

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇOCUKLARDA KEMİK YAŞININ YENİ BİR YÖNTEM
İLE TAYİNİ**

**Hazırlayan
Harun ÇELİK**

**Danışman
Doç. Dr.Semra İÇER**

Yüksek Lisans Tezi

**Ekim 2016
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇOCUKLARDA KEMİK YAŞININ YENİ BİR YÖNTEM
İLE TAYİNİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Harun ÇELİK**

**Danışman
Doç. Dr. Semra İÇER**

**Ekim 2016
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadakitüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Harun Çelik



YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“Çocuklarda Kemik Yaşının Yeni Bir Yöntem İle Tayini” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Harun ÇELİK

Danışman

Doç. Dr. Semra İÇER

Ana Bilim Dalı Başkanı

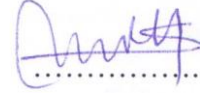
Prof. Dr. Mehmet Emin YÜKSEL

Doç. Dr. Semra İÇER danışmanlığında Harun ÇELİK tarafından hazırlanan “Çocuklarda Kemik Yaşının Yeni Bir Yöntem İle Tayini” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomedikal Mühendisliği Ana Bilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

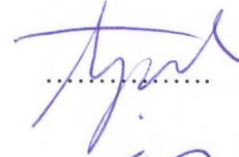
07/10/2016

JÜRİ:

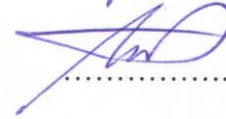
Danışman : Doç. Dr. Semra İÇER



Üye : Doç. Dr. Ayşegül GÜVEN

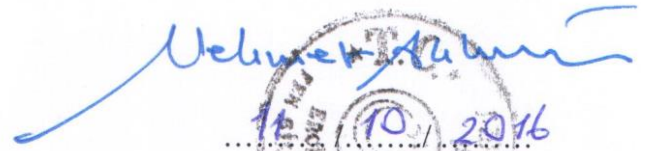


Üye : Yrd. Doç. Dr. Serdar KOÇKANAT



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 11/10/2016 tarih ve 2016/44-40 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları, bilimsel katkıları ve yakın ilgisiyle yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Semra İÇER'e teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım süresince manevi bir destekçim olarak da sürekli yanımda olan; sabır, anlayış ve teşvikiyle çocuklarım Mustafa ve Zeynep'i ihmal etmeden bu çalışmaları yapmamı sağlayan sevgili eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Harun ÇELİK

Kayseri, Ekim 2016

ÇOCUKLARDA KEMİK YAŞININ YENİ BİR YÖNTEM İLE TAYİNİ

Harun ÇELİK

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2016
Danışman: Doç. Dr.Semra İÇER**

ÖZET

Bu yüksek lisans tezi kapsamında çocuklarda el bileği radyografik görüntülerinden kemik yaşı tayini için yeni bir yöntem ve yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak otomatik bir sistem oluşturulmuştur. Kemik yaşı tayini için el-bilek kemiklerinden sadece dirsek ve ön kol kemiği uçları (metafizleri) ile epifizleriyle ilgilenilmiştir. Başlangıçta, hâlihazırda kullanılan yöntemlere bakılmış ve sade, hızlı ve yüksek doğrulukta bir yöntem olan ihtiyaç görülmüştür. Bu nedenle el ve bilek kemikleri üzerinde yapılan çalışmalar ve incelemeler neticesinde sadelik açısından dirsek ve ön kol kemiğinin yaş tayini için yeterli olduğuna karar verilmiştir. Doğruluk içinse bu kemiklerin her birinin epifiz eni, boyu ve metafiz eni kullanılmıştır. Böylece her yaş ve cinsiyet için ayırt edici, yüksek doğrulukta bir yöntem elde edilmiştir. Geliştirilen yöntem ve YSA birlikte kullanılarak kemik yaşı tayini için bir uzmana ihtiyaç bırakılmamıştır. Ayrıca yaş tayini yapılacak radyografilerin kaliteli olmasına, belli bir standart açı ve uzaklıktan çekilmesine de ihtiyaç bırakmayan yöntemler geliştirilerek kemik yaşı tayini, doğru ve hızlı bir şekilde yapılabilmiştir. Tasarlanan sistem geniş bir yaş aralığında olan ve daha önce iki uzman tarafından kemik yaşı tayin edilmiş olan 170 el bileği radyografisi üzerinde denenmiştir. Kemik yaşı 0,392 yıl ortalama hata ile tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kemik Yaşı Tayini, Dirsek ve Ön Kol Kemiği Epifiz, Yapay Sinir Ağları

A NOVEL METHOD BASED SKELETAL MATURITY ASSESSMENT IN CHILDREN

Harun CELIK

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, October 2016

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Semra ICER

ABSTRACT

In this master thesis, an automated system using a novel method and neural networks (NNs) to assess skeletal maturity of children from hand radiographs is proposed. In order to assess skeletal maturity, metaphysis and epiphysis of distal radius and ulna are utilized only. Initially, the need of a simple, fast and accurate method is appeared when currently used methods analyzed. Therefore, to ensure the simplicity of proposed method, radius and ulna are decided to be adequate for the assessment after analyzing whole hand-wrist bones. Also, to ensure the accuracy of the proposed method, width and length of distal radius and ulnar epiphysis, and width of distal radius and ulnar metaphysis are used. Thus, this method which is capable to assess bone age for a wide age interval, and both for male and female accurately and fast is obtained. By designing a system using the novel method and ANN together, bone age assessment become possible without any guidance of radiologists. Additionally, new methods are applied to the system to cope with assessing bone age from degraded radiographs, to eliminate the requirement of the radiographs exposing in any exact standard, angle or distance. The proposed system is tested with 170 hand-wrist radiographs of various ages which are previously assessed by two radiologists. As a result, skeletal maturity is assessed mean error of 0,392 year by the system.

Keywords: Skeletal Maturity (Bone Age) Assessment, Distal Radius and Ulnar Epiphysis, Neural Networks

İÇİNDEKİLER

ÇOCUKLARDA KEMİK YAŞININ YENİ BİR YÖNTEM İLE TAYİNİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Yaş Tayin Yöntemleri.....	2
1.1.1. Radyolojik Yöntem	2
1.1.2. Morfolojik Yöntem.....	3
1.1.3. Histolojik Yöntem	4
1.1.4. Dişlerden Yaş Tayini.....	4
1.2. Çocuklarda Yaş Tayini.....	5

2. BÖLÜM

EL BİLEĞİ KEMİKLERİ

2.1. El Bileği Kemiklerine Dayanılarak Geliştirilmiş Yöntemler	9
---	----------

2.2. Dirsek ve Ön Kol Kemigi Epifizisi.....	10
--	-----------

3. BÖLÜM

ÇOCUK YAŞI OTOMATİK TESPİT SİSTEMİ

3.1. Kemik Yaşı Tayini İçin Yeni Bir Yöntem.....	16
3.2. Sistem yapısı	21
3.2.1. Tasarlanan Yapay Sinir Ağları.....	23
3.2.2. Sistem Adımları.....	25

4. BÖLÜM

BULGULAR – SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Bulgular	31
4.2. Sonuç ve Öneriler	35
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ	43

KISALTMALAR VE SİMGELER

Sembol**Anlamı**

YSA

Yapay Sinir Ağları

GPA

Greulich-Pyle Atlası

TWY

Tanner-Whitehouse Yöntemi

PACS

Picture Archiving Communication Systems



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Yaş ile epifiz değerleri arasındaki ilinti katsayıları	21
Tablo 4.1. Yöntemde kullanılan radyografi özellikleri ve kemik yaşı tahminleri.....	31
Tablo 4.2. Sunulan Yöntem ile Uzmanlar arasındaki ortalama karesel hatalar (yaş).....	34



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. GPA’da on yaşındaki bir kız çocuğunun emsal sol el radyografisi	8
Şekil 2.1. El bileği kemikleri radyografisi	9
Şekil 2.2. Erkeklerde dirsek kemiği epifizinin gelişimi	12
Şekil 2.3. Kızlarda dirsek kemiği epifizinin gelişimi	12
Şekil 2.4. Erkeklerde ön kol kemiği epifizinin 5,5-17 yaş aralığındaki gelişimi	13
Şekil 2.5. Kızlarda ön kol kemiği epifizinin 6-17 yaş aralığındaki gelişimi.....	13
Şekil 3.1. Dirsek kemiğinde tanımlanan değişkenler	18
Şekil 3.2. Ön kol kemiğinde tanımlanan değişkenler	18
Şekil 3.3. Erkek dirsek kemiği en ve boyunun dirsek kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi.....	19
Şekil 3.4. Erkek ön kol kemiği en ve boyunun ön kol kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi.....	19
Şekil 3.5. Kız dirsek kemiği en ve boyunun dirsek kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi.....	20
Şekil 3.6. Erkek ön kol kemiği en ve boyunun ön kol kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi.....	20
Şekil 3.7. Tasarlanan sistemin akış diyagramı	25
Şekil 3.8. Yaş tayinine başlanması ve cinsiyetin seçilmesi	26
Şekil 3.9. İlgili alanı ile bu alandan istenen dirsek kemiği verilerin belirlenmesi.....	27
Şekil 3.10. Ön kol kemiği epifiz varsa istenen verilerin belirlenmesi	28
Şekil 3.11. YSA ile yaşın tayini ve sonuç	29
Şekil 3.12. Epifiz en ve boylarının doğru belirlenmesi	30

GİRİŞ

Yaş tayininin özellikle de pediatrik endokrinoloji, ortopedi, adli tıp ve antropoloji gibi alanlarda büyük önemivardır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de kemik yaşı tayini genellikle el radyografileriyle kemik gelişimiizlenerek yapılır. El ve bilek kemiklerinin gelişmişlikseviyesi kemik yaşı olarak ifade edilir.Bu gelişmişlik seviyesine normal olgular ile kıyaslama yapılarak karar verilir. Kemik olgunlaşması sağlıklı olgulara nazaran normal olan bir kişide kemik yaşının kronolojik yaşa eşit olması beklenir. Ülkemizde kıyaslama yapılırken en fazlataercih edilen yöntemler arasında Gök Atlas, Tanner-Whitehouse Yöntemi (TWY) ve Greulich-Pyle Atlası (GPA) sayılabilir. Ancak en güvenilir olan yöntem GPA olduğundan en çok bu yöntem kullanılmaktadır. Kemik yaşı tespitinde %76 ile dünyada da en yaygın olarak kullanılan GPA’nın bölgemizde de ek bir yönteme ihtiyaç duyulmaksızın güvenle kullanılabileceği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Fakat her şeye rağmen GPA, uzman bir radyolog tarafından kullanılması gereken ve nispeten uzun vakit alan bir yöntemdir. Çünkü uzman, yaş tespiti yapacağı her radyografiyi GPA’daki radyografilerin birçoğuyula ayrı ayrı kıyaslayarak en yakın benzerlikteki radyografiye göre yaşı tayin etmektedir. Metodun bu şekilde şahsi görüşlere dayanması ise hatalı sonuçların bulunma ihtimalini yükseltmektedir. Son zamanlarda gelişen teknolojiyle birlikte otomatik kemik yaşı tayini yöntemleri üzerine de çalışılmıştır. Ancak kemik yaşını otomatik tayin etmek için geliştirilen yöntemler ya her yaş için doğru sonuçlar veremeyecek kadar çok basit ya da tüm el kemikleri hesaba katıldığı için yoğun görüntü işleme içeren, çok karmaşık ve uzun vakit alan yöntemlerdir. Bu nedenle sade olmakla birlikte doğru sonuç veren hızlı bir yönteme olan ihtiyaç literatür incelendiğinde açık bir şekilde görülmektedir.

1.BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Yaş tayini adli tıp, pediatri, antropoloji ve ortopedi bölümlerinde bireyin gerçeğe en yakın şekilde yaşını tespit edebilmek için yapılan incelemelerdir. Özellikle pediatride çocuk gelişiminin değerlendirilmesi, endokrin bozuklukların ve pediatrik hastalıkların teşhis ve tedavisi için büyük bir öneme haizdir. Ayrıca adli tıpta kimliği bilinmeyen veya yaşı ile ilgili şüphelerin olduğu durumlarda da yaş tayini gerek duyulan bir uygulamadır. Doğum veya nüfus kaydı işlemlerinin yaygın olmadığı ülkelerde gerçek yaşın tespiti büyük bir önem kazanır.

Ülkemizde Türk Ceza Kanunu ile Türk Medeni Kanunu yönünden cezai ve hukuki sorumluluk durumu, işlediği fiilin hukuki anlam ve sonuçlarını algılama ve davranışlarını yönlendirme yeteneğinin olup olmadığı, maruz kalınan cinsel saldırı olaylarına karşı kendini ruhsal yönden koruyup koruyamayacağının tespiti, suç işleme eyleminde bulunmuş zanlılarda, okula başlama, memuriyete girme, emekli olma, sürücü belgesi alma gibi durumlar yaş tayini talebini ortaya çıkarabilmektedir [1].

1.1.Yaş Tayin Yöntemleri

Yaş tayininde ele alınan birçokkistas mevcuttur. Bunların önde gelenlerini; boy, ağırlık, ergenlik belirtileri, kıllar, cilt ve göz değişiklikleri, ruhsal değişim, diş ve kemiklerin gelişmesi olarak sıralamak mümkündür [2]. Bu kıstaslara dayanarak yaş tayininde kullanılan yöntemler radyolojik, morfolojik ve histolojik yöntemler ve dişlerden yaş tayini olarak dört grupta toplanabilir.

1.1.1. Radyolojik Yöntem

Bu yöntemde kemiklerin epifiz plaklarıyla birleşme seviyelerine göre kemik yaşı tahmini yapılır [3]. Bu yöntemde kemiklerin gelişmişlik derecesi kemik yaşı olarak ele

alınmakta ve tahmin normal bireylerle kıyaslama yoluyla yapılmaktadır [4]. Yani kemik gelişimi normal olan birinin kemik yaşının kronolojik yaşa eşit olduğu kabul edilmekte ve bu kabul ve radyolojik tetkik ile kemikler; epifiz hatlarına bakılarak birleşmelerinin tamamlanıp tamamlanmadığı, kostaların sternal ve vertebral uçlarında oluşan değişiklikler, sakrumun ve sternum kemikleşmeleri, yaşlanmayla oluşan osteofitler, iç kemik dokusunda meydana gelen değişiklikler (osteoporoz, medullada bulunan trabeküllerde incelme vb.) hakkında incelemeler yapılarak yaş tahmin edilmektedir. Bu yöntemler en sık kullanılan ve güvenilir olan yaş tayini yöntemleridir [5].

Çocuklarda iskelet gelişiminin asıl göstergesi olan kemik yaşının tahmininde ise en yaygın olarak kullanılan yöntem el-bilek radyografisidir. El bileğindeki veya el parmaklarındaki kemiklerin kemikleşme miktarları kıyas edilirken çoğunlukla Greulich-Pyle Atlası(GPA)'ndan[6]ve Tanner-Whitehouse Yönyemi (TWY)'nden [7] yararlanılmaktadır. GPA her kronolojik yaş için olması gereken normal kemik olgularını içermekteyken TWY'de el bileğindeki her bir kemiğe belirli değerler atanarak bu değerlerin toplamına göre yaş tayini yapılmaktadır. Bir diğer yöntem olan Gök Atlas ise Türkiye'de yapılan çalışmalarla oluşturulmuştur. Ancak Büken ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bu atlasın ülkemiz için bazı durumlarda iyi sonuçlar vermediğini ve özellikle de 11-18 yaş aralığında Gök Atlas yerine GPA'nın kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir [8].

1.1.2. Morfolojik Yöntem

Morfolojik bir yöntem olarak pubis simfizisin yaşa bağlı olarak gösterdiği değişiklikler üzerinde duran Todd,1920 yılında bu alandaki ilk çalışmayı yapmıştır. Sonrasında öğrencisi Cobb 1952 yılında kafatası eklemlerinin kaynaşma dönemi üzerinde yoğunlaşan bir çalışma yapmıştır. 1955 yılında ise Brooks tarafından Todd'un sistemi güncelleştirilmeye çalışılmıştır. Yine bu kemikten yaş, başka bir yöntem uygulanarak 1957 yılında McKern ve Stewart tarafından da incelenmiştir. Suchev ise 1980'lerde kimliği bilinen ölü insanlardan pubis simfizi toplamış, bunları tekrar incelemiş ve sonuçta çok geniş aralık ile yaş tayin edilebileceğini bildirmiştir[9]. Bu yaş tahmini araştırmalarına İşcan ve Loth sağ torakal bölge 4. kaburga kemiğinin sternal ucunu 1980'lerde analiz ederek katılmış ve neticede bu kemiğin daha güvenilir olduğunu belirtmişlerdir. İşcan ve Loth tarafından ortaya konulan standartların Türk toplumuna

da uygulanabileceği bildirilmiştir [10]. Bu metot, küçük bir kaburga parçası ile kısa bir zamanda yaş tahmin edilebildiğinden, oldukça kullanışlıdır. Ayrıca morfolojik yapıları incelemek zor olmadığından özel bir tecrübeye de ihtiyaç yoktur. Fakat araştırmacılar bu yöntemde bir grup üzerinde yapılan çalışmalarla elde edilen standartların geniş toplumlara, özellikle de adli bilimler açısından, uygulanmasını güvenli bulmamaktadırlar [2].

