensic Sci.* **2000**;45(2):467-70.
75. **Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG.** *Brogdon's Forensic Radiology.* 2<sup>nd</sup> Ed. Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG, Eds. London: CRC Press, **2010**.
76. **Behrendsen E.** Studien über die Ossifikation der menschlichen Hand vermittelt des Roentgenschen Verfahrens. *Dtsch Med Wochenschr.* **1897**;23:433-5.
77. **Röntgen WC.** On a New Kind of Rays. *Science (80- ).* 1896;3(59):227-31.
78. **Rotch TM.** School life and its relation to the child's development. *Am J Med Sci.* **1909**;138(5):702.
79. **Carter TM.** Technique and devices used in radiographic study of the wrist bones of children. *J Educ Psychol.* **1926**;17(4):237-47.
80. **Baldwin BT, Busby LM, Garside HV.** *Anatomic Growth of Children: A study of Some Bones of the Hand, Wrist, and Lower Forearm by Means of Roentgenograms.* Iowa: The University; **1928**.
81. **Schmidt F, Moll H.** *Atlas der normalen und pathologischen Handskeletentwicklung.* 1<sup>st</sup> Ed. Berlin: Springer; **1960**.
82. **Cameriere R, Ferrante L, Mirtella D, Cingolani M.** Carpals and epiphyses of radius and ulna as age indicators. *Int J Legal Med.* **2006**;120(3):143-6.
83. **Hansman CF, Maresh MM.** A longitudinal study of skeletal maturation. *Am J Dis Child.* **1961**;101(3):305-21.
84. **Cobb WM.** Thomas Wingate Todd; 1885-1938. *J Natl Med Assoc.* **1959**;51(3):233-46.
85. **Garn SM, Rohmann CG, Wagner B, Ascoli W.** Continuing bone growth throughout life: a general phenomenon. *Am J Phys Anthropol.* **1967**;26(3):313-7.
86. **Tanner JM, Whitehouse RH, Marubini E, Resele LF.** The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth study. *Ann Hum Biol.* **1976**;3(2):109-26.

87. **Acheson RM, Hewitt D.** Oxford child health survey. *Br J Prev Soc Med.* **1954**;8(2):59.
88. **Sontag LW, Snell D, Anderson M.** Rate of appearance of ossification centers from birth to the age of five years. *Am J Dis Child.* **1939**;58(5):949-56.
89. **Elgenmark O.** The normal development of the ossification centres during infancy and childhood. A clinical, roentgenologic and statistical study. *Acta Paediat Scand.* **1946**;33(1):79.
90. **Poland J.** *Skiagraphic Atlas Showing the Development of the Bones of the Wrist and Hand: For the Use of Students and Others.* London: Smith, Elder, & Company; **1898**.
91. **Siegert F.** *Atlas der Normalen Ossifikation der Menschlichen Hand.* Leipzig: Georg Thieme; **1935**.
92. **Todd TW.** *Atlas of Skeletal Maturation.* St. Louis: The C.V. Mosby Company; **1937**.
93. **Gilsanz V, Ratib O.** *Hand Bone Age: A Digital Atlas of Skeletal Maturity.* Berlin: Springer; **2005**.
94. **Pyle SI, Hoerr NL.** *A Radiographic Standard o Reference for the Growing Knee.* Springfield, Illinois: CC Thomas, **1969**.
95. **Greulich WW, Pyle SI, Waterhouse AM.** *A Radiographic Standard of Reference for the Growing Hand and Wrist.* Cleveland Ohio: Case Western Reserve University, **1971**.
96. **Brodeur AE, Silberstein MJ, Graviss ER.** *Radiology of the Pediatric Elbow.* Boston: GK Hall Medical Publishers, **1981**.
97. **Acheson RM.** A method of assessing skeletal maturity from radiographs: a report from the Oxford Child Health Survey. *J Anat.* **1954**;88(4):498-508.
98. **Thodberg HH.** An automated method for determination of bone age. *J Clin Endocrinol Metab.* **2009**;94(7):2239-44.
99. **Fleckner H.** Roentgenographic observations of the times of appearance of epiphyses and their fusion with the diaphyses. *J Anat.* **1932**;67(1):118.
100. **Galstaun G.** A study of ossification as observed in Indian subjects. *Indian J Med Res.* **1937**;26:267-324.
101. **Jit I, Kulkarni M.** Times of appearance and fusion of epiphysis at the medial end of the clavicle. *Indian J Med Res.* **1976**;64(5):773-82.
102. **Black S, Scheuer L.** Age changes in the clavicle: from the early neonatal period to skeletal maturity. *Int J Osteoarchaeol.* **1996**;6(5):425-34.
103. **Kreitner K-F, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M.** Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Eur Radiol.* **1998**;8(7):1116-22.
104. **Schulz R, Zwiesigk P, Schiborr M, Schmidt S, Schmeling A.** Ultrasound studies on the time course of clavicular ossification. *Int J Legal Med.* **2008**;122(2):163-7.
105. **Quirnbach F, Ramsthaler F, Verhoff MA.** Evaluation of the ossification of the medial clavicular epiphysis with a digital ultrasonic system to determine the age threshold of 21 years. *Int J Legal Med.* **2009**;123(3):241-5.
106. **Stratz CH.** *Der Körper des Kindes: für Eltern, Erzieher, Ärzte und Künstler.* Stuttgart: Enke, **1904**.
107. **Reich H.** Klinische testikelmessungen bei kindern. *Jahrb f Kinderh.* **1924**;105:290-300.

108. **Greulich WW, Day HG, Lachman SE, Wolfe JB, Shuttleworth FK, Frank LK.** *A Handbook of Methods for the Study of Adolescent Children. Monographs of the Society for Research in Child Development Vol. 3, No. 2.* Washington: Society for Research in Child Development; **1938.**
109. **Reynolds EL, Wines JV.** Individual differences in physical changes associated with adolescence in girls. *Am J Dis Child.* **1948**;75(3):329-50.
110. **Reynolds EL, Wines JV.** Physical changes associated with adolescence in boys. *AMA Am J Dis Child.* **1951**;82(5):529-47.
111. **Hansen PF, With TK.** Clinical measurements of the testes in boys and men. *Acta Med Scand.* **1952**;142(S266):457-66.
