

TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ORTODONTİDE YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE  
BÜYÜME GELİŞİM DÖNEMLERİNİN TESPİTİ**

MEHMET SAİD İZGİ  
DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Hatice KÖK

KONYA 2018

TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ORTODONTİDE YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE  
BÜYÜME GELİŞİM DÖNEMLERİNİN TESPİTİ**

MEHMET SAİD İZGİ  
DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Hatice KÖK

KONYA 2018

## TEZ ONAY SAYFASI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Uzmanlık Öğrencisi Mehmet Said İZGİ'nin "Ortodontide Yapay Zekâ Yöntemleri İle Büyüme Gelişim Dönemlerinin Tespiti" başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

04/10/2018

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Hatice KÖK

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Zeliha Müge BAKA

Selçuk Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ertan Soğancı

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Yukarıdaki tez, Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yönetim Kurulunun 04/10/2018 tarih ve ...../..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Yağmur ŞENER

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

İmzası

## APPROVAL

We certify that we have read this dissertation entitled “**Growth and Development’s Periods Determination in Orthodontics with Artificial Intelligence Methods**” by “**Mehmet Said İZGİ**” that in our opinion it is fully adequate, in scope and quality, as dissertation for the degree of *Specialization Thesis* in the Department of “**Orthodontics**”, Faculty of Dentistry, University of Necmettin Erbakan.

University of Necmettin Erbakan  
Faculty of Dentistry  
04.12.2018

Principal Advisor  
Dr. Öğr. Üyesi Hatice KÖK  
Necmettin Erbakan University  
Faculty of Dentistry

Examination Committee Member  
Dr. Öğr. Üyesi Zeliha Müge BAKA  
Selçuk University

Examination Committee Member  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ertan Soğancı  
Necmettin Erbakan University

This thesis has approved for the University of Necmettin Erbakan Faculty of Dentistry.

Dean  
Prof. Dr. Yağmur Şener  
Necmettin Erbakan University  
Faculty of Dentistry  
Date and Signature

## BEYANAT

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

06/10/2018

Mehmet Said İZGİ



## ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR SAYFASI

Mesleki eğitimimde bana yol gösteren, uzmanlık tezimin hazırlanmasında beni yönlendiren, değerli katkılarını ve tecrübelerini esirgemeyen kıymetli hocam ve tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hatice KÖK'e derin minnet duygularıyla teşekkür ederim.

Büyük bir özveri ve fedakârlık ile her daim yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen ve teknik destekte bulunan kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Merve Acılar'a

Ortodonti uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgilerini paylaşan ve eğitimime katkıda bulunan tüm Ortodonti öğretim üyelerine, birlikte çalıştığım araştırma görevlilerine ve personelimize,

Medipol Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda görev yapan ve tezimin her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Elif İZGİ'ye

Eğitimim süresince mahrum kaldığım ve her daim özlediğim ilk göz ağrım canım kızım Zeynep ve biricik oğlum Selim'e

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi olarak desteğini ve sevgisini esirgemeyen kıymetli anneme, babama ve kardeşime

**Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...**

## İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK.....	i
TEZ ONAY SAYFASI.....	ii
BEYANAT.....	iv
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR SAYFASI.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
RESİMLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>3</b>
2.1. Büyüme ve Gelişim.....	3
2.2. Büyüme ve Gelişimin Belirlenmesi.....	5
2.2.1. Morfolojik Yöntemler.....	5
2.2.2. Histolojik Yöntemler.....	6
2.2.3. Radyolojik Yöntemler.....	7
2.2.3.1. Panoramik Radyograflar.....	8
2.2.3.2. El-bilek Radyografileri.....	10
2.2.3.2.1. El-bilek Kemiklerinin Anatomisi.....	16
2.2.3.3. Sefalometrik Radyograflar.....	19
2.2.3.3.1. Servikal Vertebralar.....	28
2.2.3.3.1.1. Servikal Vertebraların Embriyolojisi.....	28
2.2.3.3.1.2. Servikal Vertebraların Anatomisi.....	29
2.3. Büyüme-Gelişim Tespitinde Güncel Yaklaşımlar.....	32
2.4. Yapay Zeka Teknikleri.....	33
2.4.1. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Tarihçesi.....	34
2.4.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	36
2.4.2.1. İleri Beslemeli Ağlar.....	37
2.4.2.2. Geri Beslemeli Ağlar.....	37
2.4.3. Yapay Sinir Ağları Kullanım Alanları.....	38

<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b> .....	40
3.1. Gereç .....	40
3.2. Yöntem.....	40
3.2.1. Sefalometrik Radyograf Üzerinde İşaretlenen Vertebral Referans Noktaları.....	42
3.2.2. Sefalometrik Radyograflar Üzerinde Vertebralarda Gerçekleştirilen Lineer Ölçümler.....	44
3.2.3. Arayüz ve Verilerin İşlenmesi .....	47
3.3. İstatistiksel Analiz.....	49
<b>4. BULGULAR</b> .....	50
<b>5. TARTIŞMA</b> .....	74
<b>6. SONUÇLAR</b> .....	83
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	86
<b>8. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	97
<b>9. EKLER</b> .....	98



## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

ark.	: Arkadaşları
YSA	: Yapay Sinir Ağları
GP	: Greulich-Pyle
TW2	: Tanner Whitehouse 2
TW3	: Tanner Whitehouse 3
RUS	: Radius, Ulna ve Kısa Kemikler
MP3	: Orta Parmağın Orta Falanksı
AS	: Addüktör Sesamoid
CT	: Bilgisayarlı Tomografi
3D	: 3 Boyutlu
CVMS	: Servikal Vertebra Gelişim Safhaları-Cervical Vertebra Maturation Stage
SPSS	: Statistical Packageforthe Social Sciences
K-W	: Kruskal-Wallis
C1	: Birinci Vertebra
C2	: İkinci Vertebra
C3	: Üçüncü Vertebra
C4	: Dördüncü Vertebra
C5	: Beşinci Vertebra
C6	: Altıncı Vertebra
C7	: Yedinci Vertebra

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Fishman'ın Maturasyon Değerlendirmesi.....	12
Şekil 2. 2. Hagg ve Taranger'in 5 Aşamalı Maturasyon Değerlendirmesi .....	13
Şekil 2. 3. El-bilek Filmlerinin Anatomik Yapısı .....	17
Şekil 2. 4. Lamparski Metodunun 6 Safhada Sınıflandırılması .....	25
Şekil 2. 5. Hassel Farman'a Göre C3 Vertebraındaki Değişim.....	26
Şekil 2. 6. Bacetti (2002) Büyüme Gelişim Seviyeleri .....	27
Şekil 2. 7. İleri Beslemeli Bir Yapay Sinir Ağı Yapısı .....	37
Şekil 3. 1. Sefalometrik Radyografda Vertebralar üzerinde İşaretlenmiş Noktalar.....	43
Şekil 3. 2. Horizontal Ölçümler .....	45
Şekil 3. 3. Vertikal Ölçümler .....	47
Şekil 3. 4. Büyüme-Gelişim Tespitinde Yapay Sinir Ağı Aşamaları.....	47
Şekil 4. 1. El-bilek Maturasyon Seviyelerine Göre Hasta Sayıları .....	50
Şekil 4. 2. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Yaş Dağılımı .....	51
Şekil 4. 3. El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Yaş Dağılımı.....	53
Şekil 4. 4. Servikal Vertebra ve El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyeleri Arasındaki Korelasyon .....	54
Şekil 4. 5. El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyesi ile Yaş Arasındaki Korelasyon .....	55
Şekil 4. 6. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyesi ile Yaş Arasındaki Korelasyon .....	55

## RESİMLER LİSTESİ

Resim 2. 1. Radius Epifiz ve Diafiz Olgunlaşma Aşamaları .....	15
Resim 2. 2. Özer ve ark. (2006)'nın Yapmış Oldukları Sınıflama.....	16
Resim 2. 3. El-bilek Radyografisi.....	18
Resim 2. 4. Hofrath'ın ilk Sefalometrik Radyografi Düzenegi .....	20
Resim 2. 5. Broadbent'in 1931 Yılındaki Sefalometrik Radyografi Düzenegi .....	21
Resim 2. 6. A) Servikal Vertebraların Anatomik Görünümü B) Servikal Vertebraların Radyografik Görünümü .....	30
Resim 2. 7. Atlas.....	30
Resim 2. 8. Aksis .....	31
Resim 2. 9. Dördüncü Servikal Vertebra .....	32
Resim 2. 10. Yedinci Servikal Vertebra .....	32
Resim 3. 1. Servikal Vertebraların Büyüme-Gelişim Aşamaları .....	42
Resim 3. 2. Matlab Programının Önyüzü .....	48
Resim 3. 3. Matlab Programının Arayüzü .....	48
Resim 3. 4. Matlab Programının Çalışma Ekranı.....	48
Resim 3. 5. Matlab Programının Sonuç Ekranı .....	49