1.1.3. Histolojik Yöntem

Histolojik metot yaş tayin yöntemlerinin en yenisidir. Son zamanlarda bu alandaki araştırmalar, histomorfolojik ve histokimyasal yöntemler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu yöntemlerde yaş tahmini için kemik, kas fiber tipleri ve miyozin ağır zinciriğine göre çeşitli kas gruplarına bakılmaktadır [11].

Bu yöntemde kemik iliği hücrelerin gelişimi esas alınarak yaş ile geçirdikleri değişimler incelenir. Nitekim kemik iliğinde önceleri hematopoietik hücrelerin oranı yüksek iken yaş ilerledikçe yağ dokusunun oranı yükselmektedir [12]. Bu alanda yapılan araştırmalara örnek olarak verilebilecek bir çalışmada, yaş ile kemik iliği sellülaritesinin değişimi araştırılmış; ilk dekatta sellülarite oranı yüksek kaldığı, altıncı dekada kadar düştüğü bildirilmiştir. Fakat aynı dekattaki farklı olgular arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Hatta aynı kişinin farklı kemiklerinde dahi sellülarite oranında farklılık gösterdiği belirtilmiştir [13]. Diğer bir çalışmada insan epidermis hücrelerinin AgNOR yöntemi ile proliferatif aktivitesine bakılmıştır. Belirli aralıklar ile oluşturulan yaş grupları arasında anlamlı farklılıklar görülmüştür. Ancak bu yöntemde sağlıklı sonuçlar almak için geniş serilere ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir [14].

Bu tür çalışmaların klinik uygulamada kullanılabilir dereceye gelmesi kesin yaş tespiti yapılamayan vakalarda netlik kazandırması açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak henüz yeni yöntemlerin kesin ve güvenilir verilerle yeterliliklerinin ölçülmemiş olması nedeni ile hali hazırdaki metotlar önemini korumaktadır [15].

1.1.4. Dişlerden Yaş Tayini

İskelet kalıntıları veya bilinmeyen cesetlerin yaşının doğru bir şekilde saptanabilmesi için adli diş hekimliğinde, arkeoloji ve adli tıp uygulamalarında yöntemler

araştırılmaktadır. Adli odontoloji alanında yaşanan gelişmeler, dişlerle ilgili çalışmaların artmasına ve daha sağlıklı sonuçların elde edilmesine neden olmuştur. Dişler, kimlik belirleme çalışmalarında ağırlıklı olarak yaştan belirlenmesi için kullanılmıştır. Ayrıca, dişlerin sert yapıları ve düşük metabolizmaları nedeniyle, diş gelişim düzeninden alınan bilgilerin, organizmadaki diğer yapılara oranla en doğru sonuçları verdiği ileri sürülmüştür. Diş hekimliği alanında boyun vertebralarında büyüme ve gelişimle meydana gelen değişikliklerin iskelet yaşı tayininde kullanılabileceğini, bunun el-bilek bölgesi kadar güvenilir ve geçerli bir metod olduğunu ve el-bilek radyografisine gerek kalmadan ortodontik tedavi öncesi rutin olarak alınan lateral sefalometrik radyografide görülen servikal vertebralardan yararlanılarak iskelet yaşı tayini yapabilmeyi mümkün olduğunu belirten birçok çalışma mevcuttur [2].

1.2.Çocuklarda Yaş Tayini

Çocukların fiziksel gelişimleri çok farklı olduğundan gerçek yaşlarından gelişim oranlarını belirlemek oldukça zordur. Bu nedenle bilim insanları doğumdan tam olgunluk haline kadar çocuğun gelişim seviyesini gösterebilecek yöntemleri uzun yıllar aramışlardır. Boy, kilo ve kütle biyolojik gelişimi iyi bir şekilde yansıtsa da çok farklı vücut yapılarının varlığı nedeniyle gerçek yaşı göstermesi imkânsızdır. Benzer şekilde diş gelişiminin de aynı ölçüde olmaması nedeniyle diş yaşı çocuk gelişiminin bir makyası olamamaktadır. Önceki bölümde değindiğimiz diğer yaş tayin yöntemlerinin kullanımı, olanakları ve imkânları oldukça sınırlıdır. Mesela kız çocuklarında aybaşı hali ciddi bir biyolojik gösterge olmasına rağmen nüfusun ancak yarısında vuku bulur. TWY kullanılarak cinsiyete göre gelişimin tespiti ki oldukça kullanışlı bir klinik yöntemdir, dahi ancak ergenlik sürecinde kullanılabilir [16]. Bu bakımdan yaş tayininde kullanılan yöntemler oldukça sınırlı bir aralığı kapsamakta veya güvenilir doğrulukta sonuçlar verememektedir.

Çocuklarda en yaygın olarak kullanılan yaş tayin yöntemi Radyolojik yöntemdir. Bu yöntemde el bileği radyografisi çekilen çocuğun kemik oluşumlarının gelişmişlik seviyesi normal olgularla kıyaslanarak kemik yaşına karar verilir.

El kemiklerinin uzunlamasına gelişimi kıkırdak içi kemikleşmeye bağlı meydana gelirken enine büyüme ise doğrudan kemik lif çeperinin gelişimiyle olur [17]. Doğumdan sonra epifizler belli bir düzen ve zaman aralığıyla kemiklerle kaynaşarak kemikleşirler. Epifizlerin oluşumu, şekilleri ve kemiklerle kaynaşma oranlarına bakılarak kemik gelişimi izlenir ve kemik yaşı tayin edilir. Normal bir kemik gelişimini hangi unsurların etkilediği tam olarak bilinmemekle birlikte genetik, çevresel şartlar ve büyüme hormonu ile tiroksin gibi hormonların bu gelişimde mühim bir yeri olduğu kesindir [18].

Çocuklarda doğru tayin edilen kemik yaşı, tedavi sırasındaki gelişmeyi de gösterir. Gerçek (kronolojik) yaş ile kemik yaşı arasında en fazla yüzde on fark olmalıdır. Daha yüksek fark obez veya ergenliğe erken başlayan çocuklarda görülür [16].

Kemik yaşı kemik gelişiminin evrelerine göre tespit edildiği ve el-bilek radyografilerinden izlenebildiği için çocukların biyolojik gelişimlerinin ölçüsü olarak en çok kullanılan yöntemdir. Pediatri, antropoloji ve ortopedi gibi insan gelişimiyle ilgilenen tüm alanlarda kullanılan bu yöntem çocukluktan ergenliğe kadar gelişimin seviyelerini gösterebilen tek yöntemdir. Kemik gelişiminin seviyesi iki özelliğe bağlı olarak değişir. Bunlar: kemikleşme geçiren bölgenin büyüklüğü ve bu bölgedeki kalsiyum birikimidir. Bu iki özellik aynı anda ve eşit miktarda değişmeyebilse de bebeklikten olgunluğa kadar belli ve kesin bir düzen, intizam ve aralıkta gelişir. Radyografilerle de normal olan veya olmayan gelişim güvenilir bir şekilde izlenebilir [16].

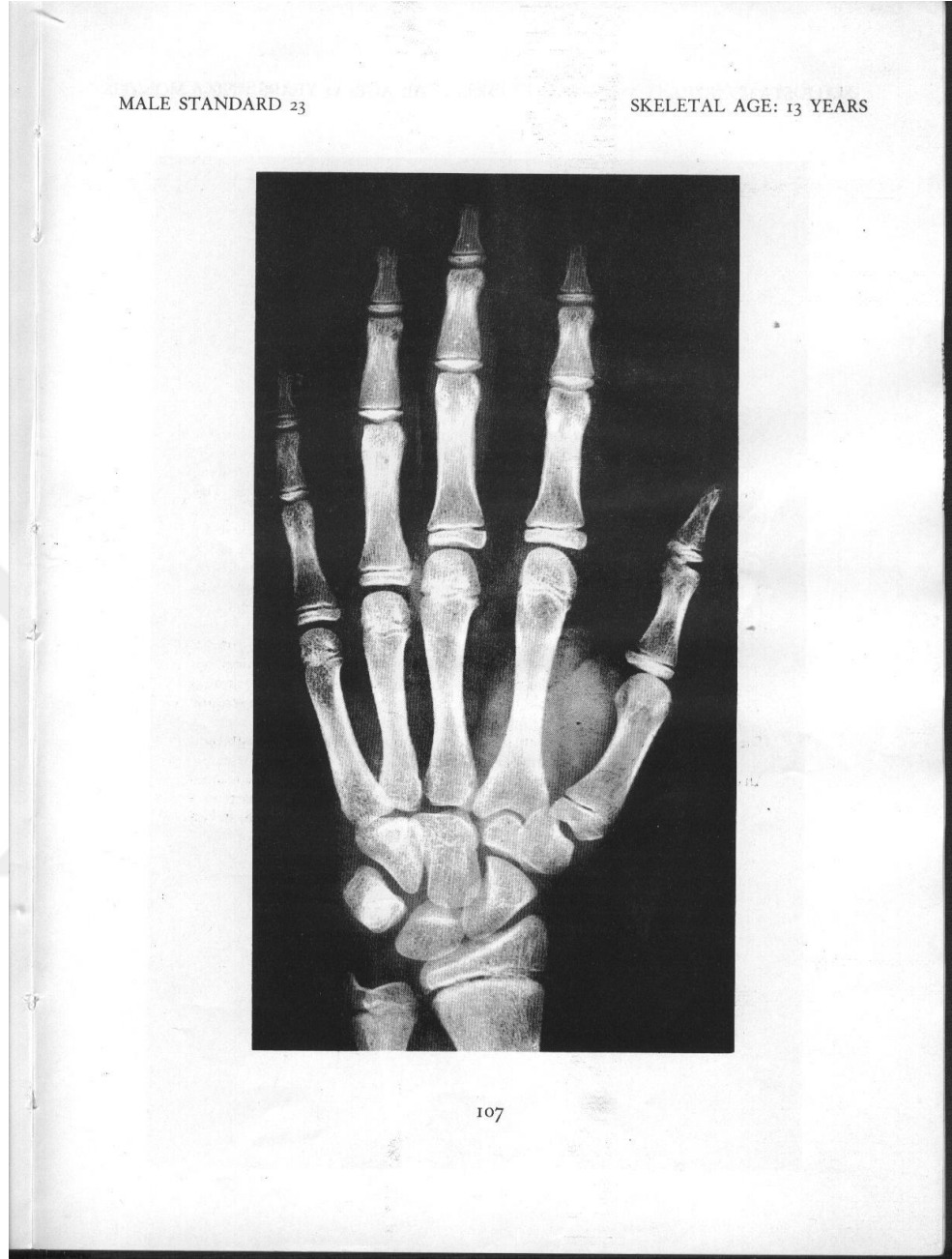
Kemik gelişimi izlenerek yaş tayini yapılabilmesi için her yaş için o yaşı özelliklerini tam taşıyan görüntülerin olması gerekir. Zira incelenen görüntü bu görüntülerle mukayese edilecek ve en çok hangi yaşı görüntüsüne benziyorsa o yaşı olduğu savunulacaktır. Bu nedenle emsal olacak görüntülerin güvenilir olabilmeleri için belki binlerce görüntü tetkik edilerek içlerinden seçilmiş olmaları gerekir.

Bu şartları da sağlayan ve günümüzde yaygın olarak kullanılan iki yöntem: GPA ve TWY'dir. Farklı tekniklerine rağmen ikisi de epifiz ve karpal kemiklerin olgunlaşması ve parmak kemiklerindeki değişim gibi gelişim göstergelerinin belirlenmesine dayanır [19].

GPA yöntemi dünya genelinde intişar etmiş ve kabul görmüş bir çalışmadır. Greulich ve Pyle 1931 ile 1942 yılları arasında Brush Vakfı'nın Büyüme Çalışmasında yer alan çocukların el-bilek radyografilerini tetkik ederek belirli yaştaki özellikleri taşıdığına karar verdikleri emsal görüntüleri 1950'lerde iki baskı ve 'El ve El Bilek Kemik Gelişiminin Radyografik Atlası' adıyla bir atlas halinde yayınlamışlardır. Bu atlas oluşturulurken her emsal görüntü bazen bine yakın radyografi içinden seçildiği için oldukça güvenilir bir atlastır.

Greulich ve Pyle oluşturdukları atlasta yaş tayini veya atlasın kullanım şekli ile ilgili özel bir teknik sunmamışlardır. Bunun yerine atlas kullanıcılarının kendi yöntemlerini geliştirmelerini önermişlerdir. Greulich ve Pyle bilek kemikleri ile uç merkezler (dirsek ve ön kol kemiği uçları) arasında bir tutarsızlık olduğunda uç merkezlerin daha fazla önemsenmesi gerektiğini söylemişlerdir. Nitekim dirsek ve ön kol kemik ucu (metafiz ve epifiz) gelişimlerinin potansiyel büyüme ile daha orantılı olduğu belirtilmiştir [6]. Bu tez çalışmasında da yaptığımız ilinti analizleri ön kol ve dirsek kemiği epifizlerinin büyüme hızlarıyla yaşı ilerlemesi arasında yüksek bir pozitif ilişkinin olduğunu göstermiştir.

Burada uzmanların el ve bilek kemiklerinden çocuklarda GPA ile yaş tayin ederken dikkat etmeleri gereken birkaç hususu belirtmek gerekirse: öncelikle yaş tayini yapacak kişilerin kendileri ve diğer uzmanlar ile tutarlılık gösterebilmeleri için kemik gelişimi tespitinde tecrübeli olmaları ve benzer bir yaklaşımla karar veriyor olmaları gerekir. Nitekim yaş tayini için okumaların yapıldığı klinik çalışmalar tayin yaparken benzer yaklaşımda olan tecrübeli uzmanların çok yararlı sonuçlar çıkarttıklarını göstermektedir. İkinci olarak kemik gelişim seviyesinin kız ve erkek çocuklarda veya ayrı soy ve ırk çocuklarında farklılık gösterebileceği unutulmamalıdır. Yine son olarak yaş grupları için tasnif edilmiş emsal görüntülerin kemik displazileri, endokrin bozuklukları olan veya diğer büyüme geriliğine sebep olan diğer nedenlerin vuku bulduğu çocuklarda kemik yaşını güvenilir bir şekilde yansıtmayacağı da göz ardı edilmemelidir [16].