112. **Stolz HR, Stolz LM.** *Somatic Development of Adolescent Boys: A Study of The Growth of Boys During the Second Decade of Life.* 1<sup>st</sup> Ed. New York: Macmillan, **1951.**
113. **Quaade F.** *Obese Children; Anthropology and Environment.* Copenhagen: Danske Videnskabs Forlag; **1955.**
114. **Falkner F.** The physical development of children: a guide to interpretation of growth-charts and development assessments; and a commentary on contemporary and future problems. *Pediatrics.* **1962**;29(3):448-66.
115. **Marshall WA, Tanner JM.** Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child.* **1969**;44(235):291-303.
116. **Marshall WA, Tanner JM.** Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child.* **1970**;45(239):13-23.
117. **Tanner JM, Whitehouse RH.** Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* **1976**;51(3):170-9.
118. **Euling SY, Herman-Giddens ME, Lee PA, Selevan SG, Juul A, Sorensen TIA, Dunkel L, Himes JH, Teilmann G, Swan SH.** Examination of US puberty-timing data from 1940 to 1994 for secular trends: panel findings. *Pediatrics.* **2008**;121(Supplement 3):172-191.
119. **Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin.** Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik. Erişim: (<https://www.dgrm.de/forensische-altersdiagnostik>) 2000. Erişim tarihi: 05.02.2022.
120. **Schmeling A, Geserick G, Kaatsch H-J, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Rösing FW, Röttscher K, Schmeling A, Geserick G.** Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren. *Anthropol Anzeiger.* **2001**;59(1):87-91.
121. **Lockemann U, Fuhrmann A, Püschel K, Schmeling A, Geserick G.** Arbeitsgemeinschaft für forensische altersdiagnostik der deutschen gesellschaft für rechtsmedizin. *Rechtsmedizin.* **2004**;14(2):123-6.
122. **Guo Y, Olze A, Ottow C, Schmidt S, Schulz R, Heindel W, Pfeiffer H, Vieth V, Schmeling A.** Dental age estimation in living individuals using 3.0 T MRI of lower third molars. *Int J Legal Med.* **2015**;129(6):1265-70.
123. **Ekizoglu O, Hocaoglu E, Inci E, Sayin I, Solmaz D, Bilgili MG, Can IO.** Forensic age estimation by the Schmeling method: computed tomography analysis of the medial clavicular epiphysis. *Int J Legal Med.* **2015**;129(1):203-10.

124. **Matthews H, Penington A, Clement J, Kilpatrick N, Fan Y, Claes P.** Estimating age and synthesising growth in children and adolescents using 3D facial prototypes. *Forensic Sci Int.* **2018**;286:61-9.
125. **Ubelaker DH, Khosrowshahi H.** Estimation of age in forensic anthropology: historical perspective and recent methodological advances. *Forensic Sci Res.* **2019**;4(1):1-9.
126. **Işcan MY, Loth SR, Wright RK.** Metamorphosis at the sternal rib end: a new method to estimate age at death in white males. *Am J Phys Anthropol.* **1984**;65(2):147-56.
127. 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu. Kabul Tarihi: 26/09/2004, Resmi Gazete Tarih ve sayısı:12.10.2004-25611
128. 4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu. Kabul Tarihi: 22/11/2001, Resmi Gazete Tarih ve sayısı:08.12.2001-24607
129. Ceza Muhakemesi Kanunu. Kanun Numarası: 5271, Kabul Tarihi: 4/12/2004, Resmi Gazete Tarih ve Sayısı: 17.12.2004-25673
130. Nüfus Hizmetleri Kanunu. Kanun Numarası: 5490, Kabul Tarihi: 25/4/2006
131. Çocuk Koruma Kanunu. Kanun Numarası: 5395, Kabul Tarihi: 03/07/2005
132. Ceza ve Güvenlik Tedbirlerinin İnfazı Hakkında Kanun. Kanun Numarası: 5275. Kabul Tarihi: 13/12/2004. Resmi Gazete Sayı 25685
133. Devlet Memurları Kanunu. Kanun Numarası: 657. Kabul Tarihi: 23/07/1965. Resmi Gazete Sayı 12056
134. Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu.Kanun Numarası:5510.Kabul Tarihi: 31/05/2006. Resmi Gazete Sayı 26200
135. **Yılmaz Ö.** Adli Tıp Kurumu'nda Yaş Tayininde Kullanılan Yöntemin Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi. T.C. Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu, İstanbul, **2006**.
136. **Black S, Aggrawal A, Payne-James J, Eds.** *Age Estimation in the Living: The Practitioner's Guide*. Chichester: John Wiley & Sons, **2011**.
137. **Parson W.** Age estimation with DNA: from forensic DNA fingerprinting to forensic (epi) genomics: a mini-review. *Gerontology.* **2018**;64(4):326-32.
138. **Zubakov D, Liu F, Kokmeijer I, Choi Y, van Meurs JBJ, van IJcken WFJ, Uitterlinden AG, Hofman A, Broer L, van Duijn CM, Lewin J, Kayser M.** Human age estimation from blood using mRNA, DNA methylation, DNA rearrangement, and telomere length. *Forensic Sci Int Genet.* **2016**;24:33-43.
139. **Sağır M.** Çocuk pornografisi suçlarında bilirkişi incelemesi ve dijital görüntülerdeki mağdurun yaş tespiti. *Ankara Üniversitesi Sos Bilim Derg.* **2017**;5(2):69-92.
140. **Malina RM, Beunen G.** Growth and maturation: methods of monitoring. In: Hebestreit H, Bar-Or O, Eds. *The Young Athlete*. 1<sup>st</sup> Edition. Oxford: Blackwell Publishing, **2008**: 430-42.
141. **Gönç EN, Özön ZA, Alikasıfoğlu A, Kandemir N.** Çocuklarda büyümenin değerlendirilmesi ve boy kısalığında tanısal yaklaşım. *Cocuk Sagligi ve Hast Derg.* **2015**;58(2):80-85.
142. **Baxter-Jones ADG, Thompson AM, Malina RM.** Growth and maturation in elite young female athletes. *Sports Med Arthrosc.* **2002**;10(1):42-9.

143. **Touwslager RN, Gielen M, Mulder AL, Gerver WJ, Zimmermann LJ, Fowler T, Houben AJ, Stehouwer CD, Derom C, Vlietinck R, Loos RJF, Zeegers MP.** Changes in genetic and environmental effects on growth during infancy. *Am J Clin Nutr.* **2011**;94(6):1568-74.