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4. 1. Servikal Vertebra Seviyelerine Göre Erkek ve Kadın Bireylerin Yaş Değerleri.....	51
Tablo 4. 2. El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Erkek ve Kadın Bireylerin Yaş Değerleri .....	52
Tablo 4. 3. El-bilek ve Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyeleri Arasındaki Dağılım.....	53
Tablo 4. 4. Büyüme-Gelişim Seviyeleri ve Yaş Arasındaki Korelasyon Katsayıları .....	54
Tablo 4. 5. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Vertebra Şekillerinin Analizleri (C1-C6)	
Tablo 4. 6. Servikal Vertebralara Ait Tahmin Gücü Değerlendirmesi .....	57
Tablo 4. 7. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Ait Gözlemci Ölçüm Tutarlılık Katsayıları .....	59
Tablo 4. 8. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre C4ua-C4aa Ölçümü ve Bu Ölçüme C4ua-C4aa-Eğim Ölçümü Eklenerek Elde Edilmiş Olan Modelin YSA Analiz Sonuçları .....	60
Tablo 4. 9. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre C2, C3 ve C4 Vertebraların Girinti Ölçümleri ile Oluşturulan Modellerin YSA Analiz Sonuçları .....	61
Tablo 4. 10. Tüm Girinti Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	62
Tablo 4. 11. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Girinti İçermeyen Ölçümlerden Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları .....	63
Tablo 4. 12. Sadece Horizontal Ölçümlerden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	63
Tablo 4. 13. Sadece Vertikal Ölçümlerden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	64
Tablo 4. 14. Eğimiyle Beraber Üst Horizontal Ölçümlerden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	64
Tablo 4. 15. Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyelerine Göre C3 C4 C5 Vertebralarna Ait Vertikal Ölçümlerle Elde Edilen Çalışma Modellerinin YSA İle Analizi .....	65
Tablo 4. 16. Tüm Anterior Vertikal Ölçümler ve Girintilerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	65
Tablo 4. 17. Tüm Vertikal Ölçümler ve Girintilerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	66
Tablo 4. 18. Tüm Vertikal Ölçümler ve Girintilerin (C2D Hariç) Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	66
Tablo 4. 19. Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyelerine Göre C2, C3, C4 ve C3-C4 Vertebraların Ölçümlerinden Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları .....	67
Tablo 4. 20. Tüm C3 Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	67
Tablo 4. 21. Tüm C4 Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	68
Tablo 4. 22. Tüm C3-C4 Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	68
Tablo 4. 23. Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyelerine Göre Tüm Değerlerden C5 Dahil ve Hariç, Validasyonlu ve Validasyonsuz Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları .....	69
Tablo 4. 24. Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	69
Tablo 4. 25. Validasyonsuz Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	70
Tablo 4. 26. C2, C3 ve C4'teki Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	70
Tablo 4. 27. Validasyonsuz C2, C3 ve C4'teki Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı .....	70

Tablo 4. 28. Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyelerine Göre Tüm Değerlere Yaş Eklendiğinde Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları.....	71
Tablo 4. 29. Yaş ile Birlikte Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı.....	71
Tablo 4. 30. Yaş ile Birlikte C2, C3 ve C4'teki Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı.....	71
Tablo 4. 31. Servikal Vertebra'da YSA Analizi ile Cinsiyet Tayini.....	72
Tablo 4. 32. Literatürdeki Benzer Çalışmalar Referans Alınarak Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları.....	72
Tablo 4. 33. Bacetti ve ark. (2005) ölçümleri referans alınarak lde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyesine Göre Dağılımı.....	73
Tablo 4. 34. Alhadlaq ve Al-Maflehi (2012)'ın ölçümleri referans alınarak Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyesine Göre Dağılımı.....	73



## ÖZET

T.C. NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİDE YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE

BÜYÜME GELİŞİM DÖNEMLERİNİN TESPİTİ

**Mehmet Said İzgi**

**Ortodonti Anabilim Dalı**

**Uzmanlık Tezi/ KONYA-2018**

Bu çalışmanın amacı son dönemde yaygınlaşmış olan yapay zekâ yöntemlerinden yapay sinir ağlarının (YSA) kullanımı ile büyüme-gelişimin yarı-otomatik olarak tespitinin sağlanmasıdır.

Bu çalışmada 8-17 yaşları arasındaki 419 bireyin sefalometrik ve el-bilek radyografileri retrospektif olarak incelenmiştir. Bireylerin sefalometrik ve el-bilek radyografileri kullanılarak büyüme-gelişim seviyeleri belirlenmiştir ve öncelikle sefalometrik ve el-bilek radyografilerinin birbiriyle uyumu karşılaştırılmıştır. Sefalometrik radyograflarda C2 C3 C4 ve C5 vertebra ları üzerinde belirlenen 27 nokta kullanılarak bilgisayarda horizontal ve vertikal 32 doğrusal ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerden oluşan sayısal veriler Matlab programında bir arayüz oluşturularak işlenmiştir. Ölçüm verilerinin %80'i eğitim (training) kümesi, %10'u test kümesi ve kalan %10'u ise validasyon kümesi olarak ayrılmıştır. Bu doğrulardan oluşturulan 25 farklı kombiasyonda YSA'nın büyüme-gelişim tahmin başarısı değerlendirilmiştir.

Sefalometrik ve el-bilek filmleri arasında %98,1 oranında pozitif yönlü korelasyon mevcuttur. Ayrıca sefalometrik radyograf ve kronolojik yaş arasında %91,8, el-bilek filmi ve kronolojik yaş arasında %90,7 lik bir uyum bulunmuştur. Tüm antropometrik ölçümler, değerlendirici tarafından tekrar ölçülmüştür. Ölçümler arasındaki gözlemci içi uyum katsayıları tüm ölçümler için ayrı ayrı hesaplandığında 0,991 ile 0,906 arasında değişim göstermiştir. Çalışmamızda kullanılan ölçümlerde en önemli belirtecin 4. vertebra nın anterior vertikal yüksekliği olduğu tespit edilmiştir. Doğrusal ölçümlerin tümü değerlendirildiğinde doğruluk 0,9332, duyarlılık 0,8857, özgüllük 0,9799, F1 değeri 0,8921 ve  $R^2$  0,9936 gibi oldukça yüksek değerlere sahip olduğu görülmüş, ayrıca yapılan değerlendirmelerde koyulan en az nokta ile en yüksek değerlere 13 doğrusal ölçüm ile; doğruluk 0,8902, duyarlılık 0,9143, özgüllük 0,9628, F1 değeri 0,8707 ve  $R^2$  0,9884 değerlerine ulaşılmıştır. Vertebra lar tek tek ölçüldüğünde ise en yüksek doğruluk dördüncü vertebra nın ölçümü ile bulunmuştur (doğruluk 0,8115, duyarlılık 0,8143, özgüllük 0,9656, F1 değeri 0,8201 ve  $R^2$  değeri 0,9795).

Sefalometrik radyograflar, el-bilek radyografileri ve kronolojik yaş arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0,001$ ). Çalışmada kullanılan tüm doğrularda çok yüksek bir doğruluğa ulaşılmış ve çalışmamız yapay zekâ yöntemlerinden biri olan YSA'nın büyüme-gelişim tespitinde kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Büyüme-Gelişim, Sefalometri, Servikal Vertebra, Yapay Sinir Ağları, Yapay Zekâ

## **ABSTRACT**

NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

Growth and Development's Periods Determination in Orthodontics with Artificial Intelligence Methods

**Mehmet Said İzgi**

**Orthodontics Dentistry**

**Specialization Thesis/ Konya- 2018**

The aim of this study is that with the use of artificial neural networks (ANN), recently has become widespread, growth and development is determined semi-automatically.

In this study, cephalometric and hand- wrist radiography of 419 individuals, aged 8-17 years, have been retrospectively analyzed. By using the cephalometric and hand - wrist radiography of individuals, the degree of growth and development has been determined and primarily harmony with each other has been compared. In cephalometric x-ray by using C2 C3 C4 and C5 the 27 points on vertebrates horizontal and vertical 32 linear measurements have been measured on the computer. Digital data of those measurements have been processed forming an interface on the Matlab's program. %80 of measuring data have been separated as group of training, %10 as group of test and the rest %10 as group of validation. Prediction success of growth and development of ANN has been evaluated on the 25 different combinations composed from these analysis.

There is positively a correlation between cephalometric and hand- wrist radiography at the rate of %98,1. In addition, it has been found a matching between cephalometric x-ray and chronological age at the rate of %91,8, between hand- wrist radiography and chronological age at %90,7. After, all antropometric measurements have been measured again by researcher. When intra-observer agreement levels among measurements have been separately calculated for all measurements, a variation 0,991 - 0,906 has been seen. The measurements used in our study the most important marker is that 4. cervical vertebrae is found as anterior vertical height. When all linear measurements are evaluated, it has been seen that it has rather high values such as accuracy 0,9332, sensitivity 0,8857, specificity 0,9799, F1 value 0,8921 and  $R^2$  0,9936 also evaluations made in the study with the 13 linear measurements the least and the highest point; the values of accuracy 0,8902, sensitivity 0,9143, specificity 0,9628, F1 value 0,8707 and  $R^2$  0,9884 have been found. When the vertebrates are separately measured, the highest accuracy has been found with the measuring of C4 (accuracy 0,8115, sensitivity 0,8143, specificity 0,9656, F1 value 0,8201 and  $R^2$  0,9795).

It is found a relation between cephalometric x-ray, hand- wrist radiography and chronologic age ( $p < 0,001$ ). It has been found rather high accuracy in all measurements used in the study, and our study has shown that ANN, one of the method of artificial neural networks, could be used to determine of the growth – development.

**Key Words:** Growth–Development, Cephalometry, Cervicial Vertebrae, Artificial Neural Networks, Artificial Intelligence

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Büyüme-gelişim (maturasyon) ve kemik yaşı tespiti antropoloji, pediatri, adli tıp, ortopedi endokrinoloji ve diş hekimliği gibi birçok bilim dalında; medikal ve yasal konulara ışık tutması açısından önemli bir yere sahiptir. Pediatri bölümüne gelen her çocuğun hastalık tanısının yapılabilmesi için öncelikle gelişimiyle ilgili bir probleminin olup olmadığı tespit edilmelidir. İskelet sisteminin maturasyonunun değerlendirilmesinde ve endokrinolojide troid, pitüiter glandlar ve gonadları etkileyen bazı endokrin hastalıkların tanısında, pediatrik radyografi önemli bir yer oluşturmaktadır. Pediatrik ortopedide skolyoz tanısı ve ekstremitelerde boy farklılıklarının cerrahi olarak düzeltilmesi için kemik yaşı belirlenerek uygun tedavi planlaması yapılabilmektedir. Adli tıpta hem yaş ile ilgili şüphe duyulan olgular hakkında fikir sahibi olmak hem de hukuki bir karara varabilmek için yaş tespitine gereksinim duyulmaktadır (Yarimoğlu 2005).