Şekil 1.1.GPA’da on yaşındaki bir kız çocuğunun emsal sol el radyografisi [6]

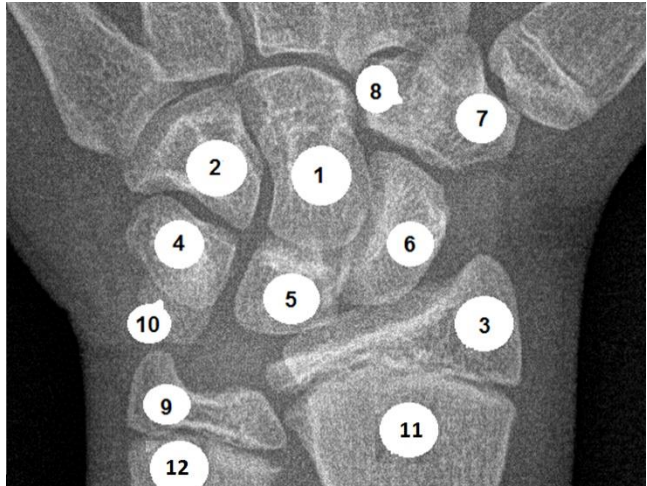
2.BÖLÜM

EL BİLEĞİ KEMİKLERİ

2.1. El Bileği Kemiklerine Dayanılarak Geliştirilmiş Yöntemler

Bu bölüm kemik gelişimi esnasında el ve bileğindeki hangi kemiklerin yaş tayininde daha güvenilir sonuçlar verdiğini anlatmak için ayrılmıştır. Genel olarak tüm çocuklarda cinsiyetlerine göre karpal, metakarpal ve falanjiyal kemiklerin oluşum dönemleri aynıdır [20]. Bu nedenle çocuklarda el-bilek kemikleri ile kemik yaşı tayini için bir standart oluşturulabilmektedir. Böylece herkesçe kabul edilen güvenilir bir yöntem oluşturmak mümkün hale gelmiştir. El bileği kemiklerin oluşum sıralaması ortalama olarak aşağıdaki sıralama ile verilebilir. İlk oluşan Baş kemiği çocuklar bir ila üç aylıkken son oluşan Bezelye kemiği ise sekiz ila on iki yaş aralığındayken görünmektedir [21]:

- (1) Baş Kemik
- (2) Çengel Kemiği
- (3) Dirsek Kemiği Epifizi
- (4) Trikuetral
- (5) Hilal Kemiği
- (6) Kürek Kemiği
- (7) Yamuk Kemik
- (8) İkizkenar Yamuk Kemik
- (9) Ön Kol Kemiği Epifizi
- (10) Bezelye Kemiği
- (11) Dirsek Kemiği
- (12) Ön Kol Kemiği



Şekil 2.1. El bileği kemikleri radyografisi

El ve bileği kemiklerinden kemik yaşı tayininin oldukça güvenilir olduğu açıktır. Ancak burada ele alınması gereken önemli husus bu kemiklerin hangi özelliklerinin yaşı daha

iyi temsil edeceğidir. El kemiklerinin hangi özelliklerinden daha iyi kemik yaşı göstergelerinin elde edileceği ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. İlk çalışmalardan GPA’da herhangi bir yöntem sunulmamış sadece her kemik yaşı için olması gereken el ve bilek kemiği gelişimi verilmiştir. TWY’de ise kemik alanlarına göre yaş tespiti yapılmıştır. Yapılan çalışmaların ekserisi benzer şekilde kemik alanları kullanılarak yapılmıştır. Ancak tüm kemiklerin alanlarına bakmak oldukça uzun işlemleri gerektirmekte ve görüntülerin farklı açılardan alınması durumunda büyük hatalara neden olmaktadır. Bu alanda yapılan tüm çalışmaları şu şekilde sınıflandırmak mümkündür:

- El ve bilek kemiklerinin alanlarına göre yapılanlar (örneğin [22] ve [23]),
- Kemik epifizleri ile kemik uçlarının (metafizlerin) birleşim miktarlarına göre yapılanlar (örneğin [24] ve [25]),
- El ve bilek kemiklerinin uzunluklarına göre yapılanlar (örneğin [26]),
- Bazı özel oranların veya farklı göstergelerin tespit edilerek yapıldığı özel yöntemler (örneğin [27] ve [28]).

Bunların dışında olmamakla birlikte bu sınıflandırmalardan birkaçını birden kullanan daha kapsamlı yöntemler de mevcuttur (örneğin [29] ve [30]).

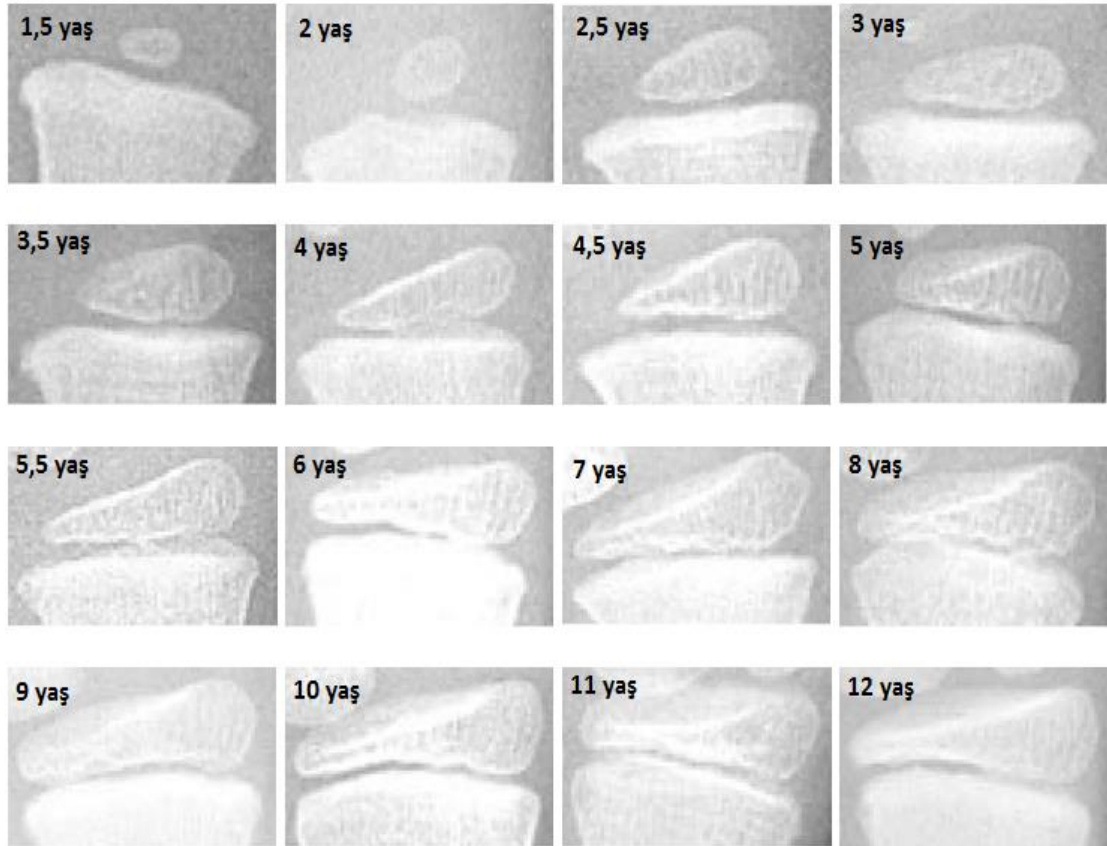
2.2. Dirsek ve Ön Kol Kemiği Epifizi

Bu tez çalışmasında en büyük öneme sahip kemik dirsek kemiği epifizidir. Bu kemiğin gelişim şekli ve süresi oluşturduğumuz otomatik çocuk yaşı tespit sisteminin temelini oluşturmaktadır. Yine ilgilendiğimiz ön kol kemiği epifizinin gelişim süreci de tespit sistemimizde güvenilirliği arttırmak için kullanılmıştır. Zira Taner-Whitehose [7] da geliştirdiği yöntemde yaş tayini için en yüksek ağırlığı dirsek kemiği epifizine vermiştir. Ayrıca dirsek ve ön kol kemiği epifizinin orantılı gelişiminin üzerinde önemle duran birçok çalışma vardır. Bu çalışmalarda dirsek ve ön kol kemiği epifizinin oranı ön kol kemik varyansı (unlar variance) olarak adlandırılmaktadır [31].

Dirsek kemiği epifizi genelde erkeklerde 0,5 ile 2,3 kızlarda ise 0,4 ile 1,7 yaşları arasında belirir [32]. Başlangıçta enine büyüyen bir yapısı varken olgunlaştıkça üçgen şekline benzemektedir. Yaş ilerledikçe dirsek kemiğiyle birleşerek dirsek kemiğinin bir

parçası halini alır. Dirsek kemiği epifizine benzer şekilde ön kol kemiği epifizi de ergenlikle beraber ön kol kemiğiyle bütünüleşir. Ön kol kemiği epifizi kızlarda 16, erkeklerde 17 yaşlarında artık tamamen birleşirken dirsek kemiği epifizinin birleşmesi ise kız ve erkeklerde ön kol kemiğine göre 6 ay daha geç tamamlanır [33], [34]. Dirsek ve ön kol kemiği epifizi ön kolun büyümesine yaklaşık %75-80 oranında katkı sağlar [35].

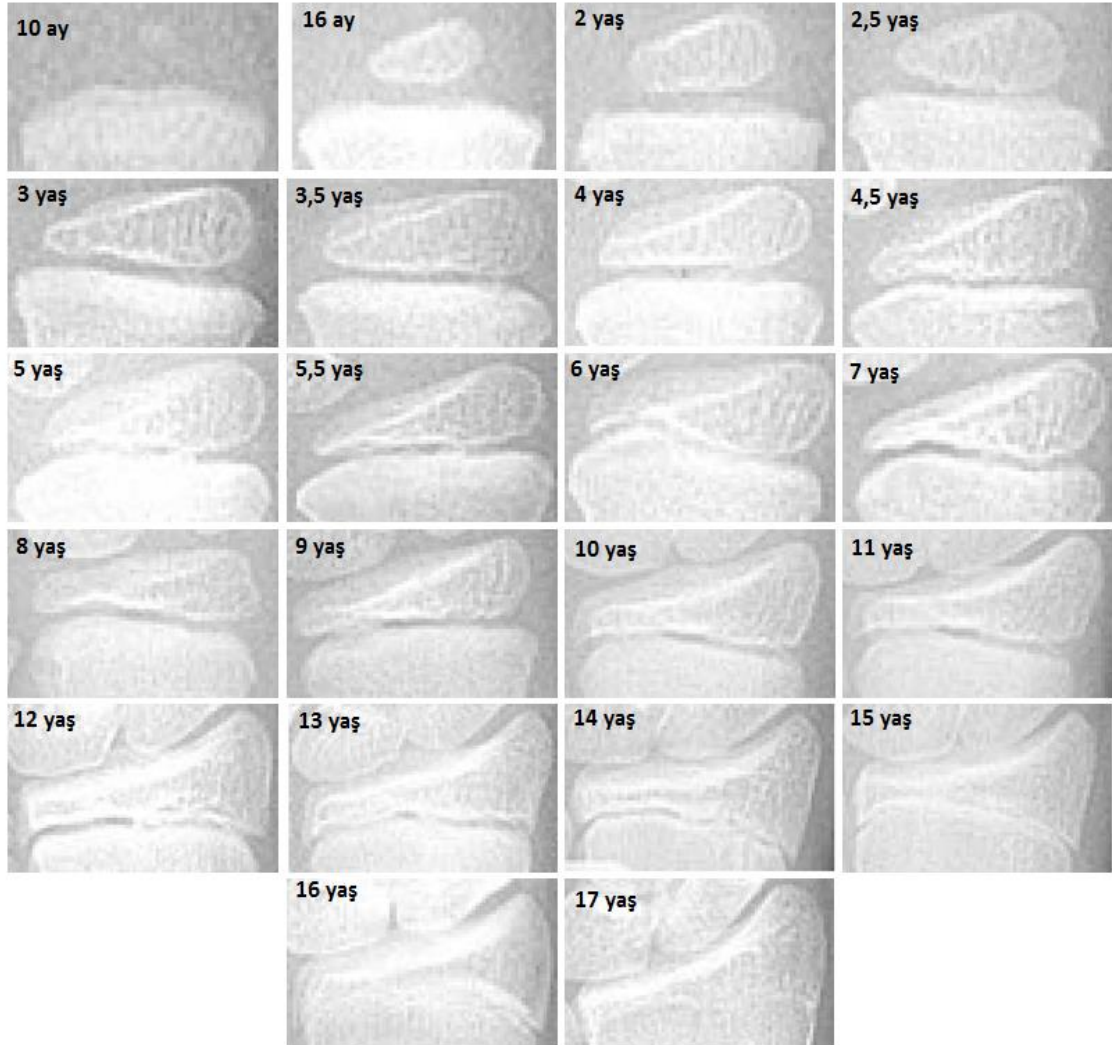
Dirsek kemiği epifizi kızlarda, erkeklere nazaran daha erken oluşmakta ve gelişimini daha erken tamamlamaktadır. Dirsek kemiği epifizi erkeklerde ortalama 1-1,5 kızlarda ise 1 yaşları arasında oluşmaya başlamaktadır. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te kız ve erkekler için 17 yaşına kadar olan GPA'daki emsal dirsek kemiği epifizleri gösterilmiştir. Dirsek kemiği epifizi gelişim sürecinde enine ve boyuna büyümektedir. Bu epifiz 17 yaştan sonra dirsek kemiği ile kaynaşarak ayrı bir kemik olma özelliğini kaybedip dirsek kemiğinin ucu halini almaktadır.



Şekil 2.2. Erkeklerde dirsek kemiği epifizinin gelişimi



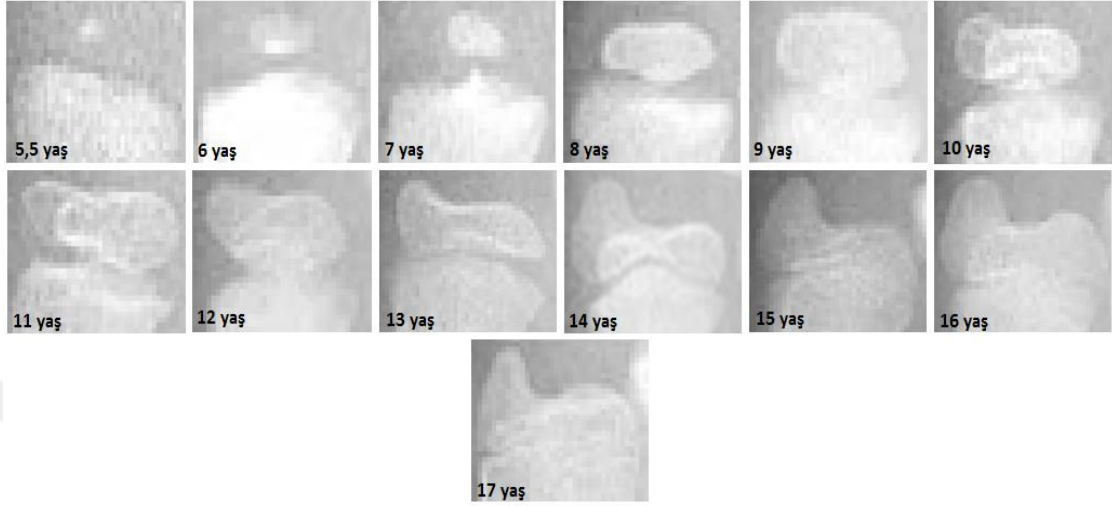
Şekil 2.2. Erkeklerde dirsek kemiği epifizinin gelişimi (devamı)



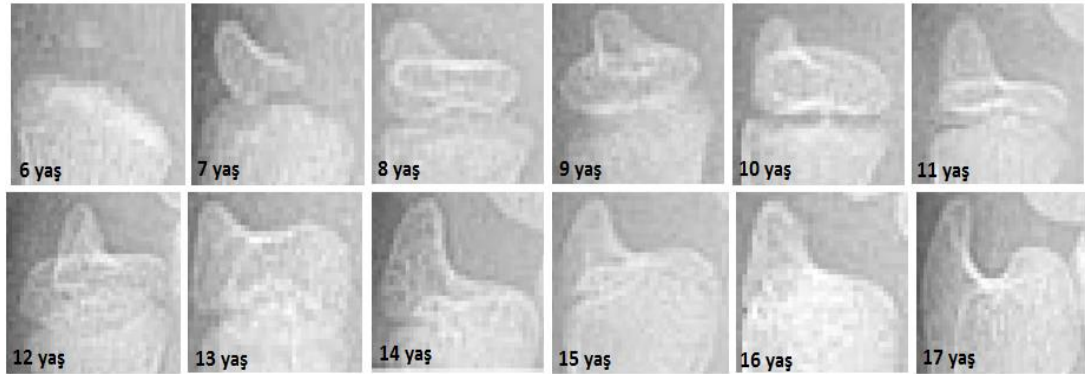
Şekil 2.3. Kızlarda dirsek kemiği epifizinin gelişimi

Ön kol kemiği epifizi ise erkeklerde 5-10 yaş aralığında, ortalama 7 yaşlarında ortaya çıkmaktadır. Kızlarda 3,5-9 yaş aralığında ortalama 6 yaşlarında belirlemektedir [36].

Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de kız ve erkekler için 17 yaşına kadar olan GPA’daki emsal ön kol kemiği epifizleri verilmiştir.



Şekil 2.4. Erkeklerde ön kol kemiği epifizinin 5,5-17 yaş aralığındaki gelişimi



Şekil 2.5. Kızlarda ön kol kemiği epifizinin 6-17 yaş aralığındaki gelişimi

3.BÖLÜM

ÇOCUK YAŞI OTOMATİK TESPİT SİSTEMİ

Otomatik yaş tespiti, kemik yaşı tayininde en yaygın olarak kullanılan Greulich-Pyle atlası ile Tanner-Whitehouse yöntemine veya özel olarak oluşturulan atlas benzeri veri tabanlarına dayanılarak oluşturulan algoritmalar aracılığıyla kemik yaşının doğrudan bilgisayar aracılığıyla tespit edilmesidir. Son yıllarda bu amaçla yapılan birçok çalışma vardır. Burada, şuana kadar geliştirilmiş yöntemlerle bizim yöntemimizin kısa bir kıyası verilmiştir. Geliştirdiğimiz yöntemin aşağıda ele alınacak yöntemlerden en önemli üstünlüğü sade olmakla birlikte yüksek doğruluktan da taviz vermemesidir.