144. **Rogol AD, Clark PA, Roemmich JN.** Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr.* **2000**;72(2):521-8.
145. **Neyzi O, Günöz H, Furman A, Bundak R, Gökçay G, Darendeliler F.** Türk çocuklarında vücut ağırlığı, boy uzunluğu, baş çevresi ve vücut kitle indeksi referans değerleri. *Çocuk Sağlığı ve Hast Derg.* **2008**;51(1):1-14.
146. **WHO (World Health Organization).** WHO Child Growth Standards: Growth Velocity Based on Weight, Length And Head Circumference: Methods and Development. WHO Library Cataloguing. Erişim: (<https://www.who.int/publications/i/item/9789241547635>) 2009. Erişim tarihi: 22.01.2022.
147. **Parlaz EA, Tekgül N, Karademirci E, Öngel K.** Ergenlik dönemi: fiziksel büyüme, psikolojik ve sosyal gelişim süreci. *Turkish Fam Physician.* **2012**;3(2):10-6.
148. **Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA.** Growth at puberty. *J Adolesc Heal.* **2002**;31(6,Supplement):192-200.
149. **WHO (World Health Organization).** Adolescent Health. Erişim: ([https://www.who.int/health-topics/adolescent-health#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/adolescent-health#tab=tab_2)) 2022. Erişim tarihi: 06.02.2022.
150. **Abreu AP, Kaiser UB.** Pubertal development and regulation. *lancet Diabetes Endocrinol.* **2016**;4(3):254-64.
151. **Öcal G, Işıklar Z.** Puberte fizyolojisi. İçinde: Cinaz P, Darendeliler F, Akinci A, Ozkan B, Dunder BN, Abaci A, vd., editörler. *Çocuk Endokrinolojisi.* Ankara: Nobel Tıp Kitapevleri, **2013**: 153-64.
152. **Li W, Liu Q, Deng X, Chen Y, Liu S, Story M.** Association between obesity and puberty timing: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* **2017**;14(10):1266.
153. **Burt-Solorzano CM, McCartney CR.** Obesity and the pubertal transition in girls and boys. *Reproduction.* **2010**;140(3):399-410.
154. **Parent A-S, Teilmann G, Juul A, Skakkebaek NE, Toppari J, Bourguignon J-P.** The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity: variations around the world, secular trends, and changes after migration. *Endocr Rev.* **2003**;24(5):668-93.
155. **Sorensen K, Mouritsen A, Aksglaede L, Hagen CP, Mogensen SS, Juul A.** Recent secular trends in pubertal timing: implications for evaluation and diagnosis of precocious puberty. *Horm Res Paediatr.* **2012**;77(3):137-45.
156. **Kaplowitz PB.** Link between body fat and the timing of puberty. *Pediatrics.* 2008;121(Supplement 3):208-217.
157. **Herman-Giddens ME, Slora EJ, Wasserman RC, Bourdony CJ, Bhapkar MV, Koch GG, Hasemeier CM.** Secondary sexual characteristics and menses in young girls seen in office practice: a study from the Pediatric Research in Office Settings network. *Pediatrics.* **1997**;99(4):505-12.
158. **Sömen-Bayoğlu D.** Ergenlik dönemi cinsel gelişim. İçinde: Akpınar E, editör. *Aile Hekimliğinde Güncel Yaklaşımlar.* Ankara: Akademisyen Yayınevi, **2020**: 325-33.
159. **Neyzi O, Alp H, Orhon A.** Sexual maturation in Turkish girls. *Ann Hum Biol.* **1975**;2(1):49-59.

160. **Neyzi O, Alp H, Yalcindag A, Yakacikli S, Orphon A.** Sexual maturation in Turkish boys. *Ann Hum Biol.* **1975**;2(3):251-9.
161. **Atay Z, Turan S, Guran T, Furman A, Bereket A.** Puberty and influencing factors in schoolgirls living in Istanbul: end of the secular trend? *Pediatrics.* **2011**;128(1):40-5.
162. **Bundak R, Darendeliler F, Günöz H, Baş F, Saka N, Neyzi O.** Puberty and pubertal growth in healthy Turkish girls: no evidence for secular trend. *J Clin Res Pediatr Endocrinol.* **2008**;1(1):8-14.
163. **Klein DA, Emerick JE, Sylvester JE, Vogt KS.** Disorders of puberty: an approach to diagnosis and management. *Am Fam Physician.* **2017**;96(9):590-9.
164. **Blondell RD, Foster MB, Dave KC.** Disorders of puberty. *Am Fam Physician.* **1999**;60(1):209-18.
165. **Wheeler MD.** Physical changes of puberty. *Endocrinol Metab Clin North Am.* **1991**;20(1):1-14.
166. **Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, Remsberg KE, Chumlea WC, Sun S, Czerwinski SA, Townw B.** Puberty and body composition. *Horm Res Paediatr.* **2003**;60(Suppl. 1):36-45.
167. **Pinyerd B, Zipf WB.** Puberty - Timing is everything! *J Pediatr Nurs.* **2005**;20(2):75-82.
168. **Taylor M, Gonzalez M, Porter R.** Pathways to inflammation: acne pathophysiology. *Eur J Dermatology.* **2011**;21(3):323-33.
169. **Tanner JM.** Fetus into Man: Physical Growth from Conception to Maturity. Cambridge: Harvard University Press, **1990**.
170. **Ünlü E, Erdem C.** Deri yaşlanmasında korunma ve tedavi yöntemleri. *Dermatoz.* **2010**;1(1):23-31.
171. **Yetkin H, Ceyhan AM, Yıldırım M.** Deri yaşlanması ve tedavisi. *SDÜ Tıp Fakültesi Derg.* **2009**;16(2):32-8.
172. **Puizina-Ivic N.** Skin aging. *Acta Dermatovenereologica Alp Panon Adriat.* **2008**;17(2):47-54.
173. **Giangreco A, Goldie SJ, Failla V, Saintigny G, Watt FM.** Human skin aging is associated with reduced expression of the stem cell markers beta1 integrin and MCSP. *J Invest Dermatol.* **2010**;130(2):604-8.