Diş hekimliğinde kraniyofasiyal büyüme, büyüme-gelişim ve kemik yaşı tespiti öncelikle pedodonti ve ortodonti bilimleri başta olmak üzere cerrahide implantasyon zamanının belirlenmesinde de önemli bir yer tutmaktadır. Baş-boyun bölgesindeki büyümenin aktif olması, tedavinin zamanlaması ve kalan büyüme miktarının belirlenmesi; uygulanacak tedavilerde diş hekimlerine diagnostik açıdan katkıda bulunmaktadır (Abdel-Kader 1998; Mendes ve ark. 2010; Kumar ve ark. 2011).

Büyüme-gelişim uzun süredir ortodontistler tarafından önemsenmektedir (Björk ve Helm 1967; Flores ve ark. 2004; Baccetti ve ark. 2005). Bu durumun sebepleri arasında iskeletsel kökenli anomalilerin tedavisi için kullanılan apareylerde çenelerin büyüme-gelişimini yönlendirmenin mümkün olabilmesi ve büyüme atılımı ile fizyolojik yüz büyümesinin birbiriyle ilişkide olması gösterilebilmektedir (Rübendüz ve Kanık 1997). Adolesan dönemde büyüme miktarındaki değişiklikler, ortodontik tedavinin gidişatını değiştirmektedir (Graber ve Swain 1985). Bireylerin gelişim dönemlerine en uygun tedavinin gerçekleştirilmesiyle, maksimum başarıyı en kısa zamanda elde edebilmek ve tedavi sonrası iyi bir stabilite sağlanması amaçlanmaktadır (Rübendüz ve Kanık 1997). Fasiyal büyümeye dayalı tedavilerde büyüme hızı ve kalan büyüme yüzdesi ortodontik tedavinin başarısında önem taşımaktadır. Tedavi sonrası kalan büyüme miktarı belirlenip fasiyal gelişime bağlı olarak meydana gelebilecek relapsın önlenmesi için tedbirler alınması gerekmektedir (Arat ve ark. 1997; Flores ve ark. 2004).



Büyüme-gelişim ve kemik yaşı tespitinde kullanılan yöntemler morfolojik, histolojik ve radyolojik olarak 3 ana başlıkta toplanabilir (Gök ve ark. 1985; İşcan 1991; Banerjee ve Agarwell 1998). Kemik maturasyonu, çocuklar arasında görülen anatomik varyasyonlara ve gözlemciler arası değişikliklere bağlı olarak değişebilen karmaşık değerlendirme aşamaları içermektedir (Boyunağa 2002). Ortodonti pratiğinde büyüme-gelişim tespitinde sıklıkla radyografik belirteçler kullanılmaktadır. Radyografik belirteçlerden biri olan el-bilek radyografileri rutin olarak alınmaktadır. Ancak daha pratik bir metod ve radyasyon maruziyetini azaltmak için yeni yöntem arayışlarına gidilmiştir (Kasımoğlu ve Tuna İnce 2016). Bu arayışla her ortodontik hastada rutin olarak kullanılmakta olan sefalometrik radyografilerden servikal vertebraların değerlendirilmesi uygun görülmüştür (Lamparski 1972; Ricky ve ark. 2009). Lamparski (1972), Hassel ve Farman (2002), Baccetti (2002) çalışmalarında servikal vertebralar ve el-bilek radyografilerinin uyumunu kanıtlamışlardır.

Sefalometrik analiz tüm açısız ve boyutsal ölçümler özel çizim kağıtları üzerinde anatomik noktaların belirlenmesinin ardından cetvel ve açı ölçer yardımıyla değerlendirilmesi ile ortaya çıkmıştır (Uzel ve Enacar 2000). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayar ile sefalometrik analiz yapmaya olanak sağlayan birçok analiz programı geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Athanasίου 1997). Ortognatik cerrahi teşhis-tedavi planlamaları, kronifasiyal yapıların büyüme-gelişim tahmini ile ulaşabilecekleri son durumun tespiti yapılabilirken büyüme-gelişim tespitini yapabilen bir program henüz mevcut değildir (Eser ve ark. 2015).

Diş hekimliğinde tanı için önemli olan radyografik değerlendirme yazılımları günümüz bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ile birlikte hızla gelişmektedir. Tez çalışmamızda “Yapay Zekâ Yöntemleri İle Büyüme-Gelişim Dönemlerinin Tespiti” uygulaması, servikal vertebralardan veri seti oluşturularak, yapay zekâ alanında oldukça popüler bir algoritma olan yapay sinir ağları (YSA) yardımı ile vakaların büyüme-gelişim dönemlerinin ve cinsiyet ayrımlarının tespiti hedeflenmiştir. Son dönemde yaygınlaşmış olan makine öğrenmesi yöntemi ile büyüme-gelişim tayininde oluşabilecek gözlemciler arası farkların ve gözlemcilerin farklı zamanlardaki değerlendirmelerinde gözlenebilecek tutarsızlıkların minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Büyüme ve Gelişim

Büyüme ve gelişim terimleri birbirinden ayrı olarak düşünüldüğünde anlaşılması güç kavramlardır. Büyüme biyolojik aktivitenin kantitatif yönüdür ve hormonaldir. Gelişim organizmanın çeşitli bölümleri arasındaki artışı ifade eder ve hayat boyu devam eder. Büyüme anatomik bir olgudur buna rağmen gelişim ise fizyolojik ve davranışsaldır (Proffit ve Fields 2000; Ülgen 2010).

Büyüme ve gelişimin tespiti ilk çağlardan beri önem arz etmektedir. Örneğin; antik Roma'da 2. azı dişleri tamamen süren kişilerin çalışmasına izin verilmektedir. İngiltere'de 1883 yılına ait bir yönetmelikte, 9 yaşından küçüklerin ve 9–13 yaş arasındaki çocukların günde 9 saatten fazla çalıştırılması yasaklanmıştır (Schmeling ve ark. 2008). Çocukların büyüme ve gelişimleri ile ilgili dünyada bildirilen ilk bilimsel kitap olan “Wachstum der Menschen in die Lange”, 1729 yılında Johann Augustin Stoeller tarafından yazılmıştır; ancak bu kitapta büyüme ile ilgili herhangi bir boy ölçümü dahi bulunmamaktadır. Gerçek anlamda büyüme ile ilgili çalışma Christian Friedrich Jambert tarafından 1954 yılında doktora tezi olarak yayımlanmıştır. Berlin Kraliyet Yetimhanesi'ndeki (Royal Orphanage of Berlin) kız ve erkeklerin kilo ve boyları kaydedilmiştir (Grimberg ve De Leon 2005).

Büyüme-gelişimin belirlenmesi antropoloji, adli tıp, pediatri, endokrinoloji, ortopedi ve diş hekimliği gibi bilim dallarında önem arz etmektedir. (Ontel ve ark 1996; Hasaltın ve Beşdok 2004).

Adli tıpta kimliği belirsiz ve/veya faili meçhul cesetlerde yaş tayini önemlidir. Bireyin hukuki sorumluluğu, işlediği fiilin hukuki sonuçlarını algılayabilme ve davranışlarını yönlendirme yeteneği, cinsel saldırı olaylarına karşı kendini koruyup koruyamayacağının tespiti, suç işlemiş zanlılarda cezanın uygulama alanının belirlenmesi, sürücü belgesinin alınabilmesi, bazı okullara ve memuriyetlere girebilme gibi durumlar için kişinin kemik yaşının bilinmesi gerekmektedir (Schmeling ve ark. 2000; Koç ve ark. 2001; Bilgin ve ark. 2003).

Kemik yaşı belirleme işlemi pediatriye sıklıkla kullanılan nicel bir yöntemdir. İskeletsel yaş değerlendirmesi büyüme bozukluklarını ölçmek, büyüme potansiyelini

belirlemek ve gelişim için uygulanan tedavinin etkilerini gözlemleyebilmek amacıyla pediatrik hastalarda yapılmaktadır (Hsieh ve ark. 2007).

Endokrinolojide yaş tayini hastalıkların tanı, malformasyon ve kemik displazilerinin değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır (Cao ve ark. 2000).

Ortopedide skolyoz tanısı alan hastalarda cerrahi müdahale için uygun zamanın belirlenebilmesi ve büyüme plağında büyüme kaynaklı meydana gelebilecek olan deformitenin tahmini için yaş tayini gerekli olmaktadır. (Riesser 1958; Cao ve ark. 2000).

Diş hekimliğinde özellikle cerrahi, pedodonti ve ortodonti bilim dallarında teşhis ve tedavi prognozu için zaman zaman büyüme-gelişimin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Arat ve ark. 1997; Mendes ve ark. 2010; Calasans ve ark. 2014).

Genç bireylerde konjenital veya travmaya bağlı olan diş eksikliklerinde, yapılacak olan implant uygulaması için standart olarak belirlenmiş bir kronolojik yaş yoktur. Büyümenin devam ettiği vakalarda uygulanan implantlarda bireyin büyüme miktarına paralel olarak, implantın göreceli intrüzyonu meydana gelebilmektedir (Kumar ve ark. 2011). Ağız, diş ve çene cerrahisinde implantasyon için doğru zamanın belirlenmesi ancak büyüme-gelişim döneminin tespit edilmesiyle mümkün olabilmektedir (Mendes ve ark. 2010).