Geliştirdiğimiz yönteme benzerlikleri bakımından diğer yöntemleri kıyaslayacak olursak bunlardan ilkinde [37] kemik yaşı için tasarlanan algoritma verilebilir. Ancak bu algoritma yoğun bir işlem hacmine ve basamaklarına sahip olduğundan oldukça karmaşık ve sonuç üretme süresi nispeten daha uzundur.

Bir diğer çalışma [30] tarafından yapılmıştır. Ancak bu da oldukça yoğun görüntü işleme teknikleri içeren el ve bilek kemiklerinin her birinin ayrı ayrı incelendiği uzun bir yöntemdir. Yine benzer bir çalışma olarak [38] araştırması verilebilir. Bu çalışmada da her ne kadar dirsek ve ön kol kemikleri kullanılmış olsa da bu kemiklerin en ve boyları alınmamıştır. Daha çok, yoğun görüntü işleme teknikleri ile dirsek ve ön kol kemiği ve epifizlerinin alanları otomatik olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak yaş tayini için görüntü üzerindeki alanı kullanmak oldukça sakıncalıdır. Çünkü şayet görüntü farklı açılardan alınırsa alan olduğundan farklı bir boyutta çıkabilir. Bizim yöntemimizdeki gibi hataların bertaraf edilebileceği bir oranlama veya normalizasyon yapılmazsa sonuçlar hatalı çıkar. Ayrıca bu çalışma her yaş için değil TWY sınırları dâhilinde geliştirilmiştir.

Benzer bir diğer çalışma [28] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sadece dirsek kemiği ve epifizinin enine bakılmıştır oysa bu iki değişken her yaş için ayırt edici değildir. Nitekim bazı yaş aralıklarında enine epifiz gelişimi durmakta boyuna gelişim oluşmaktadır. Hatta bizim yöntemimiz geliştirilirken epifiz eni ve boyu birlikte alınsa dahi bazı yaşlar için ayırt edici olmadığından daha geniş bir yaş aralığına hitap edebilmek için ön kol kemiği ve epifizinin de kullanılmasının zaruri olduğu görülmüştür.

[26] de yeni bir yöntem olarak el kemiklerinin uzunluklarına bakılarak kemik yaşının tayin edilebileceğini savunmuşlardır. Diğer otomatik yaş tayin yöntemleri [39], [40], [22] ve [41]'de sunulmuştur. Ancak bu ve benzeri yöntemlerin hepsinde tüm kemikler incelendiğinden oldukça fazla görüntü işleme içermekte, bu nedenle de uzun sürmekte ve karmaşık bir yapıya sahip olmaktadır. Ayrıca her birinin farklı eksik yönleri vardır. Örneğin en kapsamlı ve ileri düzeydeki çalışmalardan [30]'da geliştirilen sistem düşük kaliteli görüntülerle iyi sonuçlar verememekte, [25]'deki yöntem her yaştaki çocuklar için geçerli olamamakta, [29] ise oldukça karmaşık bir yapıdadır. [28] çalışması ise karmaşık değildir ama aşırı basit olduğundan her yaş için doğru sonuç vermemektedir.

[27] de bizimki gibi yaş tayini için yeni bir yöntem oluşturmaktır. Ancak bu çalışmada sunulan iki yöntemden biri 13 kemik diğeri ise 20 kemik alınarak yapılmıştır. Buna benzer daha başka çalışmalar da literatürde bulunabilir. Bizim çalışmamızın bunlardan farkı sadece 2 kemiğe bakmamızdır. Bu çalışmada ise epifiz eni metafiz (kemik ucu) enine oranlanmış ama bu kemiklerin boylarına bakılmamıştır. Bu yüzden de yeterli doğruluğa ulaşabilmek için 13 kemik kullanılmıştır.

Ayrıca daha önce geliştirilen otomatik sistemlerin neredeyse tamamının, doğru sonuçlar üretemediği yaş aralığı bulunmaktadır. Yani örneğin 11-15 veya 5-8 yaş aralığını yüksek bir doğrulukla tayin edemeyebilmektedirler.

Bu tezde geliştirilen kemik yaşı otomatik tespit sisteminde %76 ile dünyada en yaygın kullanım alanına sahip olması [42] ve başka ek bir yönteme ihtiyaç duyulmaksızın bölgemiz çocukları için kullanılabilecek güvenilir bir yöntem olması [43] hasebiyle GPA kullanılmıştır. Geliştirdiğimiz yöntem birçok kemik yerine iki epifizi

incelediğinden hızlı ve sadedir. Bu iki epifiz için dört değişken tanımlandığından yöntem aşırı basitlikten kurtarılmış, sadeliğine ise zarar verilmeden her yaş için yüksek doğrulukta sonuçlar vermesi sağlanmıştır.

3.1.Kemik Yaşı Tayini İçin Yeni Bir Yöntem

Kemik yaşı tayininde kullanılması için bu yöntem geliştirilirken özetle şu adımlar izlenmiştir:

- Kemik yaşı tayinini doğru bir şekilde yapabilmek için el bileğinde bulunan kemiklerden hangilerinin yaşı en iyi temsil edebileceğinin anlaşılabilmesi için atlardan el bileği görüntüleri ve literatür incelenmiştir.
- Yapılan incelemeler sonucunda dirsek kemiği epifizinin en yüksek kabiliyete haiz olduğu görülmüştür. Bu kemiğin alanı ile kemik yaşı arasındaki oranlar incelenmiştir. Bu aşamaya kadar olan araştırma sonuçları bildiri olarak sunulmuştur [44].
- Daha sonra yapılan detaylı tetkikler sonucunda el bileği kemik alanlarının istenilen doğrulukta tespit edilebilmesinin görüntü alınan cihaz veya görüntü alan personel gibi nedenlerden dolayı mümkün olamadığı görülmüştür. Alan hesaplama hata yapmaya oldukça müsaittir. Çünkü aynı hastanın farklı açıdan veya çözünürlükte çekilen görüntülerindeki kemik alanları dahi bu farklılıklardan dolayı değişebilmektedir. Görüntü kalitesi düştüğünde kemiklerin hatalı sınırlarından dolayı alan hesabı oldukça yanlış sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca alan hesabının uzun görüntü işleme yöntemleri nedeniyle uzun vakit aldığı görülmüştür.
- Sade, doğruluğu yüksek ve kısa sürede sonuç alınabilen bir yöntem geliştirmek için alan yerine dirsek kemiği epifizinin enine bakılmıştır. Ancak bazı yaş aralıklarında bu epifizin eninden ziyade boyunda değişim olduğu ve bu değişimin yaşı daha iyi temsil edeceği görülmüştür.
- Fakat dirsek kemiği epifiz boyunun henüz gelişmeye başlamadığı erken bazı yaşlarda da bu epifiz önemli şekilde benzerlik gösterdiğinden ayırt edicilik için ek verilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacı en iyi ön kol kemiği epifizinin karşılayacağı yapılan çalışmalarla ortaya çıkmıştır.

- Dirsek ve ön kol kemiği epifizinin ve boylarının birlikte kullanılması kararlaştırılmıştır. Fakat çalışmalar esnasında kemik en ve boyunun görüntünün çekildiği mesafe ve çözünürlüğe göre değiştiği görülmüştür. Bu nedenle her durumdaki görüntü için geçerli olacak verilerin üretilebilmesi için bir normalizasyon verisine ihtiyaç duyulmuştur.
- Normalizasyon için ön kol ve dirsek kemiği epifizinin ve boyları ön kol ve dirsek kemiği uçlarına oranlanmıştır. Böylece çekilen görüntünün çözünürlüğü ve mesafesinin etkilemeyeceği değerler üretilmiştir.
- Bu sayede radyografinin çekildiği açı, mesafe ve çözünürlüğün etkilemediği; sade, yoğun görüntü işleme içermeyen, hızlı ve aynı zamanda yüksek bir doğruluğa sahip olan bu yöntem geliştirilmiştir.
- Bu aşamadaki yöntem ve tasarlanan sistem 32 radyografi üzerinde denenmiş ve sonuçlar uluslararası bir kurultayda sunulmuştur [45].
- Son olarak toplam 170 radyografi ile tasarlanan sistem denenmiş ve sonuçlarına bu tezde yer verilmiştir.

Bu çalışmanın dayandığı dirsek kemiği epifizi ile ön kol kemiği epifizlerinin enine gelişmeleri belli bir yaşa kadar ayırt edici iken yaş ilerledikçe enine büyümeden çok boyuna büyüme gerçekleşmektedir. Bu nedenle kemiğin enine ve boyuna gelişimini birlikte hesaba katmak gerekir. Şekil 3.1'deki gibi bir görüntüdeki dirsek kemiği ucunun enine en geniş uzunluğu U_D , epifizin enine iki ucu arasındaki en geniş uzunluk E_D , boyuna ise B_D olmak üzere;

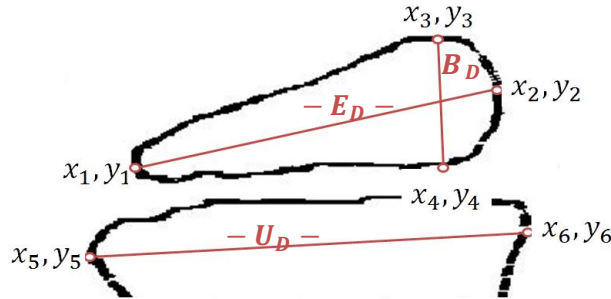
$$E_D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.1)$$

$$B_D = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} \quad (3.2)$$

$$U_D = \sqrt{(x_5 - x_6)^2 + (y_5 - y_6)^2} \quad (3.3)$$

'dir. Görüntülerde iki nokta arasındaki mesafe piksellere bakılarak ölçüldüğünden görüntü kalitelerindeki farklılıklar, görüntünün yakından veya uzaktan çekilmiş olması yahut aynı görüntü alma açısının tam olarak korunamaması gibi nedenlerin yöntemin

güvenilirliğini etkilememesi için E_D ve B_D 'nin U_D 'ye oranı kullanılmıştır. Zira görüntünün açısı, yakınlığı veya uzaklığı bu oranı değiştirmeyecektir.



Şekil 3.1. Dirsek kemiğinde tanımlanan değişkenler

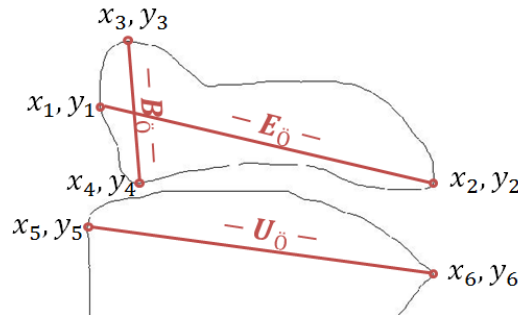
Aynı şekilde belli bir yaştan sonra çıkan ön kol kemiği epifizi (Şekil 3.2) enine en uzak iki ucu arasındaki mesafe $E_{\bar{O}}$, boyuna iki ucu arasındaki uzunluk $B_{\bar{O}}$ ve ön bilek kemiği ucunun en geniş uzunluğu olan $U_{\bar{O}}$;

$$E_{\bar{O}} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.4)$$

$$B_{\bar{O}} = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} \quad (3.5)$$

$$U_{\bar{O}} = \sqrt{(x_5 - x_6)^2 + (y_5 - y_6)^2} \quad (3.6)$$

şeklinde hesaplanabilir.

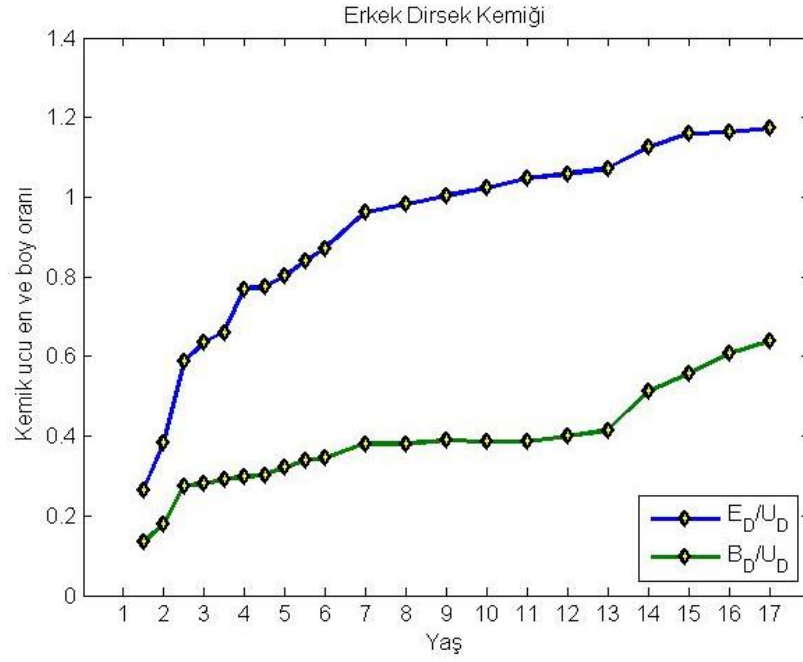


Şekil 3.2. Ön kol kemiğinde tanımlanan değişkenler

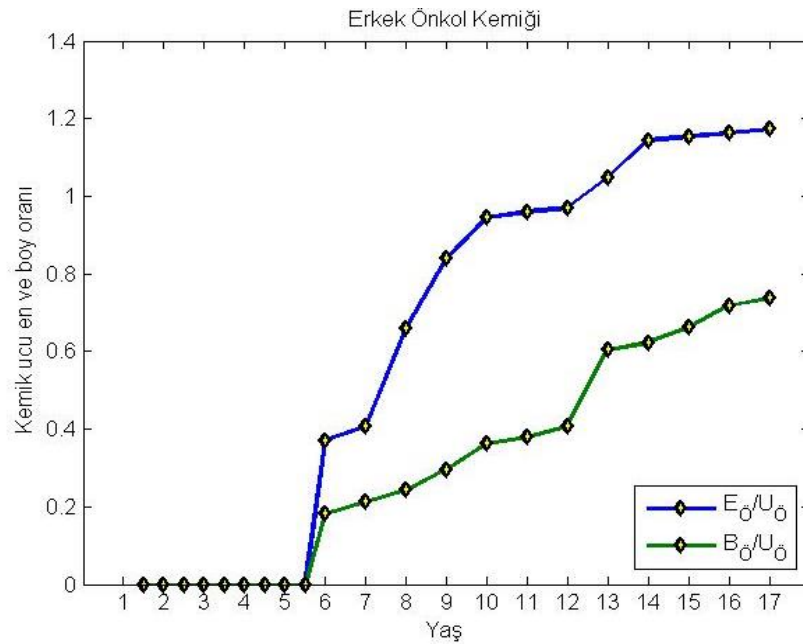
Buradan elde edilen değişkenler

$$\frac{E_D}{U_D}, \frac{B_D}{U_D}, \frac{E_{\bar{O}}}{U_{\bar{O}}} \text{ ve } \frac{B_{\bar{O}}}{U_{\bar{O}}}$$

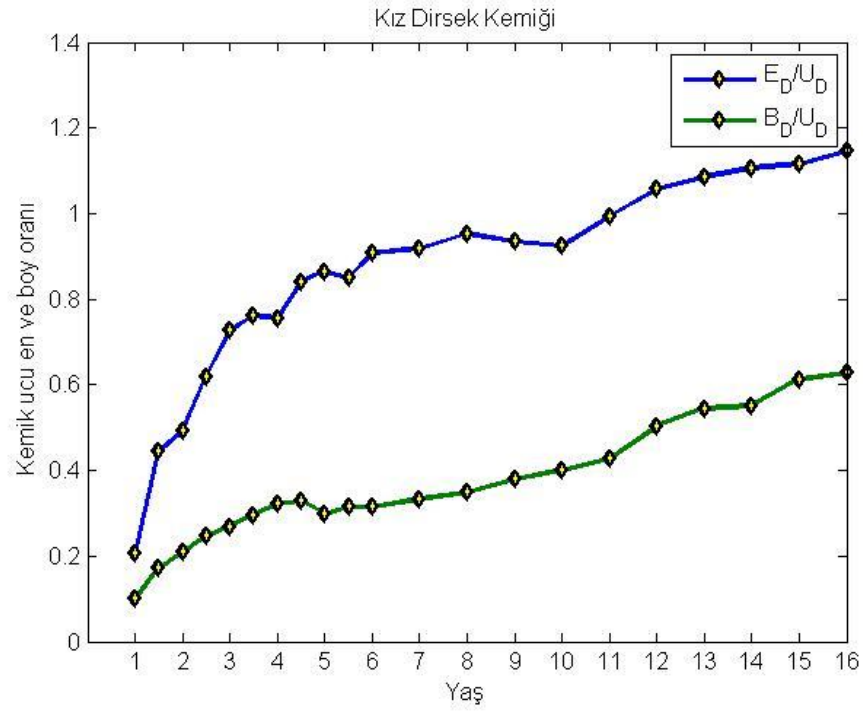
şeklinde oranlanarak erkekler ve kızlarda ayrı ayrı her yaş için dört değişken elde edilebilir. Burada yapılan oranlama bir normalizasyon olup değişkenlerin radyografilerin yakın veya uzaktan çekilmiş olmasına bağlı olmaksızın doğru değerlere sahip olmasını sağlar. Bu değişkenlerin yaşa göre değişimi aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