174. **Gültekin B.** The effects of age and sex on the thickness of epidermis and the number of melanocytes were determined in human skin samples by using histological methods. *Selcuk Med J.* **2011**;27(4):208-12.
175. **Bulur I.** Yaşlanma ve deri. *Osmangazi Tıp Derg.* **2016**;38(1):99-101.
176. **Verhave BL, Nassereddin A, Lappin SL.** Embryology, Lanugo. Erişim: (<http://europepmc.org/abstract/MED/30252348>) 2021. Erişim tarihi: 06.02.2022.
177. **Saleh D, Yarrarapu SNS, Cook C.** Hypertrichosis. Erişim: (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534854/>) 2021. Erişim tarihi: 06.02.2022.
178. **Dominique V.** Thickness, medullation and growth rate of female scalp hair are subject to significant variation according to pigmentation and scalp location during aging. *Eur J Dermatol.* **2003**;14:28-32.
179. **Atasayan M.** Türk saçları üzerinde ilk antropolojik araştırma. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Cografya Fakültesi Derg.* **1943**;2(1):29-33.

180. **Boas F, Michelson N.** The graying of hair. *Am J Phys Anthropol.* **1932**;17(2):213-28.
181. **Straile WE.** A study of the hair follicle and its melanocytes. *Dev Biol.* **1964**;10(1):45-70.
182. **Keogh E V, Walsh RJ.** Rate of greying of human hair. *Nature.* **1965**;207(4999):877-8.
183. **Pandhi D, Khanna D.** Premature graying of hair. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* **2013**;79(5):641.
184. **Pelit A, Aydın P.** Oküler yaşlanma. *Geriatrici.* **2001**;4(1):28-32.
185. **Weale R.** Age, eyes, and crime. *Lancet.* **2001**;358(9293):1644-5.
186. **Stephan CN.** Position of superciliare in relation to the lateral iris: testing a suggested facial approximation guideline. *Forensic Sci Int.* **2002**;130(1):29-33.
187. **Sforza C, Grandi G, Catti F, Tommasi DG, Ugolini A, Ferrario VF.** Age-and sex-related changes in the soft tissues of the orbital region. *Forensic Sci Int.* **2009**;185(1-3):115.e1-e8.
188. **Aggrawal A, Setia P, Gupta A, Busuttil A.** Age evaluation after growth cessation. In: Black S, Payne-James J, Aggrawal A, Eds. *Age Estimation in the Living: The Practitioner's Guide.* Chichester: John Wiley & Sons, **2010**: 236-66.
189. **Topaloğlu U, Ketani MA, Saruhan BG.** Kemik doku ve kemikleşme çeşitleri. *Dicle Üniversitesi Vet Fakültesi Derg.* **2017**;10(1):62-71.
190. **Saladin KS, Porth C.** *Anatomy & Physiology: The Unity of Form and Function.* 5<sup>th</sup> Ed. New York: McGraw-Hill, **2010**.
191. **Jungueira LC, Carneiro J, Kelley RO.** *Temel Histoloji.* Çeviri: Aytekin Y. İstanbul, Barış Kitabevi, **1998**: 444-7.
192. **Sadler TW.** *Langman Medikal Embriyoloji.* 13. Baskı. Çeviri: Başaklar AC. Ankara: Palme Yayıncılık, **2017**.
193. **April EW.** *NMS Clinical Anatomy.* 3<sup>rd</sup> Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, **1997**.
194. **Pryse-Davies J, Smitham JH, Napier KA.** Factors influencing development of secondary ossification centres in the fetus and newborn: A postmortem radiological study. *Arch Dis Child.* **1974**;49(6):425-31.
195. **Saukko P, Knight B.** *Knight's Forensic Pathology.* 4<sup>th</sup> Ed. London: CRC Press, **2015**.
196. **Gündoğmuş ÜN.** *Adli Tıp Birinci Basamak Hekimler İçin.* İkinci Baskı. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı, **1997**.
197. **Taybi H, Lachman RS.** *Taybi and Lachman's Radiology of Syndromes, Metabolic Disorders, and Skeletal Dysplasias.* 5<sup>th</sup> Ed. Phila: Mosby Elsevier, **2007**.
198. **Salam HM, Ashraf A.** Delayed bone age. Erişim: (<https://radiopaedia.org/articles/10866>) 2010. Erişim tarihi: 07.02.2022.
199. **Salam HM, Ashraf A.** Increased bone age. Erişim: (<https://radiopaedia.org/articles/10892>) 2010. Erişim tarihi: 07.02.2022.

200. **Retrouvey J-M, Goldberg M, Schwartz S.** Dental development and maturation, from the dental crypt to the final occlusion. In: Glorieux FH, Pettifor JM, Jüppner H, Eds. *Pediatric Bone*. 2<sup>nd</sup> Ed. San Diego: Academic Press, **2012**: 83-108.
201. **Thesleff I, Vaahtokari A, Vainio S, Jowett A.** Molecular mechanisms of cell and tissue interactions during early tooth development. *Anat Rec An Off Publ Am Assoc Anat*. **1996**;245(2):151-61.
202. **Wright JT.** Consequences of amelogenin mutations: Implications in Amelogenesis Imperfecta. In: Goldberg M, Ed. *Amelogenins: Multifaceted Proteins for Dental & Bone Formation & Repair*. 1<sup>st</sup> Ed. e-Book: Bentham Science Publishers, **2010**: 88-98.
203. **Kim J-W, Simmer JP.** Hereditary dentin defects. *J Dent Res*. **2007**;86(5):392-9.
204. **Smith BH.** Standards of human tooth formation and dental age assessment. In: Kelley MA, Larsen CS, Eds. *Advances in Dental Anthropology*. 1<sup>st</sup> Ed. New York: Wiley-Liss Inc., **1991**: 143-68.
205. **Lunt RC, Law DB.** A review of the chronology of calcification of deciduous teeth. *J Am Dent Assoc*. **1974**;89(3):599-606.
206. **Taylor J, Blenkin M.** Age evaluation and odontology in the living. In: Black S, Payne-James J, Aggrawal A, Eds. *Age Estimation in the Living: The Practitioners Guide*. Chichester: John Wiley & Sons, **2010**: 176-201.
207. **Özden SY.** *Adli Tıp El Kitabı*. İkinci Baskı. Ankara: Nobel Tıp Kitapevleri, **1993**: 37-56.