Çocuk ve genç erişkinlerde dental travma olgularına daha sık rastlanmaktadır. Soketten tamamen çıkan dişlerin reimplantasyonu uygun ortamların sağlanmasıyla oldukça iyi sonuçlar verebilmektedir. Birçok durumda ise ideal şartları sağlamak ve dişleri doğru zamanda reimplante etmek bir hayli zor olabilmektedir. İdeal şartların sağlanamadığı replantasyon neticesinde ilgili bölgede ankiloz gelişimi görülmektedir. Ankilozla birlikte vücuttaki remodeling hızı, kökteki rezorpsiyon hızıyla bağlantılıdır. Ergenlik sonrasında ise hızı azalarak devam etmektedir. Pedodontide karşılaşılabilen bu gibi durumların öngörülebilmesi için büyüme-gelişim döneminin değerlendirilmesi gerekmektedir (Calasans ve ark. 2014).

Ortodontinin biyolojik temellerinden biri olan büyüme-gelişim bu bilim dalında önemli bir parametreyi oluşturmaktadır (Arat ve ark. 1997; Joshi ve ark. 2010). Çocukluktan erişkinliğe geçiş dönemi olan pubertal atılım döneminde büyümenin yönlendirilmesi için farklı aşamalardan faydalanılabilmektedir. Büyüme modifikasyonu ile yapılacak tedavilerde, büyüme atılımı tespit edilerek optimum tedavi zamanına karar verilmelidir. Ruf ve Pancherz (2003) yapmış oldukları çalışma ile pubertal büyüme atılımının pik döneminin büyüme

modifikasyonu için en uygun dönem olduğunu bildirmişlerdir. Sınıf 2 maloklüzyon tedavisinde kullanılan fonksiyonel apareylerden daha etkili sonuç alınabilmesi için, pubertal büyüme döneminde tedaviye başlanması gerektiğini gösteren araştırmalar mevcuttur (Baccetti ve ark. 2012; Franchi ve ark. 2013). Sınıf 3 olgularda yapılan palatal ekspansiyon tedavisinde ise geç puberte döneminin tercih edilmesinin daha stabil ve etkili sonuçlar sağlayacağı bildirilmiştir (Kluemper ve Spalding 2001). Puberte döneminden sonra belirgin iskeletsel değişiklikler gözlemlenemeyeceği için ortodontik tedavinin cerrahi tedaviler ile desteklenmesi gerekebilmektedir (Hägg ve Tranger 1980; Hägg ve Tranger 1982; Başaran ve ark. 2007; Alkhal ve ark. 2008; Durka ve ark. 2013). Bu sebepler ile; pubertal atılımın ne zaman başlayıp ne zaman tamamlanacağı, retansiyonun nasıl ve ne kadar yapılacağı gibi konuların belirlenmesinde büyüme-gelişim ortodontik açıdan önem taşımaktadır (Magnusson 1979).

Ortodontistin, hastasının iskeletsel yaşını bilmesine gerek yoktur; asıl bilinmesi gereken tedavi periyodunda bireyin ne kadar büyüyeceği, büyüme-gelişimin seviyesinin hangi düzeyde olduğu veya tedavisi sırasında büyümenin yüzde kaçının gerçekleşeceği. Bu ve benzeri nedenlerden ötürü büyüme-gelişimin belirlenmesi ortodontik açıdan önemlidir (Garcia-Ferandes ve ark. 1998; Özer ve ark. 2006).

## **2.2. Büyüme-Gelişimin Belirlenmesi:**

Kemik yaşı ve büyüme-gelişimin belirlenmesinde kullanılan yöntemler morfolojik, histolojik ve radyolojik yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Radyolojik yöntem en sık tercih edilen yöntemdir (Loi ve ark. 2007; Panchbhai 2011).

### **2.2.1. Morfolojik Yöntemler:**

Morfolojik olarak büyüme-gelişim ve kemik yaşı belirlenmesinde boy uzaması, ağırlık artışı, kronolojik yaş ve cinsiyet belirteçleri (ses kalınlaşması, kıllanmada artış, bel genişlemesi, menarş yaşı) gibi kriterlerden yararlanılmaktadır (Günay 1973; Gülyurt 1989).

Takvim yaşı olarak tanımlanan kronolojik yaş, hastanın doğum tarihi ile o günün tarihinin farkıdır. Kronolojik yaş büyüme-gelişim dönemini tespit etmede kullanılan güvenilir bir metot olarak görülmemektedir (Günay 1973; Roche ve ark. 1976; Gülyurt 1989). Kronolojik yaş ile kemik yaşı arasında, dönemlere göre bazı farklılıklar olabilmektedir; bunlar

0-2 yaş arasında  $\pm$  6 ay, 2-4 yaş arasında  $\pm$ 1 yıl, 4 yaş ile puberte arasında  $\pm$ 2 yıl olarak kaydedilmiştir (Darendeliler ve Bundak 2005).

İskeletsel gelişim, vücut ağırlığı ve boy artışıyla önemli ölçüde ilgilidir. Ancak boy ve ağırlık artışları birden fazla faktöre (cinsiyet, ırk, çevresel ve genetik faktörler) bağlı olarak değiştiği için büyüme-gelişim tespitinde yeterli görülmemektedir (Bilaloğlu 1970; Neyzi 1975).

Kız ve erkek çocuklarının kemik gelişiminde farklılıklar gözlenmiştir. Beslenme, sosyoekonomik durum ve coğrafik olarak ekvatora yakınlığın kemik gelişimini ve menarş yaşını etkilediği bilinmektedir. Örneğin menarşın kentsel bölgede yaşayan kız çocuklarında kırsal bölgede yaşayanlara göre 1 yıl daha erken gerçekleştiği bildirilmiştir (Neyzi ve ark. 1975; Darendeliler ve Bundak 2005).

### **2.2.2 Histolojik Yöntemler:**

Yaş tayininde, histolojik olarak histomorfolojik ve histokimyasal yöntemler üzerinde yoğunlaşmış olup, daha çok postmortem olgularda kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile kas fiber tipleri ve miyozin ağır zincirlerinden çeşitli kaslarla ve kemiklerle çalışmalar yapılmıştır (Ganong 1991; Stout 1998; Kirkeby ve Garbarsch 2001; Dulger ve ark. 2005).

Cinsiyet hormonları, paratiroid hormon ve kalsitonin büyüme ve gelişimde rol oynamaktadır. Androjen ve östrojenin kemikleşme merkezlerinin ortaya çıkışını ve gelişim zamanlarını etkiledikleri gözlenmiştir (Ganong 1991).

Kemik iliği hücrelerinin yaş ile geçirdikleri değişimler üzerine yapılan çalışmalarda; kemik iliğinde genç yaşlarda hematopoetik hücrelerin oranı yüksektir zamanla yağ dokusunun oranı artmaktadır (Kierszenbaum 2007). Kemik iliği sellülaritesininde yaş ile değişim tespit edilmiştir. Sellülarite oranı ilk on yılda yüksek iken, altmış yaşına doğru gittikçe düştüğü bildirilmiştir. Ancak aynı yaş grubunda bulunan farklı kişiler arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. Hatta aynı bireyin farklı kemiklerinde bile farklılık gözlenmiştir (Akyıldız ve ark. 2003).

Bu metotlara oranla daha az olmakla birlikte çeşitli yaş gruplarından alınan karın dokusu örneklerinde “AgNOR yöntemi” ile hücre proliferasyonundan da yaş tespiti yapılabildiği ortaya konulmuştur (Baransel ve ark. 2004; Dulger ve ark. 2005). Histolojik yöntemler daha çok otopsi olgularında tespit edilmekle birlikte; klinik uygulamada

kullanılabilecek kadar pratik, kesin ve aynı zamanda standardizasyonlarının mümkün olmaması dezavantajlarıdır (Baransel ve Dulger 2007).

### **2.2.3. Radyolojik Yöntemler**

Ortodontide büyüme-gelişim tespitinde kullanılan radyolojik yöntemler panoramik, sefalometrik ve el-bilek radyografileri olarak sınıflandırılmaktadır (Greulich ve Pyle 1966; Lamparski 1975; Hassel ve Farman 1995; Tanner ve ark. 1997; Tanner ve ark. 2001; White ve Pharoah 2014).

Radyolojik yöntemlerle elde edilen görüntülerde, dişler ve kemiklerin her döneme ait değişiklikleri, kolaylıkla takip edilebildiği için bu yöntem diğer büyüme-gelişim ve yaş tayini tekniklerine göre daha çok tercih edilmektedir. Bu yöntemin avantajı olarak radyografilerin değerlendirilmesi ve belirlenmesi sırasında kemikleşme sürecine zarar verilmemesi; dezavantajı olarak da radyasyona maruz kalınması gösterilmektedir (Blenkin 2005; Atasaral 2007). Herhangi bir tıbbi endikasyon bulunmadığında radyografik tetkiklerle yapılacak büyüme-gelişim ve yaş tayininde en uygun tutum; uygulanacak radyasyonun mümkün olduğunca en aza indirgenmesidir (Akkoyun 2013).