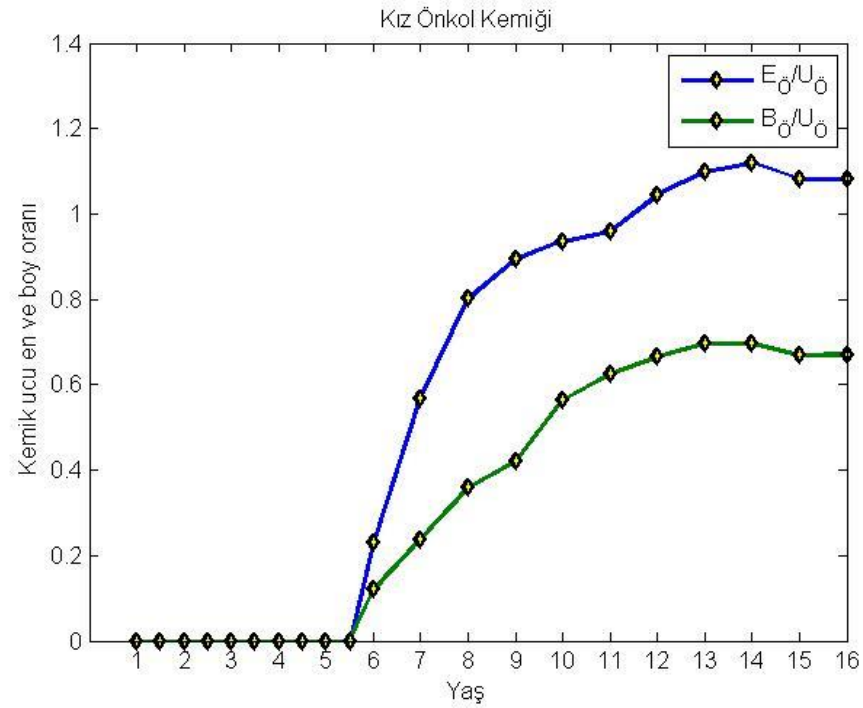
Şekil 3.3. Erkek dirsek kemiği en ve boyunun dirsek kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi



Şekil 3.4. Erkek ön kol kemiği en ve boyunun ön kol kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi



Şekil 3.5.Kız dirsek kemiği en ve boyunun dirsek kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi



Şekil 3.6.Erkek ön kol kemiği en ve boyunun ön kol kemiği ucuna (metafize) oranının kemik yaşına göre değişimi

Burada dirsek ve ön kol epifiz kemiklerinin kemik yaşını temsil kabiliyetini veya gerçekte ne kadar güvenilir bir yöntem olduğunu göstermek de gerekir. Bu maksatla ilinti analizi kullanılabilir. İlinti ya da Korelasyon analizi, oransal ve aralık seviyede ölçülmüş iki değişken arasındaki bağımlılığın seviyesini belirlemeye yönelik bir analiz tekniğidir. İlinti analizi neticesinde hesaplanan ilinti katsayısı -1 ile +1 arasında değerler alır. Katsayının +1 olması iki değişken arasında mükemmel bir doğrusal ilişkinin olduğunu gösterirken, katsayının -1 olması ise değişkenler arasında ters yönde mükemmel bir ilişkinin olduğu anlamına gelmektedir [46].

Tablo 3.1. Yaş ile epifiz değerleri arasındaki ilinti katsayıları

	Erkek	Kız
E_D/U_D	0.9046	0.8819
B_D/U_D	0.9422	0.9705
$E_{\bar{O}}/U_{\bar{O}}$	0.9573	0.9406
$B_{\bar{O}}/U_{\bar{O}}$	0.9793	0.9539

Tablo 3.1'deki ilinti sonuçlarına göre yaşın erkeklerde ve kızlarda dirsek ve ön kol kemiği epifiz eni ve boyu ile olan ilişkisinin %88 den yüksek olduğu görülmektedir. İstatistik çalışmalarında %95 uyumluluk gerekirken, fizyolojik benzerliklerde %75 uyum oranı yeterli olarak kabul edilmektedir [47]. Bu veriler ile GPA'da yer aldığı şekliyle yaş tayininde el-bilek kemiklerinden en güvenilir olanlarının dirsek ve ön kol kemiği uçları ve epifizleri olması bir arada düşünüldüğünde dirsek ve ön kol kemiği epifizlerinin kemik yaşını temsil edebileceği ortaya konulmuş olur.

3.2. Sistem yapısı

Sunulan bu yöntemin yaş tayininde kullanılabilmesi için yöntemde elde edilen veriler ile olması gereken kemik yaşı verilerinin karşılaştırılması gerekir. Daha açık ifade etmek gerekirse, her kemik yaşı için olması gereken veriler bilinmelidir ki yöntemle elde edilen veriler olması gereken verilerle karşılaştırılarak hangi yaşı temsil ettikleri bulunsun. Örneğin bir uzmanın 8 yaşındaki Türk çocuklarının kemik yaşını temsil eden görüntüye karar vermesi gerekir ki artık geliştirdiğimiz sistem tarafından herhangi bir görüntüden bulunan veriler ile yine sistemin uzmanın karar verdiği görüntüden elde ettiği verileri karşılaştırarak sistemin bulduğu verilerin 8 yaşa uygun olup olmadığına

karar verebilelim. İşte bu noktada her yaş için olması gereken görüntüleri sunan atlasların önemi anlaşılmaktadır.

Bu yöntem dirsek ve ön kol kemiği epifizlerinin, dirsek ve ön kol kemiği uçlarına (metafizlerine) göre gelişiminin yaş ile doğrudan orantılı olduğu ve sadece bu ikisinin gelişimine bakılarak kemik yaşının doğru bir şekilde tayin edilebileceğini göstermektedir. Bu amaçla öncelikle dirsek kemiği epifizinin enine ve boyuna uzunluklarının görüntü üzerinde hesabı için dirsek kemiği epifizinin enine en uzak iki ucu arasındaki mesafe E_D , boyuna en uzun B_D ve dirsek kemiği ucunun enine en uzun mesafesi U_D değişkenleri tanımlanmıştı (Şekil 3.1). Benzer şekilde aynı değişkenler ön kol kemiği epifizini için ise sırasıyla $E_Ö$, $B_Ö$ ve $U_Ö$ verilmişti (Şekil 3.2). Görüntüde iki nokta arasındaki uzunluk piksel olarak ölçülmektedir. Çekilen radyografinin çözünürlüğünün, çekildiği mesafe ve açının değişmesiyle piksel sayısı da değişmektedir. Bu nedenle hesaplanan uzunlukta hatalara neden olmaması ve işlemlerin tüm görüntü formatlarında doğru sonuç verebilmesi için enine ve boyuna uzunluklar U_D ve $U_Ö$ ile normalize edilmektedir. Yani;

$$X = \frac{E_D}{U_D}, Y = \frac{B_D}{U_D}, V = \frac{E_Ö}{U_Ö} \text{ ve } W = \frac{B_Ö}{U_Ö}$$

şeklinde tanımlanabilir. X , Y , V ve W değişkenlerine ek olarak cinsiyet (c) de bir değişken olarak alınmıştır. Böylece bu yöntemde toplam beş değişken bulunmaktadır. Bu yöntem modellenerek;

$$Yaş = A + c(XY + VW) \quad (3.7)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada A bir sabit, c cinsiyete bağlı bir değişkendir, diğer değişkenler ise yukarıda tanımlanan hallerindedir. Bu denklemlerle belirli aralıklar belirli yaşlara, kullanılan atlasın elde edilecek değerlere göre, atanabilir. Bu yöntem ile herhangi bir atlasla göre yaş aralıkları hesaplandıktan sonra artık yeni görüntülerde sadece yöntem değişkenlerine bakılarak yaş, hızlı bir şekilde tayin edilebilir. Örneğin bir ülke çocukları için oluşturulan el radyografisi atlasındaki dirsek ve ön kol kemiği epifiz verileri ölçülerek bu veriler sunulan bu bağıntılarda kullanılarak yeni kemik yaşları kıyaslama ile hızlı bir şekilde bulunabilir.

Ancak burada, (3.7) veya benzeri bağıntılar yerine sunulan bu yöntemin güvenilirliğini göstermek için yapay sinir ağları kullanılarak bir çalışma yapılmıştır.

3.2.1. Tasarlanan Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA) sınıflandırma alanındaki başarısından dolayı oldukça yaygın bir şekilde kullanılan zeki bir yöntemdir. Otomatik yaş tayininde de birçok çalışmada kullanılmıştır (örneğin [48], [39] ve [38]). Yapay sinir ağları dışında, [42] ve [23] görüntü işleme teknikleri ve kendi algoritmaları ile el-bilek kemiklerinin gelişmişliğinden yaşı tespit etmişlerdir. Yine [49]'da yapılan çalışmada el radyograflerinden özellikler belirlenerek, [25]'da wavelet dönüşümü kullanılarak, [50] ile [28]'da ise bulanık mantık ile yaş tayini otomatikleştirilmeye çalışılmıştır. [29] ile [30]'da bu alandaki en kapsamlı çalışmalar yapılmış ve otomatik bir sistem oluşturulmuştur. [51]'daki çalışmada ise Hausdorff mesafe ölçümünü kullanmışlardır. [52]'de ise yapılan çalışma ile internet üzerinden erişime açık bir şekilde yaş tayini mümkün kılınmıştır.

Kemik yaşını tayin etmek için burada sunulan yöntemin kullanıldığı bir algoritma veya sistem tasarımı da aslında zorunlu değildir. Yani herhangi bir otomasyon veya modelleme kullanılmadan bir uzman veya doktor eline alacağı bir cetvelle dahi bu yöntemde sunulan değişkenleri görüntü üzerinde ölçerek yaş tayini yapabilir. Bunun için sadece bulduğu değerlerin en yakın olduğu görüntüyü bulabileceği bir atlası ihtiyaç duyar. Ancak bu işlemler uzun vakit alacağı için bir sistem tasarlanıp bu sistem ve yöntem sayesinde hızlı bir şekilde yaş tayini daha makuldür. Bu amaçla bu çalışmada da YSA ve ihtiyaca göre farklı algoritma yapıları tasarlanarak kemik yaşının otomatik bulunması sağlanmıştır.

YSA'nın tasarımı için öncelikle verilerin elde edilmesi gerekir. Bu amaçla Greulich-Pyle atlasındaki [6] görüntüler kullanılarak YSA eğitilmiştir. Bu atlas kitap şeklinde olduğundan içerisindeki görüntüler Canon PIXMA MX375 tarayıcı ile azami 4800 dpi çözünürlüğüyle taranarak yazılım ortamına aktarılmıştır. Kızlarda 1 – 16 yaşları arasında olmak üzere 21 görüntü, erkeklerde ise 1,5 – 17 yaşları arasında 21 görüntü taranmıştır. Daha sonra bu görüntüler kullanılarak her yaş, cinsiyet, emsal dirsek ve ön kol kemiği için yöntemde anlatılan dört değişken değerleri hesaplanmıştır.

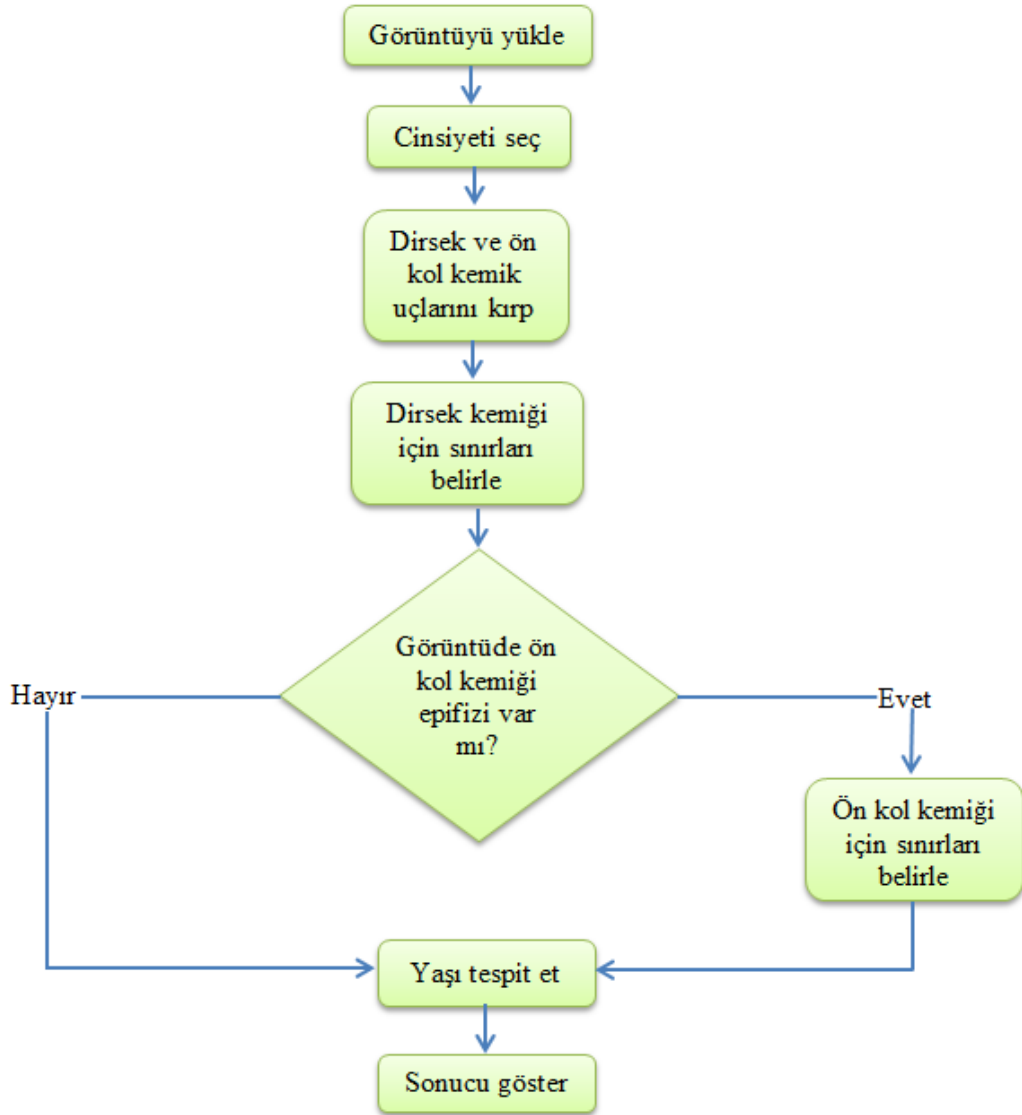
Her bir yaş için elde edilen değerler yine bu atlasta belirtilen standart sapmalar dâhilinde üç örnek alınarak çoğaltılmıştır. Yani 63 kızlar, 63 erkekler için toplamda 126 dirsek kemiği; 33 kızlar, 36 erkekler için toplam 69 ön kol kemiği için değerler üretilmiştir. GPA’da her yaş için verilen görüntünün hangi yaş aralığını temsil edebileceğine dair standart sapmalarda sunulmuştur. Örneğin 5,5 yaş görüntüsü için bu değer 8,9 aydır. Ön kol kemiği için verilerin farklı sayıda olmasının nedeni kız ve erkeklerde 6 yaşında epifiz hesaplamaya dahil edilmişken erkeklerde 17, kızlarda ise 16 yaşında hesaplamanın sonlandırılmış olmasıdır.

Geliştirilen sistemde yüksek bir sınıflandırma performansına sahip ve hızlı olması nedeniyle YSA tercih edilmiştir. YSA’da ileri beslemeli çok katmanlı ağ yapısı kullanılmıştır. Eğitimde ise geri yayımlı (back propagation) eğitim algoritmalarından Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır [53], [54]. Beş adet giriş, iki adet ara katman ve bir tane çıkış vardır. Ara katmanlardan ilki beş, ikincisi ise yedi hücreden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Ara katman transfer fonksiyonu olarak Sigmoid kullanılmıştır. Ara katman ve bu katmanlardaki hücre sayısına karar vermek için çıkış değerleri ile giriş değerleri arasındaki en küçük ortalama karesel hataya bakılmıştır.