208. **Koçak A, Aktaş EÖ.** *Diş Hekimleri ve Diş Hekimliği Öğrencileri İçin Adli Tıp*. İzmir: Okullar Yayınevi, **2011**: 1-90.
209. **Bilgin Erdar U.** Cinsiyet Tayininde Kanin, Premolar ve Molar Diş İndekslerinin Kullanılabilirliği. Uzmanlık Tezi. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, İzmir, **2012**.
210. **Logan WHG, Kronfeld R.** Development of the human jaws and surrounding structures from birth to the age of fifteen years. *J Am Dent Assoc*. **1933**;20(3):379-428.
211. **Hacinlioğlu N, Kavaloglu-Cıldır S, Sandalli N.** Çocuklarda kapanış ilişkileri ve oklüzyon. *Cumhur Dent J*. **2011**;12(1):91-7.
212. **Pathak SK, Mathur PN, Jain S, Saini OP.** A study of eruption of third molar in relation to estimation of age in people of 13 to 25 years age group. *J Forensic Med Toxicol*. **1999**;16(1):17-9.
213. **Liversidge HM, Herdeg B, Rösing FW.** Dental age estimation of non-adults. A review of methods and principles. In: Alt KW, Rösing FW, Teschler-Nicola M, Eds. *Dental Anthropology - Fundamentals, Limits and Prospects*. Vienna: Springer, **1998**: 419-42.
214. **Garn SM, Lewis AB, Polacheck DL.** Sibling similarities in dental development. *J Dent Res*. **1960**;39(1):170-5.
215. **Pelsmaekers B, Loos R, Carels C, Derom C, Vlietinck R.** The genetic contribution to dental maturation. *J Dent Res*. **1997**;76(7):1337-40.
216. **Merwin DR, Harris EF.** Sibling similarities in the tempo of human tooth mineralization. *Arch Oral Biol*. **1998**;43(3):205-10.
217. **Hughes TE, Bockmann MR, Seow K, Gotjamanos T, Gully N, Richards LC, Townsend GC.** Strong genetic control of emergence of human primary incisors. *J Dent Res*. **2007**;86(12):1160-5.

218. **Akay G, Atak N, Güngör K.** Adli dişhekimliğinde dişler kullanılarak yapılan yaş tayini yöntemleri. *EÜ Dişhekimliği Fak Derg.* **2018**;39(2):73-82.
219. **Helfman PM, Bada JL.** Aspartic acid racemization in tooth enamel from living humans. *Proc Natl Acad Sci.* **1975**;72(8):2891-4.
220. **Gustafson G.** Age determinations on teeth. *J Am Dent Assoc.* **1950**;41:45-54.
221. **Solheim T.** Amount of secondary dentin as an indicator of age. *Eur J Oral Sci.* **1992**;100(4):193-9.
222. **Bodecker CF.** A consideration of some of the changes in the teeth from young to old age. *Dent Cosm.* **1925**;67(6):543-9.
223. **Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M.** Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J Forensic Sci.* **2004**;49(2):1-3.
224. **Drusini AG, Toso O, Ranzato C.** The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *Am J Phys Anthropol Off Publ Am Assoc Phys Anthropol.* **1997**;103(3):353-63.
225. **Maples WR.** An improved technique using dental histology for estimation of adult age. *J Forensic Sci.* **1978**;23(4):764-70.
226. **Schmeling A, Schmidt S, Schulz R, Olze A, Reisinger W, Vieth V.** Practical imaging techniques for age evaluation. In: Black S, Payne-James J, Aggrawal A, Eds. *Age Estimation in the Living: The Practitioners Guide.* Chichester: John Wiley & Sons, **2010**:130-49.
227. **Büken B, Şafak AA, Yazıcı B, Büken E, Mayda AS.** Is the assessment of bone age by the Greulich–Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children? *Forensic Sci Int.* **2007**;173(2-3):146-53.
228. **Kim DH.** Assessment of bone age during pubertal age. *J Korean Soc Pediatr Endocrinol.* **2011**;16(3):135-8.
229. **Zhang J, Huang HK.** Automatic background recognition and removal (ABRR) in computed radiography images. *IEEE Trans Med Imaging.* **1997**;16(6):762-71.
230. **Zhang A, Gertych A, Liu BJ.** Automatic bone age assessment for young children from newborn to 7-year-old using carpal bones. *Comput Med Imaging Graph.* **2007**;31(4-5):299-310.
231. **Ortega AI, Haiter-Neto F, Ambrosano GMB, Bóscolo FN, Almeida SM, Casanova MS.** Comparison of TW2 and TW3 skeletal age differences in a Brazilian population. *J Appl Oral Sci.* **2006**;14:142-6.
232. **Bull RK, Edwards PD, Kemp PM, Fry S, Hughes IA.** Bone age assessment: a large scale comparison of the Greulich and Pyle, and Tanner and Whitehouse (TW2) methods. *Arch Dis Child.* **1999**;81(2):172-3.
233. **Cole AJL, Webb L, Cole TJ.** Bone age estimation: a comparison of methods. *Br J Radiol.* **1988**;61(728):683-6.
234. **Ferrant O, Rougé-Maillart C, Guittet L, Papin F, Clin B, Fau G, Telmon N.** Age at death estimation of adult males using coxal bone and CT scan: a preliminary study. *Forensic Sci Int.* **2009**;186(1-3):14-21.
235. **Zafar AM, Nadeem N, Husen Y, Ahmad MN.** An appraisal of Greulich-Pyle Atlas for skeletal age assessment in Pakistan. *J Pak Med Assoc.* **2010**;60(7):552-5.

236. **Mora S, Boechat MI, Pietka E, Huang HK, Gilsanz V.** Skeletal age determinations in children of European and African descent: applicability of the Greulich and Pyle standards. *Pediatr Res.* **2001**;50(5):624-8.
237. **Fernandez JMT, Santiago FR, de la Cruz AP, Tanner GL, Cordero MJA, Torreblanca FC.** The influence of nutrition and social environment on the bone maturation of children. *Nutr Hosp.* **2007**;22(4):417-24.
238. **Khan KM, Miller BS, Hoggard E, Somani A, Sarafoglou K.** Application of ultrasound for bone age estimation in clinical practice. *J Pediatr.* **2009**;154(2):243-7.