Kemik yaşı tayininde çeşitli yaş aralıklarında vücuttaki yüzden fazla kemikleşme bölgesinden faydalanılabilmektedir. Söz konusu bölgeler ve alınan radyograflar yaşlara göre sınıflandırılacak olur ise;

**1.** 0-22 yaş arasında: El-bilek ve ayak tarak kemikleri, ulna, radius alt epifiz grafileri ve ön yan dirsek grafisi, humerus ve skapula boynunu gösteren omuz röntgen grafisi, üst iskiyon alt kenarı ve iliak kemiği içine alan tek taraflı pelvis grafisi,

**2.** 23-40 yaş arasında: Koksiks ve yan sakrum grafisi,

**3.** 40 yaş civarında: Yan sternum grafisi,

**4.** 45-50 yaş arasında: Ön göğüs grafisidir (Gök ve ark. 1985).

Radyografi alınan bölgenin seçilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken kriterler ise;

**1.** En az sayıda radyografi alınarak değerlendirilmesi,

2. Radyografisi alınan kemiğin doğumdan ergenlik bitene kadar tekrarlamaya müsait olması ve bu süreçte kemikleşen veya şekillenen kemiklerin bulunduğu bir alan olması,

3. Hastada radyografi çekilir iken minimum zaman harcanması,

4. Kemiklerin radyografi üzerindeki görüntüleri gerçek boyutlara benzer olmasıdır (Atasaral 2007).

Radyograflar ile büyüme-gelişimin değerlendirilmesinde genellikle bakılan karakteristik özellikler;

1. Ossifikasyon merkezlerinin belirmeye başlaması, boyutu ve şekli,

2. Bölgedeki kırırdağın genişliği ve şekli,

3. Diafiz ve epifizler arasındaki füzyonun derecesi gibi özelliklerdir (Gilsanz ve Ratib 2005).

İnsan iskelet sisteminde el ve ayak kemikleri bu sıralanan özelliklere sahip alanlardır; ancak daha pratik olması ve harcanan zamanın düşük olması nedeniyle el-bilek kemiklerinden alınan radyografiler sıklıkla tercih edilmektedir (Gülyurt 1989). Buna ilaveten son dönemlerde sefalometrik radyograflarda vertebraların şekil değişikliklerinin değerlendirilmesi de popülerlik kazanmaktadır (Baccetti ve ark. 2002).

### **2.2.3.1. Panoramik Radyograflar**

Panoramik radyografi tek bir film üzerinde mandibular ve maksiller arkları ve onların desteklediği yapıların tümünü içine alabilen ve fasiyal bölgenin izlenebildiği bir görüntüleme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Lurie 2009). Tüm dişler ile çene kemiklerinin bir arada değerlendirilebilmesi panoramik radyografilerin önemli avantajlarından. Panoramik radyografilerin temel kullanım alanları; travma olguları, dental ve osseoz lezyonların incelenmesi, gömülü üçüncü molar dişlerin yerinin belirlenmesi, temporomandibular eklemdaki bozukluklar, intraoral radyografi alınamayan hastalar, diş gelişimi ve diş sürme aşamalarıyla büyüme-gelişimin tespiti olarak sıralanabilmektedir (White ve Pharoah 2014).

Demirjian ve ark. (1976) 1973 yılında panoramik radyograflar üzerinde yapmış oldukları çalışmayı modifiye ederek dental maturasyonu, dişlerin kök formasyonuna göre 8

farklı döneme gruplandırmışlardır. Bu yöntem literatüre Demirjian metodu olarak geçmiştir. Günümüzde dental maturasyon belirlenmesinde sıklıkla kullanılan metot olan Demirjian metodunun geçerliliği birçok farklı toplumlar için test edilmiştir. Türk toplumundaki geçerliliği ile ilgili yapılan bir çalışmada, Tunç ve Koyutürk (2008) 4-12 yaş arasındaki bireylerden alınan panoramik radyografları Demirjian metoduyla değerlendirmiş ve diş gelişim dönemleri ile kronolojik yaş arasında yüksek derecede uyum olduğunu bildirmişlerdir. Ancak ülkelere göre sonuçların farklı olması, yöntemi uygulayanların deneyimi ve aynı ülkenin farklı bölgelerinde bile sonuçların değişkenliği büyüme-gelişim ve yaş tayininde Demirjian yönteminin kullanımını sınırlandırmaktadır (Nur ve ark. 2012; Jayaraman ve ark. 2013).

Dental maturasyon yaşamın sadece ilk dönemlerini kapsamı dolayısıyla ortodontide tercih edilmemektedir (Sierra 1987; Erverdi 1988; Ülgen 2010). Büyüme atılım döneminin tespitinde alt çene köpek dişi ile birinci küçük azı dişlerinin kök formasyonunun tamamlanmasının olgunlaşma indikatörü olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Uysal ve ark. 2006). Bireyin daimî dişlerinin tamamlanma yaşı olan 12 yaştan sonraki dönemde, fizyolojik gelişimini belirleyecek ölçüleri bulmak zor olabilmektedir. Mandibular üçüncü molar dişlerin oluşumuyla iskeletsel gelişim arasındaki ilişki değerlendirilmiş, kuvvetli korelasyon bulunmuştur; ancak büyüme-gelişim tespitinde bunun yeterli olmadığı belirtilmiştir (Devecioğlu ve ark. 2006).

Büyüme-gelişim döneminin belirlenmesinde dental maturasyon hesaplamasının tercih edilmeme sebeplerinden biri de diş sürme zamanının sistemik hastalıklar, beslenme yetersizliği gibi birçok lokal faktörden etkilenmesidir (Cardoso 2007; Gupta ve ark. 2013).

Dental maturasyon ile el-bilek filmlerinden belirlenmiş olan kemik yaşı arasındaki ilişkinin değerlendirildiği bir çalışmada, bu iki parametrenin 13-15 yaş grubunda tek yumurta ikizlerinde uyumlu; çift yumurta ikizlerinde ise uyumsuz olduğu tespit edilmiştir. (Gupta ve ark. 2013). Bir başka çalışmada ise aynı kemik yaşına sahip Türk çocuklarında kız çocuklarının erkeklere göre diş gelişiminin daha geri olduğu bulunmuştur (Uysal ve ark. 2004). Bazı çalışmalarda Türk çocuklarında pubertal büyüme indikatörü olarak dental maturasyonun kullanılmasının yetersiz olduğu bildirilmiştir (Şahin ve Gazilerli 2002; Bala ve ark. 2010). Perinetti ve ark. (2012), maturasyonun belirlenmesinde panoramik ve sefalometrik radyografları kullandıkları çalışmalarında, dental maturasyonla yapılan tespitinin iskeletsel olgunlaşmayı belirlemede kullanımının sınırlı olduğunu rapor etmişlerdir. Sadece büyüme-



gelişim atılımından önce alt çene köpek dişi, birinci ve ikinci küçük azı dişleri ve ikinci büyük azı dişinin kalsifikasyon sırasında büyüme-gelişim atılımı ile ilgili bilgi verebileceği belirtilmiştir (Perinetti ve ark. 2012). Dental maturasyon ile el-bilek radyografilerin ve sefalometrik radyografların karşılaştırıldığı bir çalışmada iskeletsel maturasyon indikatörü olarak köpek dişlerindeki kalsifikasyon miktarının kullanılabileceği belirtilmiştir (Sachan ve ark. 2011).

Menteş ve ark. (2000), Nur ve ark. (2012), Kırzioğlu ve Ceyhan (2012) Türk çocuklarında Demirjian tekniği ile belirlenen yaş tahmini sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı şekilde gerçek yaşlarından daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır.

### **2.2.3.2. El-Bilek Radyografileri**

X-ışınının bulunuşundan 4 ay sonra 1896 yılında ilk el-bilek radyografisi Sydney Rowland tarafından Londra'da çekilmiştir (Singer 1980). Ranke (1896) el-bilek radyografilerinden iskelet gelişimini inceleyen ilk kişidir. Geçtiğimiz yüzyılın başlarında, Pryor (1907) gelişim dönemi süresince birbirinin peşi sıra alınan el-bilek radyografilerinde maturasyon belirteçlerini sınıflandırmıştır. Amerika'da yaşayan bireylerde yaptığı bu çalışmasında el-bilek radyografileri üzerinde iskelet gelişimini incelerken, erkeklerin kızlardan daha geç geliştiğini gözlemlemiş ve bazı kişilerde kemikleşme sürecinin atipik seyrettiğini bildirmiştir. Klinisyenler için ilk rehber niteliğindeki çalışma 1937'de Thomas Wingate Todd'un yazdığı "Atlas of Skeletal Maturation of The Hand" isimli el-bilek atlasıdır. Günümüzde el-bilek radyografileriyle kemik yaşı ve büyüme-gelişim tespitinde sıklıkla Greulich-Pyle ile Tanner ve arkadaşlarının tanımlamış oldukları atlaslar kullanılmaktadır (Greulich ve Pyle 1966; Tanner ve ark 1997; Tanner ve ark 2001).

W. Greulich-Pyle 1917 ve 1942 yılları arasında Cleveland'da doğmuş 2500 çocuğu seri radyografi ile inceleyerek bir atlas oluşturmuştur. Erkek ve kız bireylerde kemiklerin maturasyon dönemlerinin farklı olması nedeniyle bu atlas iki bölüme ayrılmıştır. Greulich-Pyle atlasının (GP) ilk bölümünde erkek, ikinci bölümünde de kız bireyler için 1 yıllık aralıklarla alınmış el-bilek radyografileri bulunmaktadır. Herhangi bir bireyin kemik yaşını belirlemek için alınan el-bilek radyografisi, atlastaki kendi kronolojik yaşına ve cinsiyetine uyan radyografilerle karşılaştırıldığında eğer kemik gelişimi ileride ise daha sonraki standartlarla, geride ise daha önceki standartlarla karşılaştırılarak bir standart seçilmektedir. Böylece standart kemik yaşı bulunmuş olmaktadır (Greulich 1957; Greulich ve Pyle 1966).

GP atlasına göre değerlendirme esnasında, fazla zaman harcanmakta ve uzman bir göze ihtiyaç duyulmakta olup değerlendirme sonuçları gözlemciler arasında farklılık göstermektedir ve atlasın tek bir ırka ait olması sebebiyle günümüz çocukları için bu atlas tam anlamıyla uygulanabilir bulunmamıştır (Greulich ve Pyle 1966; Cao ve ark. 2000; Hsieh ve ark. 2007; Kim H. ve Kim W. 2007).