İlk giriş cinsiyet; ikincisi dirsek kemiği epifizinin eninin, dirsek kemiği ucunun enine ($X = \frac{E_D}{U_D}$); üçüncü giriş dirsek kemiği epifiz boyunun yine ucunun enine ($Y = \frac{B_D}{U_D}$) oranı; dördüncü giriş ön kol kemiği epifizinin eninin, bu kemiğin ucunun enine ($V = \frac{E_O}{U_O}$) ve beşinci giriş ise boyunun ucunun enine ($W = \frac{B_O}{U_O}$) oranıdır. Bu dört giriş ek olarak cinsiyet de bir giriş olarak alınmıştır. Toplam beş giriş sütun sayısı, 21 kız ve 21 erkek radyografisinden elde edilen değerlerin örneklenmesiyle 126 satır sayısı bulunmuştur. Böylece toplam veri adedi 630 olarak elde edilmiştir. Bu verilerin tamamı eğitim için kullanılmıştır. YSA’yı test etmek için ise iki uzman/doktor tarafından yaşları belirlenmiş gerçek radyografiler ile YSA kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama neticeleri son bölümde sunulacaktır.

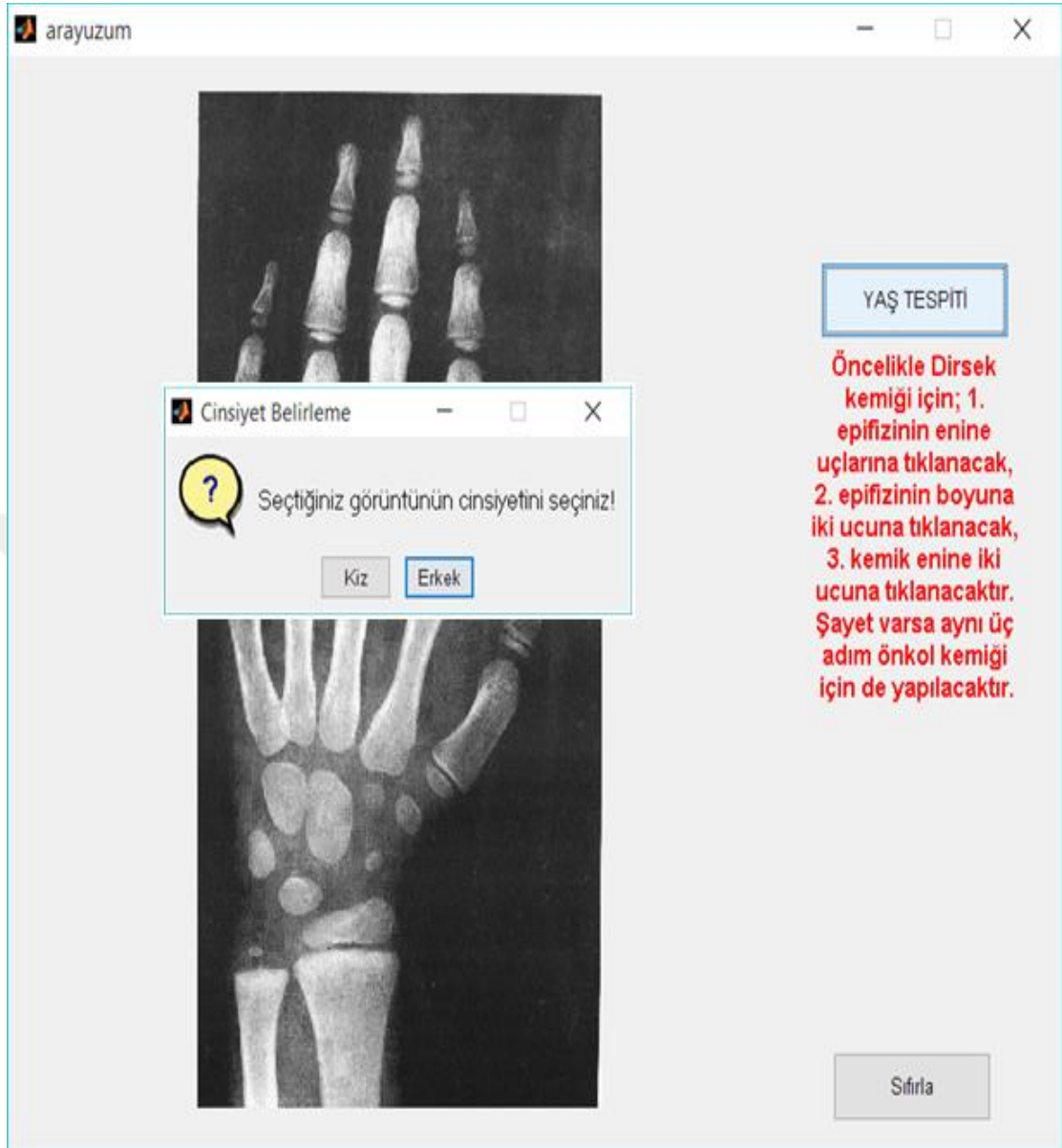
3.2.2. Sistem Adımları

Geliştirilen sistemde kemik yaşı tespiti yapılırken giriş verilerine göre sınıflandırma yapılmakta ve incelenen görüntünün kemik yaşına karar verilmektedir. Sistemin iş akış şeması Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Tasarlanan sistemin akış diyagramı

Sunulan bu sade yöntemin kullanımını test etmek için otomatik bir bilgisayar yazılımı MATLAB ile geliştirilmiştir. Şekil 3.8- Şekil 3.11’de tasarlanan yazılım ara yüzü işlem adımlarına göre verilmiştir. Öncelikle kemik yaşı tayin edilmek istenen görüntü ve bu görüntünün cinsiyeti kullanıcı tarafından belirlenmektedir (Şekil 3.8).



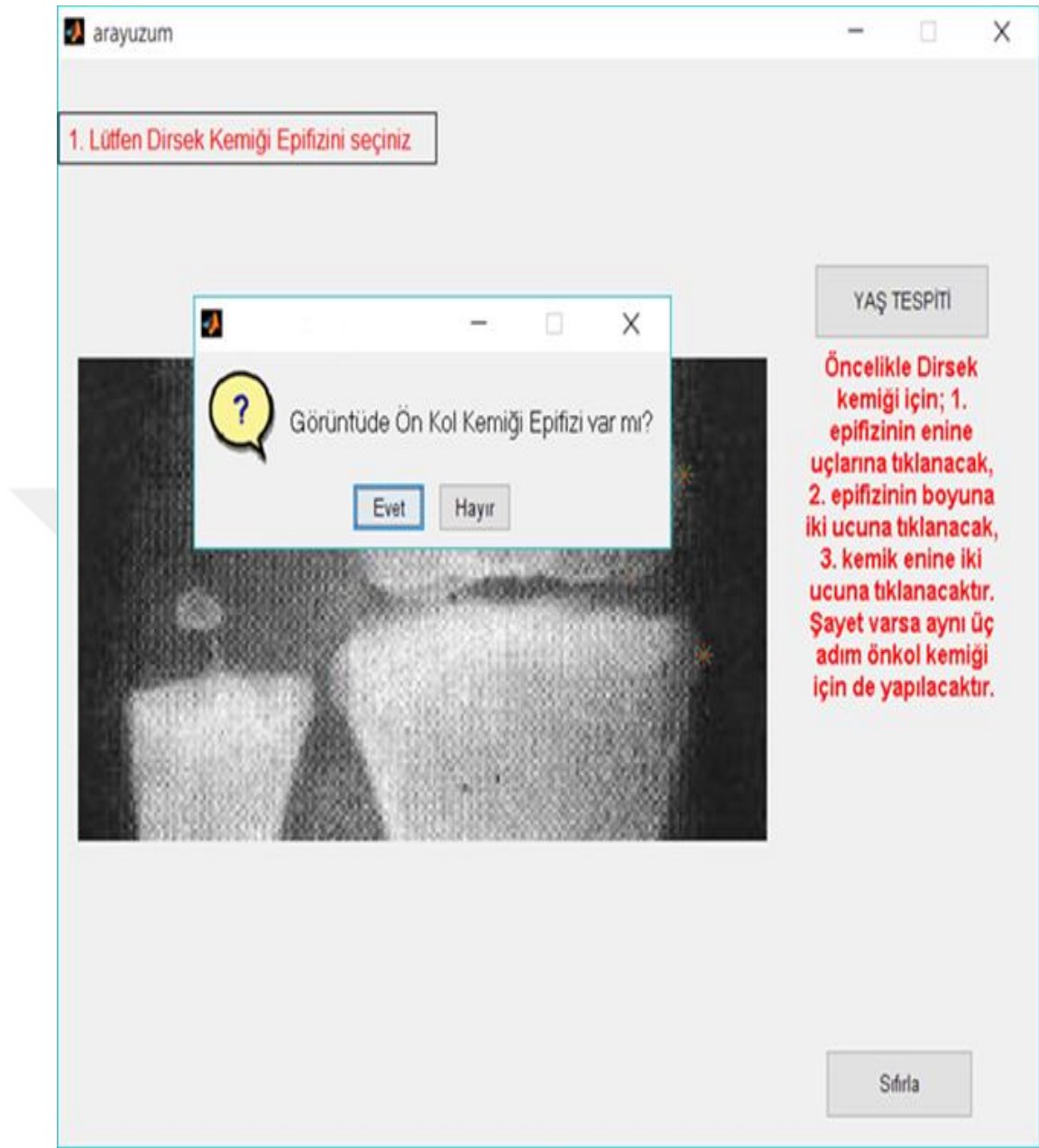
Şekil 3.8.Yaş tayinine başlanması ve cinsiyetin seçilmesi

Daha sonra görüntüde ilgilenilen alan olan dirsek ve ön kol kemiği epifiz ve metafizleri kırılmaktadır. Bu adımdan hemen sonra dirsek kemiği epifizinin önce enine en büyük uzunluğu daha sonra boylamasına en büyük uzunluğu, en son olarak da dirsek kemiği ucunun enine uzunluğu seçilmektedir (Şekil 3.9).



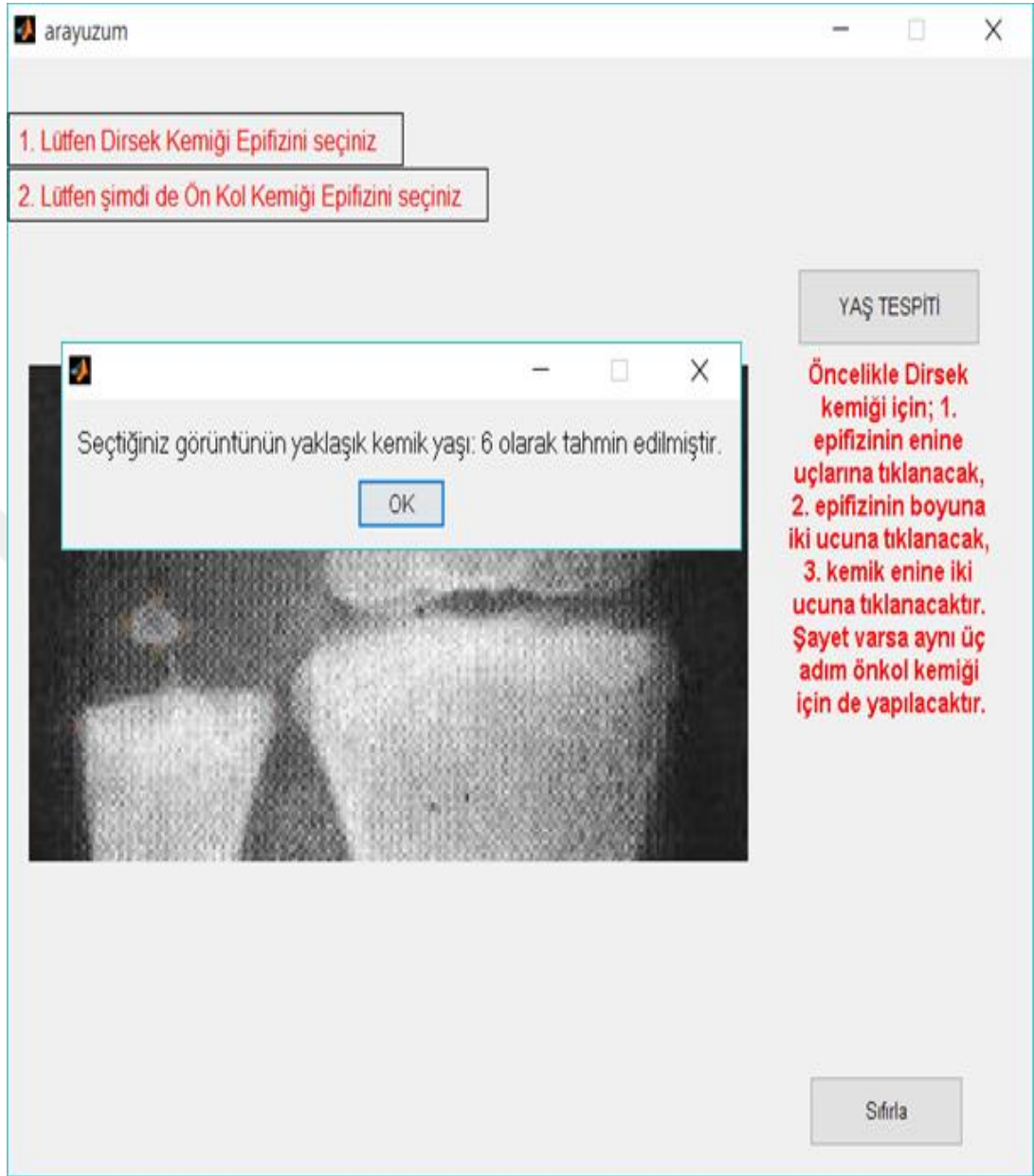
Şekil 3.9.İlgi alanı ile bu alandan istenen dirsek kemiği verilerin belirlenmesi

Sonraki aşamada el bileği görüntüsünde ön kol kemiği epifizinin olup olmadığı sorgulanmaktadır. Varsa bu epifiz için de benzer şekilde önce epifiz eni sonra boyu, en son olarak da ön kol kemiği ucu seçilmektedir. Şayet bu epifiz yoksa sadece dirsek kemiği epifizini ile yaş hesabına geçilmektedir (Şekil 3.10). Her kemik için epifiz eni ve boyu ile metafiz eni olmak üzere toplam üç parametre seçilmelidir.



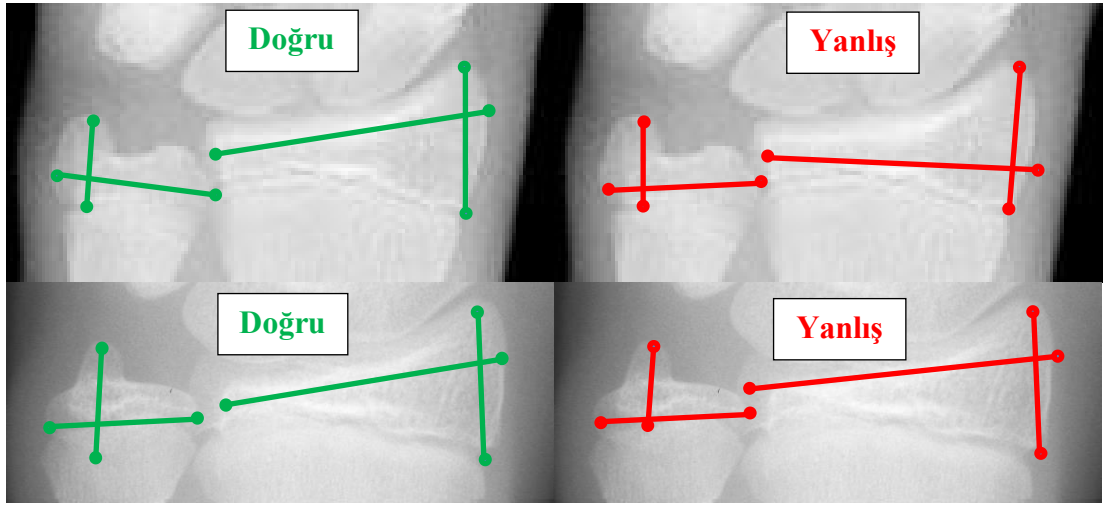
Şekil 3.10.Ön kol kemiği epifizi varsa istenen verilerin belirlenmesi

Son aşamada elde edilen veriler YSA girişi olarak kullanılmakta ve YSA daha önce eğitildiği şekliyle bu verilere göre kemik yaşını sınıflandırmakta ve sistem sonucu kullanıcıya sunmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11.YSA ile yaşı tayini ve sonuç

Yazılan bu program kullanılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus epifiz en ve boy sınırlarının doğru bir şekilde seçilmesidir. Seçilen doğrultuların herhangi bir eksene paralel, dik veya belirli bir açıda olması için uğraşılmamalıdır. Bir diğer husus da görüntü iki boyutlu olduğundan epifizlerin de sadece ön yüzeyleri hesaba katılmalı, farklı açıda çekilmesi nedeniyle görüntüde oluşan gölge veya epifizin yan yüzeyleri değil sadece ön yüzeyi ile uzunluklar belirlenmelidir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12.Epifiz en ve boylarının doğru belirlenmesi