239. **Thodberg HH, Säwendahl L.** Validation and reference values of automated bone age determination for four ethnicities. *Acad Radiol.* **2010**;17(11):1425-32.
240. **Pechníková M, Gibelli D, De Angelis D, de Santis F, Cattaneo C.** The “blind age assessment”: applicability of Greulich and Pyle, Demirjian and Mincer aging methods to a population of unknown ethnic origin. *Radiol Med.* **2011**;116(7):1105-14.
241. **Zerin JM, Hernandez RJ.** Approach to skeletal maturation. *Hand Clin.* **1991**;7(1):53-62.
242. **Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B.** Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms - a contribution to forensic age estimation methods in adults. *Int J Legal Med.* **2005**;119(1):27-30.
243. **Martin DD, Sato K, Sato M, Thodberg HH, Tanaka T.** Validation of a new method for automated determination of bone age in Japanese children. *Horm Res Paediatr.* **2010**;73(5):398-404.
244. **Fischer B, Brosig A, Welter P, Grouls C, Günther RW, Deserno TM.** Content-based image retrieval applied to bone age assessment. Medical Imaging 2010: Computer-Aided Diagnosis. San Diego, California, United States; 16-18 February **2010**: 762412.
245. **Pietka E, Pospiech-Kurkowska S, Gertych A, Cao F.** Integration of computer assisted bone age assessment with clinical PACS. *Comput Med imaging Graph.* **2003**;27(2-3):217-28.
246. **Stoever B.** The diagnostic value of radiographs of the hand. *Roentgenpraxis.* **1983**;36(4):119-29.
247. **Greulich WW, Pyle SI.** *Radiographic Atlas of Skeletal Development of The Hand and Wrist.* California: Stanford University Press, **1959**.
248. **Graham CB.** Assessment of bone maturation. Methods and pitfalls. *Radiol Clin North Am.* **1972**;10(2):185-202.
249. **Roche AF.** Lateral comparisons of the skeletal maturity of the human hand and wrist. *Am J Roentgenol.* **1963**;89:1272-80.
250. **Andersen E.** Comparison of Tanner-Whitehouse and Greulich-Pyle methods in a large scale Danish survey. *Am J Phys Anthropol.* **1971**;35(3):373-6.
251. **Weber R.** *Genauigkeit der Skelettalterbestimmungen und Größenprognosen nach den Methoden von Greulich und Pyle sowie Tanner und Whitehouse.* Berlin: Freie Universität, **1978**.
252. **Roche AF, Davila GH, Eyman SL.** A comparison between Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse assessments of skeletal maturity. *Radiology.* **1971**;98(2):273-80.
253. **Kaplan SA.** Growth and growth hormone: disorders of the anterior pituitary. *Clin Pediatr Endocrinol.* **1990**;2:1-62.

254. **Loder RT, Estle DT, Morrison K, Eggleston D, Fish DN, Greenfield ML, Guire KE.** Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *Am J Dis Child.* **1993**;147(12):1329-33.
255. **Hackman SLMR.** Age Estimation in the Living: A Test of 6 Radiographic Methods. PhD. University of Dundee, Dundee, **2012**.
256. **Malina RM, Beunen GP.** Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method). *Am J Hum Biol.* **2002**;14(6):788-9.
257. **Büken B, Şafak AA, Büken E, Yazıcı B, Erkol Z, Erzengin ÖU.** Is the Tanner–Whitehouse (TW3) method sufficiently reliable for forensic age determination of Turkish children? *Turkish J Med Sci.* **2010**;40(5):797-805.
258. **Zhen O, Baolin L.** Skeletal maturity of the hand and wrist in Chinese school children in Harbin assessed by the TW2 method. *Ann Hum Biol.* **1986**;13(2):183-7.
259. **Schmidt S, Koch B, Mühler M, Reisinger W, Schmeling A.** Optimizing the Thiemann-Nitz method for skeletal age determination for forensic age diagnostics in live subjects. *Scand J Forensic Sci.* **2007**;13:5-7.
260. **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 Derg.* **2003**;5(2):18-23.
261. **Baransel Isır A, Dülger HE.** 1998-2005 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalında raporlandırılan yaş tayini olgularının irdelenmesi. *Türkiye Klin Adli Tıp Derg.* **2007**;4(1):1-6.
262. **Mughal AM, Hassan N, Ahmed A.** Bone age assessment methods: A critical review. *Pakistan J Med Sci.* **2014**;30(1):211-5.
263. **Schmeling A, Baumann U, Schmidt S, Wernecke K-D, Reisinger W.** Reference data for the Thiemann–Nitz method of assessing skeletal age for the purpose of forensic age estimation. *Int J Legal Med.* **2006**;120(1):1-4.
264. **Olze A, Van Niekerk P, Ishikawa T, Zhu BL, Schulz R, Maeda H, Schmeling A.** Comparative study on the effect of ethnicity on wisdom tooth eruption. *Int J Legal Med.* **2007**;121(6):445-8.
265. **Olze A, Bilang D, Schmidt S, Wernecke K-D, Geserick G, Schmeling A.** Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *Int J Legal Med.* **2005**;119(1):22-6.
266. **Gorgani N, Sullivan RE, DuBois L.** A radiographic investigation of third-molar development. *ASDC J Dent Child.* **1990**;57(2):106-10.
267. **Harris EF, McKee JH.** Tooth mineralization standards for blacks and whites from the middle southern United States. *J Forensic Sci.* **1990**;35(4):859-72.
268. **Mincer HH, Harris EF, Berryman HE.** The ABFO study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *J Forensic Sci.* **1993**;38(2):379-90.
269. **Olze A, Schmeling A, Taniguchi M, Maeda H, van Niekerk P, Wernecke K-D, Geserick G.** Forensic age estimation in living subjects: the ethnic factor in wisdom tooth mineralization. *Int J Legal Med.* **2004**;118(3):170-3.

270. **Flecker H.** Time of appearance and fusion of ossification centers as observed by roentgenographic methods. *AJR*. **1942**;47:97-159.
271. **Webb PAO, Suchey JM.** Epiphyseal union of the anterior iliac crest and medial clavicle in a modern multiracial sample of American males and females. *Am J Phys Anthropol*. **1985**;68(4):457-66.