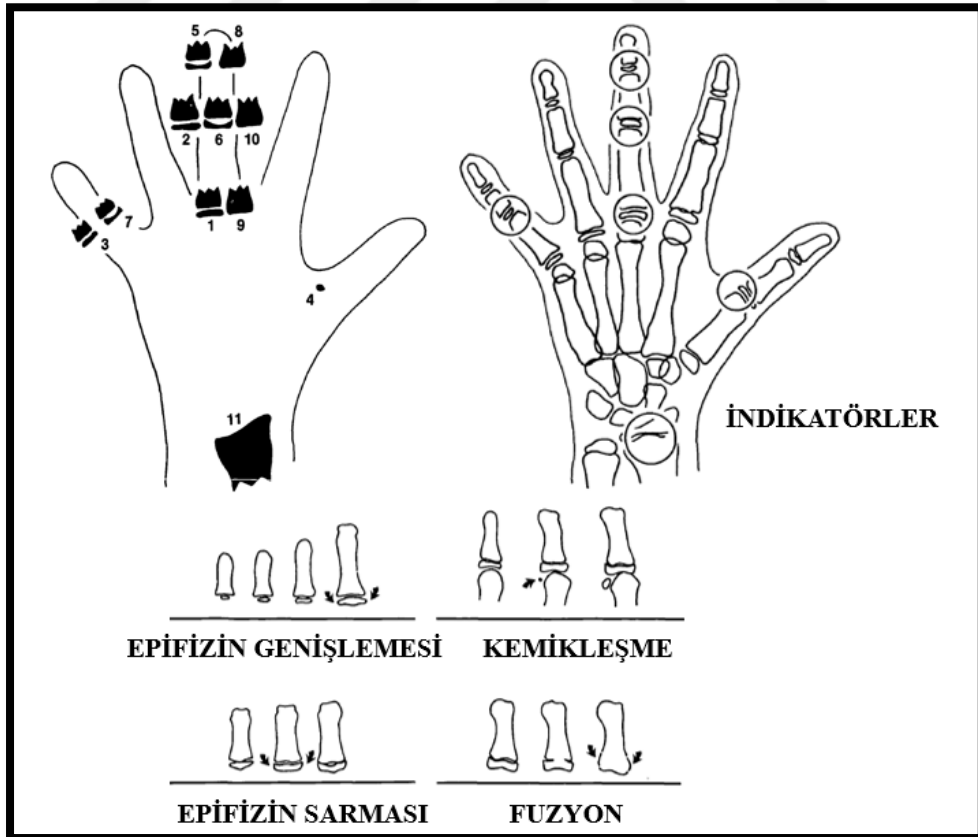
Tanner ve ark. (1962) kemik yaşı ve maturasyonun belirlenmesi konusunda yeni bir metot geliştirilmiştir. Bu metotta 1945 ve 1958 yılları arasında 2564 İngiliz çocuktan alınan el-bilek radyografilerinde 20 kemik, 0'dan 100'e kadar bir sayı ile numaralandırılmakta ve bu sayılar toplanıp toplam sayıya uygun olan kemik yaşı seviyesi belirlenmektedir. Yöntemde sekiz veya dokuz gelişim evresi mevcuttur (Tanner ve ark. 1997).

Tanner metodunun iki modifikasyonu mevcuttur. İlk tanıtılan Tanner-Whitehouse 2 (TW2) yönteminde, bireyin mevcut kemik görünümleri belli birer değeri bulunan sekiz sınıftan birisine atanmaktadır. TW2 yönteminde el-bilek radyografilerinin kemikleşme evrelendirilmeleri cinsiyete göre ayrı ayrı skorlanmıştır. Yapılan skora Karpal (Carpal kemikler) ve RUS (radius, ulna, kısa kemikler) kemikleri olarak iki şekilde değerlendirilmiştir. Burada bireyin radyografileri cinsiyetler için ayrılarak tüm kemiklerin evreleri ve skorları atlasla belirlenir. Elde edilen skorlar hazırlanmış olan tablolarda uygun olan yaş ile eşleştirilerek bireyin yaşı saptanır (Yarimoğlu 2005; Yılmaz 2006; Baidas 2012). TW2 yönteminin GP yöntemine olan üstünlüğü otomatize edilmiş olması ve uzman gereksiniminin olmamasıdır (Bica ve Mariana 2010). Ancak hesaplamaların kolay olmaması, araştırmanın tek ırk üzerinde yapılması ve zaman alması nedeniyle pek fazla tercih edilmemektedir (Avery 2002).

TW2 metodu daha sonra geliştirilerek 2001 yılında Tanner Whitehouse 3 (TW3) metodu olarak tanıtılmıştır. Radyografide kemiklerin her aşamasına bağlı derecelendirme TW2 ve TW3'te aynıdır. Temel değişiklik iskelet olgunlaşma skoruna ulaşanlarda yaşı düşürmek olarak özetlenebilir. Örneğin; TW2'nin aksine yetişkin olgunlaşmasına (1000 puan) ulaşma sürecinde yaş; kızlarda 0,9 yıl, erkeklerde 1,5 yıl daha düşüktür. TW3'teki referans değerleri Avrupa, Arjantin, Japonya ve Amerika'dan alınan örneklere dayanmaktadır. Bu çalışma sonucunda radius, ulna ve kısa kemikler için iskeletsel olgunluğa ulaşma erkeklerde 18,2 yaş iken 16,5 yaşa, kızlarda 16 yaş iken 15 yaşa inmiştir (Taylor 1975; Akkan 1982; Tanner ve ark. 1997; Tanner ve ark. 2001).

Fishman 1., 3., 5. parmak ve radiusta yer alan 6 anatomik noktayı 4 farklı kemik gelişim sürecine göre sınıflandıran bir yöntem geliştirmiştir. Tüm adeolosan gelişimini iskeletsel maturasyon indikatörü olarak 11 safhada değerlendirmiştir (Fishman 1982; Fishman 1987). Bu safhalar;

1. Üçüncü parmağın proksimal falanksında epifiz diafiz eşittir.
2. Üçüncü parmağın orta falanksında epifiz diafiz eşittir.
3. Beşinci parmağın orta falanksında epifiz diafiz eşittir.
4. Adduktör sesamoid gözlenmeye başlamıştır.
5. Üçüncü parmağın distal falanksında epifiz diafizi sarar.
6. Üçüncü parmağın orta falanksında epifiz diafizi sarar.
7. Beşinci parmağın orta falanksında epifiz diafizi sarar.
8. Üçüncü parmağın distal falanksında epifiz diafiz kaynaşır.
9. Üçüncü parmağın proksimal falanksında epifiz diafiz kaynaşır.
10. Üçüncü parmağın orta falanksında epifiz diafizi kaynaşır.
11. Radiusta epifiz ve diafiz kaynaşması olmuştur (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Fishman'ın Maturasyon Değerlendirmesi (Fishman 1982)

Yukarıda anlatılmış olan yöntemlere ilaveten büyüme-gelişim belirlenmesinde el-bilek kemiklerinde orta parmağın medial falanksı, addüktör sesamoid ve radiustan da yararlanılabilmektedir (Chapman 1972; Hägg ve Tranger 1982; Mendes ve ark. 2010; Fishman 1982).

Hagg ve Taranger, yaptıkları çalışmalarda el-bilek radyografilerini kullanarak orta parmak orta falanksının (MP3) olgunluk belirteçleriyle maturasyon safhalarını geliştirmeye çalışmışlardır (Hägg ve Tranger 1980; Hägg ve Tranger 1982). Yöntemde temel olarak orta parmaktaki epifiz diafiz bölgesinde olan gelişimsel değişiklikler 5 aşamada incelenmiştir (Hägg ve Tranger 1982). Bu aşamalar;

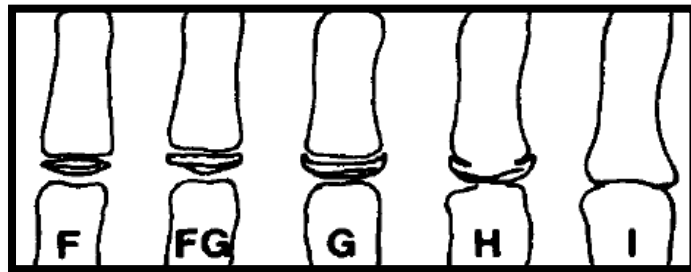
**1. MP3-F:** Pubertal büyüme başlangıç seviyesindedir. Epifiz ve metafiz aynı genişlikte gözlenmektedir.

**2. MP3-FG:** Pubertal büyüme atağı hızlanmaktadır. Epifiz ile metafiz aynı genişlikte gözlenmekte, epifizin lateral ve/veya mesial kısmından ayrı, distalinde demarkasyon hattı bulunmaktadır.

**3. MP3-G:** Pubertal büyüme atağı maksimuma ulaşmıştır. Epifiz köşeleri kalınlaşmıştır ve bir köşesinde veya her iki köşesinde birden distale doğru keskin çıkıntılar yaparak metafize doğru capping yapmaktadır.

**4. MP3-H:** Pubertal büyümenin hızı azalmaktadır. Epifiz ve metafiz füzyonu gerçekleşmeye başlamıştır.

**5. MP3-I:** Pubertal büyüme bitmektedir. Metafiz ve epifizin füzyonu tamamlanmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Hagg ve Taranger'in 5 Aşamalı Maturasyon Değerlendirmesi (Hagg 1982).