4. BÖLÜM

BULGULAR– SONUÇ veÖNERİLER

4.1. Bulgular

Geliştirilen yöntem ve tasarlanan sistem Los Angeles Çocuk Hastanesinde Kafkas çocukların çekilen radyografileri üzerinde denenmiştir. Bu radyografilerin tümünün yaşları yine bu hastanede çalışan iki radyolog tarafından da belirlenmiştir. Geliştirilen yöntemin amacı uzmanlar tarafından bulunan kemik yaşlarına en yakın şekilde yaş tayinini otomatik olarak yapmaktır. Bu amaçla bahsedilen radyografilerden 85 kız ve 85 erkek olmak üzere toplam 170 çocuk el-bilek görüntüsü Güney Kaliforniya Üniversitesi Görüntü İşleme ve Bilişim Laboratuvarı veri tabanından alınmıştır [55]. Bu radyografilerin özellikleri, uzmanların tahmini ve geliştirdiğimiz yöntemle bulunan kemik yaşı sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Yöntemde kullanılan radyografi özellikleri ve kemik yaşı tahminleri

Sıra	Veri Tabanı Numarası	Cinsiyet	Kronolojik Yaş	1. Uzman	2. Uzman	Geliştirilen Yöntem
1	4059	Kız	1,72	1,25	1,38	1,34
2	4712	Kız	1	0,75	0,62	0,95
3	5051	Kız	1,57	1,25	1,5	1,30
4	5573	Kız	1,47	1,50	1,5	1,52
5	4060	Kız	2,52	2,5	1,75	2,31
6	4066	Kız	3,93	2,5	2,25	2,39
7	4058	Kız	1,71	2	2	2,11
8	4062	Kız	2,93	3	3	2,87
9	4065	Kız	3,66	3,25	3,25	3,16
10	6107	Kız	2,68	3	3	2,90
11	6135	Kız	2,9	3	3	2,51
12	4064	Kız	3,62	3,5	3,83	3,66
13	4071	Kız	4,81	4,17	4,25	4,17
14	4369	Kız	4,66	4,17	4,17	4,19
15	6121	Kız	3,92	4,16	4,16	4,18
16	4070	Kız	4,45	5	5	4,99
17	4371	Kız	5,71	5	3,83	3,74
18	6146	Kız	5,54	5	5	5,33

19	7025	K1Z	5,01	4,17	5	5,82
20	7149	K1Z	5,22	5	5	5,6
21	3713	K1Z	6,37	5,75	6,25	5,81
22	4068	K1Z	4,4	5,75	5,75	6,02
23	4076	K1Z	6,51	5,75	6,25	6,24
24	4495	K1Z	5,1	5,75	5,75	5,23
25	7174	K1Z	6,31	6	5,75	5,93
26	3714	K1Z	6,82	6,83	6,83	6,91
27	4074	K1Z	5,93	6,83	6,83	7,73
28	4075	K1Z	6,08	6,83	6,83	6,61
29	4077	K1Z	7,09	6,83	6,83	6,11
30	4078	K1Z	7,27	6,83	6,83	6,48
31	4079	K1Z	7,44	7,33	7,33	6,92
32	4080	K1Z	7,76	6,83	7,33	7,02
33	4198	K1Z	7,98	7,83	7,83	7,85
34	4372	K1Z	6,96	6,83	6,83	7,02
35	4713	K1Z	9,25	7	6,83	7,39
36	7027	K1Z	7,77	6,83	5,75	6,97
37	7250	K1Z	7,73	6,83	6,83	6,69
38	4085	K1Z	8,63	7,83	8,83	8,10
39	4086	K1Z	8,85	8,33	8,33	8,56
40	4373	K1Z	8,17	7,33	7,83	7,22
41	7262	K1Z	8,96	7,83	7,83	7,45
42	3286	K1Z	8,9	8,83	8,83	8,75
43	4087	K1Z	8,90	8,83	8,83	8,46
44	4088	K1Z	9,72	8,83	9,42	9,10
45	4374	K1Z	9,36	8,33	8,83	8,80
46	4377	K1Z	10,55	8,83	8,83	8,58
47	3292	K1Z	11,54	9,5	10	10,91
48	3297	K1Z	12,26	10	10,50	10,83
49	4089	K1Z	9,89	10	10	10,80
50	4093	K1Z	10,49	10	10	10,10
51	4375	K1Z	10	10,83	10	10,94
52	4376	K1Z	10,24	10	10,5	10,92
53	4380	K1Z	11,6	8,83	10	10,87
54	4381	K1Z	11,42	10	10,5	10,91
55	6147	K1Z	10,09	10	10	10,94
56	7088	K1Z	9,24	10	10	10,80
57	7094	K1Z	10,66	10	10	10,92
58	7293	K1Z	10,49	10	10	10,75
59	3288	K1Z	10,28	10,83	10,5	10,92
60	3289	K1Z	10,35	11	11	11,04
61	4090	K1Z	10,43	11	12	11,61
62	4094	K1Z	11,86	11	12	11,05
63	7245	K1Z	11,72	12	11	11,73
64	3296	K1Z	12,05	12,50	12,50	13,35
65	4095	K1Z	12,34	12	11,50	11,06
66	4096	K1Z	12,37	12,50	12,50	13,34
67	4382	K1Z	11,65	12	11,50	12,43
68	4383	K1Z	11,97	12	13	11,40
69	4498	K1Z	11,97	12	12	12,87
70	7267	K1Z	11,88	12	12	12,04
71	4097	K1Z	12,64	13,50	13,50	13,58
72	4499	K1Z	11,97	13	13,25	13,28
73	4500	K1Z	13,01	12,5	13	13,65
74	4502	K1Z	13,58	11	13	13,65
75	7126	K1Z	12,55	13	13,50	13,48
76	7130	K1Z	12,54	13	13,50	13,12
77	7163	K1Z	13,25	13	13	13,93

78	4110	Kız	14,70	14,50	14,50	14,16
79	4386	Kız	13,51	14	14	13,74
80	4387	Kız	13,83	13,75	14	13,65
81	7150	Kız	12,25	14	14	13,98
82	4111	Kız	14,90	15	15	14,98
83	4716	Kız	14,59	14,50	15	15
84	6020	Kız	13,96	15	15	15,39
85	7225	Kız	13,65	15	15	14,26
86	4130	Erkek	2,31	2,67	2,33	2,40
87	4133	Erkek	3,11	3	3	2,69
88	4134	Erkek	3,13	3	3	2,61
89	4509	Erkek	2,66	3	3	2,23
90	4510	Erkek	2,72	3	3,25	3
91	4511	Erkek	2,79	3	3,25	2,82
92	4512	Erkek	2,99	3,50	3,50	3,84
93	4513	Erkek	3,20	3,50	3,50	3,82
94	4348	Erkek	3,56	4,50	3,75	3,86
95	4349	Erkek	4,11	4,50	3,75	4,13
96	4139	Erkek	5,64	5	5	5,74
97	4350	Erkek	5,14	5	5	4,66
98	4515	Erkek	4,89	5	5,50	4,95
99	5052	Erkek	4,89	5	5	4,35
100	7028	Erkek	5,12	5	5	5
101	7029	Erkek	5,25	5	5	4,83
102	7127	Erkek	5,27	5	5	5,21
103	7234	Erkek	5,81	4,50	4,50	4,76
104	4140	Erkek	5,97	6	6	6,32
105	4141	Erkek	6,30	6	5,50	5,04
106	4165	Erkek	6,97	6	5,50	5,85
107	4170	Erkek	6,32	5,50	6	5,18
108	4351	Erkek	6,46	6,50	6	5,18
109	7032	Erkek	7,52	6	6	5,88
110	7192	Erkek	6,02	5,50	6	6,55
111	3260	Erkek	9,43	7	6,5	6,01
112	4145	Erkek	7,01	7	6	6,83
113	4148	Erkek	7,14	7	8,5	7,77
114	4738	Erkek	7,90	7,5	6	6,65
115	7034	Erkek	8,45	7	6	6,39
116	7177	Erkek	6,92	6	7	5,90
117	4152	Erkek	8,58	7	8,50	7,44
118	4207	Erkek	8,74	9	7	6,38
119	7033	Erkek	8,32	8	8	8,56
120	7136	Erkek	7,59	8	8	7,39
121	7255	Erkek	8,83	8	8	8,47
122	7270	Erkek	7,55	8	8	7,25
123	3257	Erkek	8,97	9,50	8,50	8,64
124	3259	Erkek	9,09	8	9	8,74
125	4156	Erkek	9,14	10	9	9,14
126	4157	Erkek	9,33	9	9,50	8,49
127	4169	Erkek	9,74	9	10	8,78
128	7169	Erkek	9,24	8	10	7,87
129	7251	Erkek	9,22	9	9	8,60
130	4161	Erkek	10,47	10	11,50	11,08
131	4352	Erkek	10,52	11	10	11,67
132	4518	Erkek	10,03	11	10	10,21
133	4519	Erkek	10,17	10	10	10,34
134	6128	Erkek	10,09	10	10	10,50
135	7266	Erkek	10,18	10	10	10,21
136	3263	Erkek	10,64	11	11,50	10,74

137	3267	Erkek	11,60	9,50	11,50	9,71
138	4162	Erkek	10,83	10	11	10,38
139	4167	Erkek	11,45	11	11,50	12,16
140	7256	Erkek	11,67	11	11	11,68
141	7257	Erkek	11,19	11,50	11,50	11,34
142	3266	Erkek	11,26	12	12	12,24
143	4172	Erkek	11,64	11	12	12,20
144	4354	Erkek	11,51	11	12,50	12,01
145	4355	Erkek	11,69	12,50	12	13,16
146	4356	Erkek	12,21	12,50	12,75	11,80
147	4522	Erkek	12,11	12	12,75	11,44
148	5577	Erkek	12,13	11,50	11	11,65
149	5578	Erkek	12,72	12,50	11,50	11,21
150	3269	Erkek	13,17	13,25	13,50	13,38
151	3270	Erkek	13,40	13,25	13,25	13,02
152	3271	Erkek	13,57	13,25	13,25	13,36
153	4173	Erkek	12,07	12,50	13,50	13,61
154	4175	Erkek	12,61	13,25	13,50	14,20
155	4357	Erkek	12,62	12,83	13	13,41
156	4358	Erkek	14,87	13,25	13,25	13,14
157	7037	Erkek	13,49	13,50	13,50	13,22
158	3273	Erkek	14,13	13,5	14	13,70
159	3274	Erkek	14,57	14	14	14,60
160	3276	Erkek	14,79	14	14,5	14,38
161	4183	Erkek	14,97	15,5	15,75	15,07
162	4209	Erkek	14,02	14	14,5	14,97
163	4524	Erkek	13,30	14	14,50	14,38
164	3272	Erkek	13,97	15	14,5	15,64
165	3277	Erkek	15	14,5	14,5	14,90
166	3279	Erkek	16,24	14,5	14,5	15,30
167	6044	Erkek	13,62	15,50	15,50	15,51
168	3275	Erkek	14,76	16	16	15,96
169	3281	Erkek	16,49	16	16,5	16,09
170	4360	Erkek	16,17	17	16,5	17,26

Sunulan otomatik yöntem sonuçları ile uzman tahminlerinin ne derece tutarlı olduğunu görmek için yöntem ile bu uzmanlar arasındaki ortalama karesel hatalara bakılabilir. Bu nedenle tüm görüntüler birlikte düşünüldüğünde geliştirilen yöntem ile uzman tahminleri arasındaki uygunluk Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Sunulan yöntem ile uzmanlar arasındaki ortalama karesel hatalar (yaş)

		1. Uzman	2. Uzman	Toplam
Sunulan Yöntem	Kız	0,4161	0,2883	0,3522
	Erkek	0,4308	0,4329	0,4319
Toplam		0,4235	0,3606	0,392

Burada, bulunan sonuçlar ile diğer yöntemlerin kıyası yapılabilir. Farklı uzman ve görüntüler kullanan [29] yöntemi ile uzmanlar arasındaki ortalama karesel hatalar birinci uzmanla 0,67 yıl ikinci uzmanla 0,25 yıldır. Bu yöntem her ne kadar ikinci uzman ile iyi sonuçlar vermiş olsa da iki uzmanın ortalamasına bakıldığında

yöntemimizin daha iyi sonuçlar verdiği görülür. Ayrıca bu yöntem bizimkine nazaran sadelikten uzak, oldukça yoğun görüntü işleme içeren ve yüksek bir işlem hacmiyle kemik yaşı tayini yapabilen bir yöntemdir. Benzer şekilde ortalama karesel hatalar [49] yönteminde birinci uzmanla 2,03 yaş, ikinci uzmanla 1,76 yıl; [37] yönteminde ise sırasıyla 1,49 ve 1,34 yıldır. Tablo 4.2'ten görüleceği üzere yöntemimizin ortalama karesel hatası oldukça düşüktür böylece yüksek bir doğruluk yakalanmıştır. Kemik yaşı tayin edilirken meydana gelen hatanın bir kısmının da uzman görüşünden kaynaklandığı göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim aynı 170 görüntüdeki iki uzman arasındaki ortalama karesel hata dahi 0,3691'dir. Ayrıca hatanın bir kısmı da kullanılan GPA'dan kaynaklanmaktadır. Çünkü GPA her ne kadar en yaygın olan yöntem olsa da içerisindeki emsal görüntüler Amerikalı çocuklara aittir. Her milliyet için özel oluşturulmuş atlaslar kullanılarak hata daha düşük seviyelere indirilerek bu sade yöntem sayesinde çok yüksek doğruluklarla yaş tayini yapılabilir.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde ve dünyada yaş tayini henüz uzman incelemesi ile yapıldığından sunulan bu yöntemin kullanılmasıyla otomatik sistemler çok daha hızlı ve ucuz bir şekilde geliştirilebilir. Geliştirilecek otomatik sistemler sayesinde uzman görüşünden bağımsız bir şekilde yaş tayini hızlıca yapılabilir. Ayrıca bu yöntem kolay bir şekilde bilgisayar ve mobil uygulamalarda kullanılarak herkesin, radyografisi üzerinde yaş tayinini yapabilmesini sağlayabilir. Hatta ülkemizde kullanılan e-nabız web sitesinde her kullanıcının ulaşabileceği kendi radyografisi mevcuttur ve kemik yaşı tayininde kullanılabilir. Nitekim bu yöntemi kullanarak kemik yaşını otomatik tayin edebilen bir yazılım tarafımızdan da yapılmıştır.

Geliştirdiğimiz yönteme alternatif olabilecek yöntemlere bakıldığında, yapılan çalışmaların çoğunda bütün el ve el bileği kemiklerinin kullanıldığı görülür. Her bir kemiğin kaliteli bir şekilde elde edilmesi için birçok işlem ve uzun süreler gerekmektedir. Her birey için harcanan süreye ek olarak yoğun hasta kapasitesi olan hastaneler göz önüne alındığında vakit açısından, geliştirdikleri bu otomatik sistemlerin uzmana çok bir katkısının olmadığı görülür.

Bu tezde sunulan yöntemde ise radyograflardan özellik çıkarmaya gerek yoktur. Kullanılacak radyograflar üzerinde yoğun görüntü işleme teknikleri uygulanmadığından oldukça hızlıdır. Görüntülerin kaliteli olmasına da gerek yoktur. Çünkü bu durumlar için sistemde önlemler alınmıştır. Epifiz sınırlarının belli olması yeterlidir.

Bu yöntem epifiz kemiklerini kullandığından 1 yaşından önceki ile 16 ve sonrası yaşlardaki kızlarda; 1,5 yaşından önceki ile 17 ve sonrası yaşlardaki erkeklerde bu yöntemin kullanılması önerilmemektedir. Çünkü belirtilen yaş aralığı dışındaki yaşlarda ya epifizler belirmemiş ya da metafizlerle birleştiklerinden sınırları bulunamamaktadır.

Bu yöntemin en önemli avantajları sadece iki epifizini inceleyerek yüksek bir hıza sahip olması ve iki epifizin en ve boylarını dirsek ve ön kol kemiklerine oranlayarak ürettiği verileri kullanarak yüksek bir doğrulukta kemik yaşını tayin etmesidir. Yöntemde, çocuklarda kemik yaşı tayininde el-bilek kemiklerinden sadece dirsek kemiğinin epifizini ile ön kol kemiğinin epifizini kullanılmıştır. Bu iki epifizin enine ve boyuna gelişimleri ile kemik yaşı arasındaki yüksek ilinti analiz ile ortaya konulmuştur. Dirsek ve ön kol kemiği epifizlerinin boyutları uçlarında bulundukları dirsek ve ön kol kemiği uçlarına (metafizlere) oranlanarak bulunmaktadır. Böylece bu yöntemde; görüntülerin kalitesinin iyi olmaması ve görüntülerin doğru mesafe veya açıdan çekilmiş olmaması hatalı sonuçların bulunmasına neden olmamaktadır.