272. **Schulz R, Mühler M, Mutze S, Schmidt S, Reisinger W, Schmeling A.** Studies on the time frame for ossification of the medial epiphysis of the clavicle as revealed by CT scans. *Int J Legal Med*. **2005**;119(3):142-5.
273. **Mühler M, Schulz R, Schmidt S, Schmeling A, Reisinger W.** The influence of slice thickness on assessment of clavicle ossification in forensic age diagnostics. *Int J Legal Med*. **2006**;120(1):15-7.
274. **Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Schmeling A.** Forensic age estimation in living subjects based on the ossification status of the medial clavicular epiphysis as revealed by thin-slice multidetector computed tomography. *Int J Legal Med*. **2010**;124(2):149-54.
275. **Schulz R, Mühler M, Reisinger W, Schmidt S, Schmeling A.** Radiographic staging of ossification of the medial clavicular epiphysis. *Int J Legal Med*. **2008**;122(1):55-8.
276. **Prokop-Piotrkowska M, Marszałek-Dziuba K, Moszczyńska E, Szalecki M, Jurkiewicz E.** Traditional and new methods of bone age assessment-an overview. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*. **2021**;13(3):251-62.
277. **Terada Y, Kono S, Tamada D, Uchiumi T, Kose K, Miyagi R, Yamabe E, Yoshioka H.** Skeletal age assessment in children using an open compact MRI system. *Magn Reson Med*. **2013**;69(6):1697-702.
278. **Terada Y, Kono S, Uchiumi T, Kose K, Miyagi R, Yamabe E, Fujinaga Y, Yoshioka H.** Improved reliability in skeletal age assessment using a pediatric hand MR scanner with a 0.3 T permanent magnet. *Magn Reson Med Sci*. **2014**;13(3):215-9.
279. **Tomei E, Sartori A, Nissman D, Al Ansari N, Battisti S, Rubini A, Stagnitti A, Martino M, Marini M, Barbato E, Semelka RC.** Value of MRI of the hand and the wrist in evaluation of bone age: preliminary results. *J Magn Reson Imaging*. **2014**;39(5):1198-205.
280. **Hojreh A, Gamper J, Schmook MT, Weber M, Prayer D, Herold CJ, Noebauer-Huhmann IM.** Hand MRI and the Greulich-Pyle atlas in skeletal age estimation in adolescents. *Skeletal Radiol*. **2018**;47(7):963-71.
281. **Tanner JM, Gibbons RD.** Automatic bone age measurement using computerized image analysis. *J Pediatr Endocrinol Metab*. **1994**;7(2):141-6.
282. **Tanner JM, Oshman D, Lindgren G, Grunbaum JA, Elouki R, Labarthe D.** Reliability and validity of computer-assisted estimates of tanner-whitehouse skeletal maturity (CASAS): Comparison with the manual method. *Horm Res Paediatr*. **1994**;42(6):288-94.
283. **Frisch H, Riedl S, Waldhor T.** Computer-aided estimation of skeletal age and comparison with bone age evaluations by the method of Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse. *Pediatr Radiol*. **1996**;26(3):226-31.
284. **Satoh M.** Bone age: assessment methods and clinical applications. *Clin Pediatr Endocrinol*. **2015**;24(4):143-52.

285. **Sato K, Ashizawa K, Anzo M, Otsuki F, Kaneko S, Tanaka T, Tsukagoshi K, Nimura A, Matsuok H, Matsuo N, Mitani H, Murata M.** Setting Up an Automated System for Evaluation of Bone Age. *Endocr J.* **1999**;46(Suppl):97-100.
286. **Thodberg HH, Kreiborg S, Juul A, Pedersen KD.** The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. *IEEE Trans Med Imaging.* **2009**;28(1):52-66.
287. **Martin DD, Deusch D, Schweizer R, Binder G, Thodberg HH, Ranke MB.** Clinical application of automated Greulich-Pyle bone age determination in children with short stature. *Pediatr Radiol.* **2009**;39(6):598-607.
288. **Martin DD, Meister K, Schweizer R, Ranke MB, Thodberg HH, Binder G.** Validation of automatic bone age rating in children with precocious and early puberty. **2011**;24(11-12):1009-14.
289. **Ogasawara A, Sato N, Tanaka T.** Comparison of TW2 bone age estimations between BoneXpert and atlas method in new patients visited a clinic for growth disorders. *J Jpn Ass Hum Auxo.* **2015**;21:50-9.
290. **Shimura N, Koyama S, Arisaka O, Imataka M, Sato K, Matsuura M.** Assessment of measurement of children's bone age ultrasonically with Sunlight BonAge. *Clin Pediatr Endocrinol.* **2005**;14(Supplement24):17-20.
291. **Hao P, Chokuwa S, Xie X, Wu F, Wu J, Bai C.** Skeletal bone age assessments for young children based on regression convolutional neural networks. *Math Biosci Eng.* **2019**;16(6):6454-66.
292. **Bui TD, Lee J-J, Shin J.** Incorporated region detection and classification using deep convolutional networks for bone age assessment. *Artif Intell Med.* **2019**;97:1-8.
293. **Lee JH, Kim KG.** Applying deep learning in medical images: The case of bone age estimation. *Healthc Inform Res.* **2018**;24(1):86-92.
294. **Jantan S, Hussain A, Mustafa MM.** Distal radius bone age estimation based on fuzzy model. 2010 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES). Kuala Lumpur, Malaysia, 30 November-2 December **2010**: 427-32.
295. **Hasaltın E, Besdok E.** El - bilek röntgen görüntülerinden radyolojik kemik yaşı tespitinde yapay sinir ağları kullanımı. 8. Ulusal Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu. Bursa, 8-12 Aralık **2004**.
296. **Halabi SS, Prevedello LM, Kalpathy-Cramer J, Mammonov AB, Bilbily A, Cicero M, et al.** The RSNA pediatric bone age machine learning challenge. *Radiology.* **2019**;290(2):498-503.
297. **16Bit.** Predicting Skeletal Age. Erişim: ([https://www.16bit.ai/bone-age#:~:text=16 Bit entered the competition,from pediatric hand x-rays](https://www.16bit.ai/bone-age#:~:text=16%20Bit%20entered%20the%20competition,from%20pediatric%20hand%20x-rays)) 2017. Erişim tarihi: 07.02.2022.