Björk ve Helm çalışmalarında 9-17 yaşlarında el-bilek kemiğinin gelişimini belirleyen göstergeler tanımlamışlardır. Sesamoid kemiğin görülmesini el-bilek filmlerinde maksimum

pubertal atılımın gerçekleştiği zaman ile ilişkide olduğunu bildirmişlerdir (Björk ve Helm 1967). Birçok çalışmada, addüktör sesamoidin radyografide gözlenmesinden takriben bir yıl sonra, büyüme atılımının maksimum seviyede gerçekleştiği bildirilmiştir (Garn ve Rohmann 1960; Björk ve Helm 1967; Grave 1973; Hassel ve Farman 1995).

Chapman (1972), el-bilek kemiklerinden alınan periapikal radyografilerde gözlenen addüktör sesamoid (AS) kemiğin ossifikasyon düzeyine göre aşağıdaki sınıflandırılmayı yapmıştır.

**1. AS0:** Radyografide henüz sesamoidin ossifikasyonu görülmemektedir.

**2. AS1:** Radyografide sesamoid ossifikasyonu ilk bu aşamada görülmektedir. Boyutu iğne ucu kadar çapı yaklaşık olarak 1 mm genişliğindedir. Bu dönem 3 aylık bir süreyi kapsamaktadır.

**3. AS2:** Ossifikasyon 1. aşamaya göre ilerlemiştir; ancak sınırları belirsiz olarak görülmektedir. Bu dönem ise 6 aylık bir süreyi kapsamaktadır.

**4. AS3:** Bu safhada sesamoid tohum şeklinde, sınırları belirgin olarak görülmektedir.

Mendes ve ark. (2010), implant uygulamasından önce iskeletsel olgunlaşmanın sonuna geldiğini göstermesi amacıyla radius kemiğini kullandıkları bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde alveol kemiğinin ve kafa yüz gelişiminin değerlendirilebilmesi için bilek bölgesinin altına yerleştirilen oklüzal radyografiler kullanılmıştır. Avuç içi aşağı bakacak şekilde alınan radyografilerde, radiusun epifiz ve diafizinin maturasyon derecesi ve füzyonunun görüntülenmesi amaçlanmıştır. Bu aşamalar;

**0:** Radius kemiğindeki epifiz, diafizden daha küçük veya aynı genişlikte görülmektedir.

**1:** Epifiz ve diafiz eşit genişlikte görülmektedir.

**2:** Epifiz ve diafiz birleşmeye başlamaktadır.

**3:** Hafif bir radyolüsent çizgi görülmekle beraber epifiz ve diafiz birleşmiştir.

**4:** Epifiz ve diafiz arasında füzyon tamamlanmıştır (Resim 2.1).



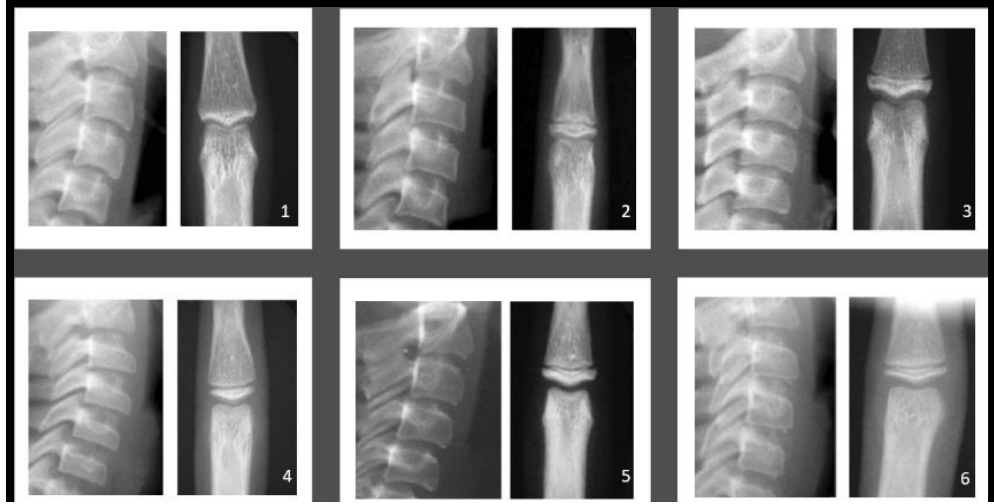
**Resim2.1.** Radius Epifiz ve Diafiz Olgunlaşma Aşamaları (Mendes 2010).

Ülkemizde yapılan antropometrik çalışmalarda Türk popülasyonunda kemik yaşı belirlemede yaygın olarak kabul gören bir atlas bulunmamaktadır. Kemik yaşı belirlemek için 1985 yılında özellikle adli tıp bilimlerinde kullanılan ‘Gök Atlası’ hazırlanmıştır. Türk çocuklarında erkeklerin puberte döneminde iskeletsel olgunlaşma zamanının GP standartlarından farklı olduğu tespit edilmiş ve atlasın modifiye edilmesi ile erkek çocuklarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Buken ve ark. 2007). Buken ve ark. (2010), yapmış oldukları çalışmada ülke genelinde yeni bir atlas yapılana kadar Türk çocuklarının kemik yaşının belirlenmesinde TW3 atlasından faydalanılabileceği bildirilmiştir.

Altan ve ark. (2015), 7-18 yaşları arasında olan 141 Türk bireyde yaptıkları çalışmalarında panoramik, sefalometrik ve el-bilek radyografilerini incelemiştir. El-bilek radyografileri Fishman yöntemine göre değerlendirilmiştir. Araştırmacılar bu yöntemin kız ve erkek bireylerde maturasyon tespitinde uygulanabilir bir yöntem olduğunu belirtirken; el-bilek maturasyonu ile servikal maturasyon arasında yüksek derecede korelasyon bulmuşlardır. El-bilek maturasyonu ve dental maturasyon arasında ise kızlarda orta, erkeklerde iyi derecede korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Uysal ve ark. (2006) yaşları 5,3-24,1 yıl arasında olan 503 Türk birey üzerinde yaptıkları çalışmalarında sefalometri, el-bilek filmleri ve kronolojik yaş arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Spearman korelasyon katsayılarına göre el-bilek radyografileri ile büyüme-gelişim arasında yüksek korelasyon bulunmuşlardır.

Özer ve ark. (2006) 9-19 yaşları arasında 150 Türk bireyde yaptıkları çalışmada üçüncü parmağın medial falanksını Hagg-Taranger yöntemine göre değerlendirmişlerdir. Bu sınıflama servikal vertebralardaki büyüme-gelişim safhalarıyla ve kronolojik yaş ile karşılaştırılmıştır. Çalışmalarında Hagg-Taranger metodunun büyüme-gelişim tespitinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Resim 2.2).

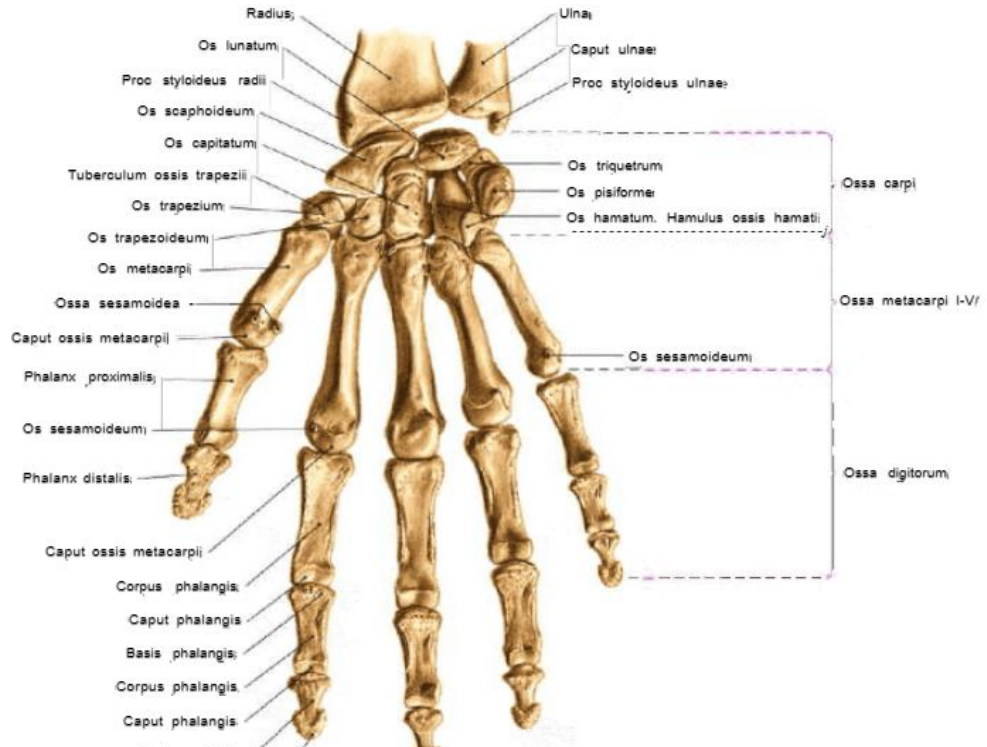


Resim 2.2. Özer ve ark. (2006)'nın Yapmış Oldukları Sınıflama.