Bu çalışmayla sade ve yüksek doğrulukta bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntemin doğruluğunu garantilemek için epifiz en ve boyları birlikte hesaba katılmıştır. Çünkü bazı yaş aralıklarında en, ayırt ediciliğini yitirirken boy daha ayırt edici olmaktadır. Bazı yaş aralığında ise dirsek kemiği epifizinin en ve boyuna birlikte bakılması dahi yeterli olmadığından bu çalışmada ön kol kemiği epifizinin de eni ve boyu kullanılarak geniş bir yaş aralığı için yüksek doğrulukta kemik yaşı tayini yapılabilmektedir.

Bu yöntemde kemik yaşına sadece iki epifizin incelenmesiyle karar verilebilmektedir. Bu nedenle bu sade yöntem kullanılarak geliştirilen otomatik kemik yaşı tayin sistemi oldukça hızlıdır. Ayrıca bu yöntem otomatik bir sistemde kullanılsa dahi uzman/doktor tarafından bu yöntemin belirttiği değişkenler görüntü üzerinde elle ölçülerek yaş tayini yapılabilir.

Bu yöntem sayesinde uzmanlar kullandıkları herhangi bir atlastan bu yöntemin ihtiyaç duyduğu özellikleri belirleyebilirler. Bu atlas herhangi bir bölge veya ırka ait olabilir. Uzmanın istediği bölge çocukları özellikleri ile bu yöntemi eğitirse, yöntem daha sonra bu özelliklerden faydalanarak görüntülerdeki tüm kemikleri incelemek yerine sadece bahsi geçen dört değişkene bakarak hesaplamalarını yapabilir ve zamandan büyük bir tasarruf edebilir.

Bu yöntem kullanılarak geliştirilecek sistemin hastanelerde kullanılan Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemleri (PACS-Picture Archiving Communication Systems) ile entegre edilmesiyle de kemik yaşı tayini doğrudan PACS üzerinden ve otomatik bir şekilde yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Yıldırım, A., Çetin, İ., Özer, E. ve Gümüş, B. (2011). Adli Tıp Anabilim Dalında 2006-2010 Yılları Arasında Yaş Tayini İçin Başvuran Olguların Değerlendirilmesi. **Çağdaş Tıp Dergisi**, 1(2), 56-61.
- [2] Isır, A. B. (2009). Adli Hekimlikte Yaş Tayini. **Klinik Gelişim**, 22(Adli Tıp Özel Sayısı), 114-121.
- [3] Arslan, M., Çekin, N., Akçan, R. ve Saylak, E. (2008). Hatay ağır ceza ve asliye hukuk mahkemelerine 2007 yılında yansıyan yaş tespiti davalarının incelenmesi. **Adli Tıp Dergisi**, 22(2), 8-13.
- [4] Neyzi, O. ve Ertuğrul, K. (1993). Pediatri (2. Baskı). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- [5] Schmeling, A., Reisinger, W., Loreck, D., Vendura, K., Markus, W. ve Geserick, G. (2000). Effects of ethnicity on skeletal maturation: consequences for forensic age estimations. **International Journal of Legal Medicine**, 113(5), 253-258.
- [6] Greulich, W. ve Pyle, S. I. (1971). Radiographic Atlas Of Skeletal Development of the Hand and Wrist . Stanford, California: Stanford University Press.
- [7] Tanner, J. M. ve Whitehouse, R. H. (1976). Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. **Archives of disease in childhood**, 51(3), 170-179.
- [8] Büken, B., Büken, E., Şafak, A. A., Yazıcı, B., Erkol, Z. ve Mayda, A. (2008). Is the Gök Atlas Sufficiently Reliable for Forensic Age Determination of Turkish Children? **Turkish Journal of Medical Sciences**, 38(4), 319-327.
- [9] Brooks, S. ve Suchey, J. M. (1990). Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods. **Human evolution**, 5(3), 227-238.
- [10] İşcan, M. ve Loth, S. (1986). Determination of age from the sternal rib in white females: a test of the phase method. **Journal of forensic sciences**, 31(3), 990-999.
- [11] Stoud, S. D. (1988). The use of histomorphology to estimate age. **Journal of forensic sciences**, 31(1), 121-125.
- [12] Kierszenbaum, A. L. (2007). Osteogenesis. L. Tres içinde, Histology and cell

biology (s. 147-163). Canada: Elsevier Health Sciences.

- [13] Akyıldız, E. Ü., Akı, H. ve Çelik, S. (2003). Adli Otopsilerde kemik iliğinde yaşa bağlı sellülarite değişikliği. **Adli Tıp Bülteni**, 8, 75-77.
- [14] Isır, A. B., Bakır, K., Uçak, R. ve Dülger, H. E. (2004). AgNOR Yöntemi ile İnsan Epidermisinden Yaş Tespiti. **Fırat Tıp Dergisi**, 9(3), 75-78.
- [15] Isır, A. B. ve Dülger, H. E. (2007). 1998-2005 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalında raporlandırılan yaş tayini olgularının irdelenmesi. **Türkiye Klinikleri Adli Tıp Dergisi**, 4(1), 1-6.
- [16] Gilsanz, V. ve Ratib, O. (2005). Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity. Springer Science & Business Media.
- [17] Lowrey, G. H. (1986). Growth and development of children. Year Book Medical Pub.
- [18] Morishima, A. K., Grumbach, M. M., Simpson, E. R., Fisher, C., ve Qin, K. (1995). Aromatase deficiency in male and female siblings caused by a novel mutation and the physiological role of estrogens. **The Journal of clinical endocrinology & metabolism**, 80(12), 3689-3698.
- [19] Roche, A. F., Davila, G. H., ve Eyman, S. L. (1971). A Comparison Between Greulich-Pyle and Tanner-Whitehouse Assessments of Skeletal Maturity 1. **Radiology**, 98(2), 273-280.
- [20] Garn, S. M., Rohmann, C. G. ve Silverman, F. N. (1966). Radiographic standards for postnatal ossification and tooth calcification. **Medical Radiography and Photography**, 43(2), 45-66.
- [21] Butler, P. ve Mitchell, A. W. (1999). Applied Radiological Anatomy. Cambridge University Press.
- [22] Gertych, A., Zhang, A., Sayre, J., Pospiech-Kurkowska, S. ve Huang, H. K. (2007). Bone age assessment of children using a digital hand atlas. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, 31(4), 322-331.
- [23] Davis, L. M., Theobald, B. J. ve Bagnall, A. (2012). Automated bone age assessment using feature extraction. *In International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning*, 43-51. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

- [24] Baptista, R. S., Quaglio, C. L., Mourad, L. M., Hummel, A. D., Caetano, C. A., Ortolani, C. L., et al. (2011). A semi-automated method for bone age assessment using cervical vertebral maturation. **The Angle Orthodontist**, 82(4), 658-662.
- [25] Yuh, Y. S., Liu, C. C., Chang, J. D. ve Yu, S. S. (2012). Later stage bone age assessment on hand radiographs. *7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, 1329-1332.
- [26] Darmawan, M. F., Yusuf, S. M., Kadir, M. A. ve Haron, H. (2015). Age estimation based on bone length using 12 regression models of left hand X-ray images for Asian children below 19 years old. **Legal Medicine**, 17(2), 71-78.
- [27] Aja-Fernández, S., de Luis-Garcia, R., Martín-Fernandez, M. A. ve Alberola-López, C. (2004). A computational TW3 classifier for skeletal maturity assessment. A computing with words approach. **Journal of Biomedical Informatics**, 37(2), 99-107.
- [28] Jantan, S., Hussain, A. ve Mustafa, M. M. (2010). Distal radius bone age estimation based on fuzzy model. *IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, IECBES*, 427-432.
- [29] Giordano, D., Spampinato, C., Scarciofalo, G. ve Leonardi, R. (2010). An automatic system for skeletal bone age measurement by robust processing of carpal and epiphysial/metaphysial bones. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, 59(10), 2539-2553.
- [30] Thodberg, H. H., Kreiborg, S., Juul, A. ve Pedersen, K. D. (2009). The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. **IEEE Transaction on Medical Imaging**, 28(1), 52-66.
- [31] Garvin, K. L., McCarthy, R. E., Barnes, C. L. ve Dodge, B. M. (1990). Pediatric pelvic ring fractures. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, 10(5), 577-582.
- [32] Beaty, J. H., Austin, S. M., Warner, W. C., Canale, S. T. ve Nichols, L. M. (1994). Interlocking intramedullary nailing of femoral-shaft fractures in adolescents: preliminary results and complications. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, 14(2), 178-183.
- [33] Aronson, J. ve Tursky, E. A. (1992). External fixation of femur fractures in children. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, 12(2), 157-163.

- [34] Cattell, H. S. ve Filtzer, D. L. (1965). Pseudosubluxation and other normal variations in the cervical spine in children. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, 47(7), 1295-1309.
- [35] Iobst, C. A., Tidwell, M. A. ve King, W. F. (2005). Nonoperative management of pediatric type I open fractures. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, 25(4), 513-517.
- [36] Shapiro, F. (2002). Pediatric orthopedic deformities. Gulf Professional Publishing.
- [37] Hsieh, C. W., Jong, T. L. ve Tiu, C. M. (2007). Bone age estimation based on phalanx information with fuzzy constrain of carpals. **Medical & biological engineering & computing**, 45(3), 283-295.
- [38] Tristan-Vega, A. ve Arribas, J. I. (2008). A radius and ulna TW3 bone age assessment system. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, 55(5), 1463-1476.
- [39] Liu, J., Qi, J., Liu, Z., Ning, Q. ve Luo, X. (2008). Automatic bone age assessment based on intelligent algorithms and comparison with TW3 method. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, 32(8), 678-684.
- [40] van Rijn, R. R., Lequin, M. H. ve Thodberg, H. H. (2009). Automatic determination of Greulich and Pyle bone age in healthy Dutch children. **Pediatric radiology**, 39(6), 591-597.
- [41] Harmsen, M., Fischer, B., Schramm, H., Seidl, T. ve Deserno, T. M. (2013). Support vector machine classification based on correlation prototypes applied to bone age assessment. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, 17(1), 190-197.
- [42] Pietka, E., Kaabi, L., Kuo, M. L. ve Huang, H. K. (1993). Feature extraction in carpal-bone analysis. **IEEE transactions on medical imaging**, 12(1), 44-49.
- [43] Cantekin, K., Celikoglu, M., Miloglu, O., Dane, A. ve Erdem, A. (2012). Bone Age Assessment: The Applicability of the Greulich–Pyle Method in Eastern Turkish Children. **Journal of forensic sciences**, 57(3), 679-682.
- [44] Çelik, H., İçer, S.ve Güven, A. (2011) Çocuklarda Radius'un Distal Epifiz Kemisinin Büyüklüğünden Kemik Yaşının Yapay Sinir Ağları ile Tayini, *16. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (Biyomut 2011)*, Bildiri Kitabı, 72-

75,Antalya, Türkiye.

- [45] Çelik, H.ve İçer, S. (2016). Çocuklarda Yaş Tayini İçin Yapay Sinir Ağlarının Kullanıldığı Yeni Bir Yöntem, *24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU2016)*, Zonguldak, Türkiye.
- [46] Özdamar, K. (1985). Biyoistatistik. İstanbul: Bilim ve Teknik Yayınevi.
- [47] Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S. ve Yıldırım, E. (2001). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri. Adapazarı: Sakarya Kitabevi.
- [48] Bocchi, L., Ferrara, F., Nicoletti, I. ve Valli, G. (2003). An artificial neural network architecture for skeletal age assessment. *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 1077-1080.
- [49] Pietka, E., Pospiech-Kurkowska, S., Gertych, A. ve Cao, F. (2003). Integration of computer assisted bone age assessment with clinical PACS. **Computerized medical imaging and graphics**, 27(2), 217-228.
- [50] Pathak, A. ve Pal, S. K. (1986). Fuzzy grammars in syntactic recognition of skeletal maturity from X-rays. **IEEE transactions on systems, man, and cybernetics**, 16(5), 657-667.
- [51] Thangam, P. ve Thanushkodi, K. (2012). Skeletal bone age assessment from epiphysis/metaphysis of phalanges using Hausdorff distance. **Scientific Research and Essays**, 7(28), 2495-2503.
- [52] Fischer, B., Welter, P., Günther, R. W. ve Deserno, T. M. (2012). Web-based bone age assessment by content-based image retrieval for case-based reasoning. **International journal of computer assisted radiology and surgery**, 7(3), 389-399.
- [53] Levenberg, K. (1944). A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. **Quarterly of Applied Mathematics**, 2, 164-168.
- [54] Marquardt, D. W. (1963). An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. **Journal of the society for Industrial and Applied Mathematics**, 11(2), 431-441.
- [55] Image Processing and Informatics Lab. (2016, Mayıs 6). <http://www.ipilab.org/Research/BAA/BAAindex.php> adresinden alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Harun ÇELİK

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 04 Haziran 1988, Palu

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 538 934 75 41

E-mail: haruncelik@erciyes.edu.tr

Yazışma Adresi: Nurihas Mh. Sümül Sk. 18/3Melikgazi/Kayseri

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	ERÜ Elektrik-Elektronik Müh.	2010
Lise	Elazığ Hıdır Sever Lisesi	2005

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013-2016	ERÜ Havacılık ve Uzay Bil. Fak.	Araştırma Görevlisi
2012-2013	MEBS Okl. ve Eğt. Mrk. K.lığı.	Yedek Subay
2010-2012	Erkut Grup A.Ş.	Elektrik Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Çoban S., Oktay T., Çelik H., Ekinci İ., "İnsansız Bir Hava Aracının Yanal Durum-Uzay Modelinin ve Uçuş Kontrol Sisteminin Eş Zamanlı Tasarımı", Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı(UHUK'2016), Kocaeli, Türkiye, 28-30 Eylül 2016.

2. Oktay, T., **Celik, H.**, Turkmen, I., "Improving Quality of Deblurred Images by Maximizing Autonomous Performance of Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle", The 9th International Conference on Sustainable Energy & Environmental Protection, Kayseri, Turkey, September 22-25, 2016.
3. **Çelik, H.**, Avcı, T., "Türkiye'deki Üniversitelerin Bilimsel Araştırma Projesi Performansları: Verimlilikleri ve Yeni Bir Yaklaşım Olan *pp-faktör* Aracılığıyla Etkinlikleri", The Journal of Academic Social Science, Yıl 4, Sayı 27, ss. 301-315, 2016.
4. **Celik, H.**, Turkmen, I., Oktay, T., "Deblurring Images Taken by a Quadrotor Using Artificial Neural Networks", The 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, May 24-28, 2016.
5. Turkmen, I., **Celik, H.**, "Airspeed Computation for Aircrafts with ANFIS Using Flight Parameters", The 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, May 24-28, 2016.
6. **Celik, H.**, Oktay, T., Turkmen, I., Uzun, M., "Reducing Motion Blur by Constrained Control of Helicopter Vibration", The 2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2016), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, May 24-28, 2016.
7. **Çelik, H.**, İçer, S., "Çocuklarda Yaş Tayini İçin Yapay Sinir Ağlarının Kullanıldığı Yeni Bir Yöntem", 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU2016), Zonguldak, Türkiye, Mayıs 16-19, 2016.
8. **Celik H.**, Oktay T., Turkmen I., "Model Predictive Control and Robustness Test of the Unmanned Aerial Vehicle (Zanka-I) in Various Turbulence", Journal of Aeronautics and Space Technologies, vol. 9, no. 1, pp. 31-42, 2016.
9. Turkmen I., **Celik H.**, "Incorporation of Neural Network to HPMHT for Tracking Multiple Targets", Elektronika Ir Elektrotehnika, vol. 21, no. 4, pp. 3-6, 2015.
10. **Celik, H.**, Turkmen, I., "Edge Detection in Aircraft ISAR Image Through The Ant Colony Algorithm", The International Symposium on Sustainable Aviation (ISSA-2015), Abstract Book, Istanbul, Turkey, May 31- June 03, 2015, pp. 106.
11. **Çelik, H.** ve Türkmen, İ., "Karıncalar Koloni Algoritması ile ISAR Görüntülerde Kenar Çıkarma", Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı (UHUK'2014), 8-10 Eylül 2014, Kayseri.
12. **Çelik, H.**, İçer, S., Güven, A., "Çocuklarda Radius'un Distal Epifiz Kemikinin Büyüklüğünden Kemik Yaşının Yapay Sinir Ağları ile Tayini", Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi, 16. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Tıptekno 2011, Biyomut 2011, Bildiri Kitabı, Antalya, Türkiye, 13-16 Ekim 2011, ss.72-75.