298. **Gerges M, Eng H, Chhina H, Cooper A.** Modernization of bone age assessment: comparing the accuracy and reliability of an artificial intelligence algorithm and shorthand bone age to Greulich and Pyle. *Skeletal Radiol.* **2020**;49(9):1449-57.
299. **Ishii A, Nakamura K-I, Kishimoto H, Honma N, Aida J, Sawabe M, et al.** Telomere shortening with aging in the human pancreas. *Exp Gerontol.* **2006**;41(9):882-6.
300. **Sugimoto M, Yamashita R, Ueda M.** Telomere length of the skin in association with chronological aging and photoaging. *J Dermatol Sci.* **2006**;43(1):43-7.
301. **Tsuji A, Ishiko A, Takasaki T, Ikeda N.** Estimating age of humans based on telomere shortening. *Forensic Sci Int.* **2002**;126(3):197-9.

302. **Ren F, Li C, Xi H, Wen Y, Huang K.** Estimation of human age according to telomere shortening in peripheral blood leukocytes of Tibetan. *Am J Forensic Med Pathol.* **2009**;30(3):252-5.
303. **Guan JZ, Maeda T, Sugano M, Oyama J, Higuchi Y, Makino N.** Change in the telomere length distribution with age in the Japanese population. *Mol Cell Biochem.* **2007**;304(1):353-60.
304. **Ju Z, Rudolph KL.** Telomeres and telomerase in stem cells during aging and disease. *Genome Dis.* **2006**;1:84-103.
305. **Karlsson AO, Svensson A, Marklund A, Holmlund G.** Estimating human age in forensic samples by analysis of telomere repeats. *Forensic Sci Int Genet Suppl Ser.* **2008**;1(1):569-71.
306. **Zubakov D, Liu F, Van Zelm MC, Vermeulen J, Oostra BA, Van Duijn CM, Driessen GJ, van Dongen JJM, Kayser M, Langerak AW.** Estimating human age from T-cell DNA rearrangements. *Curr Biol.* **2010**;20(22):R970-1.
307. **Horvath S, Zhang Y, Langfelder P, Kahn RS, Boks MPM, van Eijk K, van den Berg LH, Ophoff RA.** Aging effects on DNA methylation modules in human brain and blood tissue. *Genome Biol.* **2012**;13(10):1-18.
308. **Bocklandt S, Lin W, Sehl ME, Sánchez FJ, Sinsheimer JS, Horvath S, Vilain E.** Epigenetic predictor of age. *PLoS One.* **2011**;6(6):e14821.
309. **Chateil JF, Marshall-Depommier E, Douws C, Gromb S, Kalifa G.** Radiological Age Assessment of Children and Adolescents: Usefulness and Precision of Methods versus Delivered Irradiation. European Commission -Radiation Protection - Medico-Legal Exposures, Exposures with Ionising Radiation Without Medical Indication. Dublin, 4-6 September **2002**: 21-6.
310. **Ramsthaler F, Proschek P, Betz W, Verhoff MA.** How reliable are the risk estimates for X-ray examinations in forensic age estimations? A safety update. *Int J Legal Med.* **2009**;123(3):199-204.
311. **Schmeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A.** Forensic age estimation of live adolescents and young adults. In: Tsokos M, Ed. *Forensic Pathology Reviews.* 5<sup>th</sup> Ed. New Jersey: Humana Press; **2008**: 269-88.
312. **González PMG, Tabuyo MIL.** Determinación de la edad mediante la radiología. *Rev Española Med Leg.* **2010**;36(1):3-13.
313. **IBM Corp.** IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp., **2012**.
314. **Portney LG, Watkins MP.** *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice.* 3<sup>rd</sup> Ed. New Jersey: Pearson Education, Inc., **2009**.
315. **Landis JR, Koch GG.** The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* **1977**;159-74.
316. **Uygun S.** Klavikula Medial Epifizi Tomografi Görüntülerinin Yaş Tayini Açısından Kullanılabilirliğinin Geriye Yönelik Olarak Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, İzmir, **2015**.
317. **McKern TW, Stewart TD.** *Skeletal Age Changes in Young American Males: Analysed from the Standpoint of Age Identification.* Massachusetts: Headquarters, Quartermaster Research & Development Command; **1957**.
318. **Bokariya P, Chowdhary DS, Tirpude BH, Bharat S, Wankhede V, Tamekar A.** Age determination in girls of jodhpur region by epiphyseal union of bones at ankle joint. *J Indian Acad Forensic Med.* **2010**;32(1):42-4.

319. **Davies DA, Parsons FG.** The age order of the appearance and union of the normal epiphyses as seen by X-rays. *J Anat.* **1927**;62(Pt 1):58-71.
320. **Crowder C, Austin D.** Age ranges of epiphyseal fusion in the distal tibia and fibula of contemporary males and females. *J Forensic Sci.* **2005**;50(5):1001-7.
321. **Cardoso HFV.** Epiphyseal union at the innominate and lower limb in a modern Portuguese skeletal sample, and age estimation in adolescent and young adult male and female skeletons. *Am J Phys Anthropol Off Publ Am Assoc Phys Anthropol.* **2008**;135(2):161-70.
322. **Iscan MY.** *Age Markers in the Human Skeleton.* Illinois: Charles C. Thomas Springfield: **1989.**
323. **O'Connor JE, Bogue C, Spence LD, Last J.** A method to establish the relationship between chronological age and stage of union from radiographic assessment of epiphyseal fusion at the knee: an Irish population study. *J Anat.* **2008**;212(2):198-209.
324. **Hoerr NL, Francis CC, Pyle SI.** *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Foot and Ankle: A Standard of Reference.* Illinois: Charles C. Thomas: **1962.**
325. **Banerjee KK, Agarwal BBL.** Estimation of age from epiphyseal union at the wrist and ankle joints in the capital city of India. *Forensic Sci Int.* **1998**;98(1-2):31-9.
326. **Saint-Martin P, Rérolle C, Dedouit F, Bouilleau L, Rousseau H, Rougé D, Telmon N.** Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum. *Int J Legal Med.* **2013**;127(5):1023-30.
327. **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.
328. **Wittschieber D, Schulz R, Vieth V, Küppers M, Bajanowski T, Ramsthaler F, et al.** Influence of the examiner's qualification and sources of error during stage determination of the medial clavicular epiphysis by means of computed tomography. *Int J Legal Med.* **2014**;128(1):183-91.