### 2.2.3.2.1. El-bilek Kemiklerinin Anatomisi

Uzun kemikler kemikleşme özelliklerine göre bölgelere ayrılarak incelenmektedir. Kemiğin korpusunu oluşturan ve bir tane primer kemikleşme merkezi içeren bölgeye diafiz denilmekte ve her uzun kemikte bir tane diafiz bulunmaktadır. Diafizden başlayan kemikleşme zamanla kemiğin her iki ucuna doğru ilerlemektedir. Kemiğin büyük bölümünün buradan kemikleşmesi ve buradaki merkezin embriyonel dönemde oluşmaya başlaması dolayısıyla, diafizdeki kemikleşme merkezine primer kemikleşme merkezi denilmektedir. Kemiğin bir veya her iki ucunda bulunan ve diafizden ayrı olarak kemikleşen bölgelere epifiz denmektedir. Tibia, radius, ulna gibi büyük boyutlu uzun kemiklerde her iki uçta da epifiz mevcut iken metakarpal, falanks gibi küçük boyutlu uzun kemiklerde birer epifiz mevcuttur. Bu kemiklerde epifiz içeren uç, ayrı kemikleşirken; diğer uç diafizle beraber kemikleşmektedir. Diafizde bir tane kemikleşme merkezi olmasına karşın, epifizde birden çok kemikleşme merkezi olabilmektedir. Epifizdeki kemikleşme merkezine hem kemikleşmede daha az oranda rol aldığı, hem de doğumdan sonra oluşmaya başladığı için sekonder kemikleşme merkezi denilmektedir. Diafizle epifiz arasında bulunan ve kemik uzamasının olduğu bölgeye ise metafiz adı verilmektedir (Erkoç 1967; Arıncı ve Elham 1993; Drake ve ark. 2011).

Her bir el iskeletinde 27 adet kemik bulunmakta olup bu kemikler 3 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; el bileği kemikleri, el tarağı kemikleri ve el parmak kemikleridir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. El-bilek Filmlerinin Anatomik Yapısı (Sobotta 2013)

El bileği kemikleri (ossa carpi): Distal ve proksimal olarak iki sıra halinde her bir sırada 4, toplamda 8 kemikten oluşmuştur. Bu kemikler birbirlerine kuvvetli bağlarla bağlı olup tek ünite olarak hareket ederler (Erkoç 1967; Arıncı ve Elham 1993; Drake ve ark. 2011).

Dıştan içe doğru proksimal sıradaki kemiklerin sıralanışı şöyledir;

- os scaphoideum
- os lunatum
- os triquetrum
- os pisiforme

Dıştan içe doğru distal sıra kemiklerinin sıralanışı ise

- os trapezium
- os trapezoideum
- os capitatum
- os hamatum şeklindedir.

El tarak kemikleri 5 adet olup ince ve uzun kemiklerdendir. El sırtı ve avuç içinin iskeletini oluştururlar. Her bir metakarpal kemiğin alt ucuna “caput”, gövdesine “corpus”, üst



ucuna “basis” denilmektedir. (Erkoç 1967; Arıncı ve Elham 1993; Drake ve ark. 2011). (Şekil 2.3.)

El parmak kemikleri; (ossa digitorum, phalanges) baş parmakta 2, diğer parmaklarda ise 3 adet olup toplamda 14 adettir. Bu kemikler proksimalden distale doğru falanks proksimalis, falanks media ve falanks distalis olarak isimlendirilmektedir. Her bir falanksın alt ucuna “caput”, gövdesine “corpus”, üst ucuna “basis” denilmektedir. Birinci sıradaki kemikler, proksimalde metakarpal kemiklerle ve distalde bir sonraki falankslar ile, ikinci sıradakiler, birinci ve üçüncü falankslar ile, distal sıradakiler ise sadece proksimal uçlarında ikinci falanks ile eklem yapmaktadırlar. Karpal kemikler birer merkezden kemikleşmektedir (Erkoç 1967; Arıncı ve Elham 1993; Drake ve ark. 2011).

Ön kol kemikleri (ossa antebrachium), dirsek ve el bileği arasındaki üst ekstremité bölümünde yer alan dış yanda bulunan radius ve iç yanda olan ulna kemiklerinden oluşmaktadır (Erkoç 1967; Arıncı ve Elham 1993; Drake ve ark 2011) (Resim 2.3).



**Resim 2.3.** El-Bilek Radyografisi.

### 2.2.3.3. Sefalometrik Radyograflar

İnsan baş ve yüz gelişiminin bilimsel olarak incelenmesi, ilk olarak antropolog ve anatomi uzmanları tarafından, kafatasında yapılan çeşitli ölçümlerle başlamıştır. Kafatası üzerinde belirlenen kemik noktalarından yapılan ölçümlere ‘kranymetri’ adı verilmiştir. Canlı kafatası üzerinde palpasyonla belirlenen kemik noktaları ile ölçüm yapılması tekniğine ise ‘sefalometri’ adı verilmiştir (Athanasίου 1997). Ortodonti literatüründe ise sefalometri, analitik geometri kullanarak kafatasının anatomik parçalarının incelenmesi ve tedavinin ölçülmesi olarak tanımlanmıştır (Ricketts ve ark. 1972).

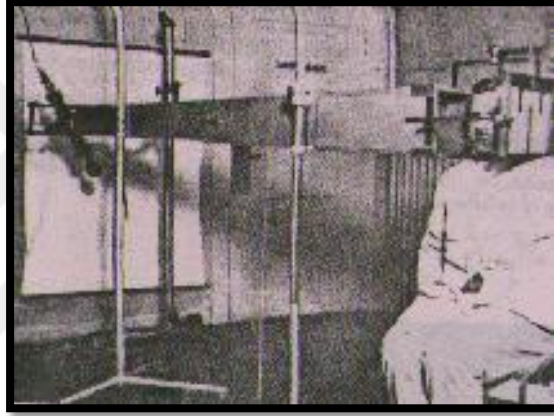
Bu ölçümler doğrudan doğruya baş ve yüz üzerinde yapılabileceği gibi, baş ve yüzden alınan masklar (yüz kalıpları), fotoğraflar ve radyograflar üzerinde de yapılabilmektedir. Pratikte radyograflar üzerinde yapılan ölçümler diğer ölçüm metotlarına göre daha çok tercih edilmektedir. Doğrudan doğruya baş ve yüz veya dolaylı olarak mask ve fotoğraflar üzerinde yapılan ölçümlerde, yumuşak dokular ve deri tarafından örtülmüş olan kemik ölçümlerinin yapılması mümkün değil iken radyografi üzerinde kemik ölçümleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Sefalometrik radyografi, uzak radyografi (teleradiographie) ve sefalogram (cephalogram) eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Ülgen, 2010).

Kullanımı çok eski tarihlere dayanmakta olan sefalometri, ilk olarak 1791 yılında Camper isimli araştırmacının mandibulanın sagittal yöndeki konumunu kafa ve yüze ait belirli noktalara göre incelemelerinde ve daha sonra antropolojistler tarafından, değişik etnik gruplara ait bireylerin yüz paternlerini belirleme çalışmalarında kullanılmıştır. Antropometrik ölçümler; büyüme-gelişim, beden kompozisyonu ve genel beslenme durumu hakkında değerli bilgiler vermektedir (Peştemalcı ve Kahraman 2001).

Diş hekimliğinde bir tanı aracı olarak profil radyografisi Ketcham ve Ellis (1919), Percy Brown(1921) araştırmacıların çalışmalarıyla ilk kez uygulanmıştır (Muller 1970). A.J. Pacini (1921), profil radyografisinin insan gelişimi, sınıflandırılması ve gelişim bozukluklarının saptanmasında yararlı olduğunu belirtmiş ve kendi yöntemini geliştirmiştir. Pacini'nin yönteminde radyograf, orta oksal düzleme paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. Baş, dikey bir tutucu ile desteklenmekte ve bu tutucuya bandajlar bağlanarak tespit edilmektedir. Araştırmacı bu yöntemle aldığı radyograflarda bazı klasik antropolojik işaret noktalarını saptamıştır. Bunlar arasında gonion, pogonion, nasion ve spina nasalis anterior sayılabilmektedir (Allen, 1963).

Carrea (1924), sefalometrik görüntüleme için yeni bir yöntem sunmuştur. Bu yöntemde sefalostat kullanılarak ışın kaynağı ile hasta mesafesi 2 m olarak belirlenmiş, böylece deformasyonlar mümkün olduğunca azaltılmıştır. Araştırmacı, bu tekniğe “Teleradiofacie” adını vermiştir. Carrea yumuşak doku profilinin belirlenmesinde ince bir kurşun tel kullanmış, porus acusticus externus’un belirlenmesi için de kulağa küçük kurşun borucuklar yerleştirmiştir.

M. Hofrath (1931) Almanya’da “Maksiller Anomalilerin Teşhisinde Teleröntgenogramların Önemi” adında yayınladığı makale ile yeni bir yöntem tanıtmıştır. Bu yöntemde güçlü bir röntgen aygıtı ve bir tür sefalostat yardımıyla radyografi elde edilmiştir (Resim 2.4.).



**Resim 2.4.** Hofrath'ın İlk Sefalometrik Radyografi Düzeneği (Enacar, 2000).

Birdsall Holly Broadbent (1931) yaptığı çalışmalar sonucunda canlı bireylerden alınan radyografilerde, etkinlik ve standardizasyon açısından kranyometre yardımıyla kafatasından alınan ölçümlere eşdeğer duyarlılıkta sonuçlar alınabileceğini vurgulamış ve son şeklini 1931 yılında “Yeni Bir X Işın Tekniği ve Ortodontiye Uygulanması” adlı makalesinde ortaya koymuştur. Broadbent’in tekniği ile karşılaştırıldığında daha önceden yapılmış uygulamaların yetersiz kaldığı görülmüştür (Resim 2.5.).



**Resim 2.5.** Broadbent'in 1931 Yılındaki Sefalometrik Radyografi Düzenegi (Broadbent, 1931).

Sefalometrik radyograflar Lateral ve posteroanterior (frontal) sefalometrik radyograflar olarak ikiye ayrılmaktadır ve kullanımıyla; morfoloji ve gelişimin belirlenmesini, anomalinin teşhisini, tedavi planlamasını, tedavi sonucunun değerlendirilmesini, dental ve kraniyal yapılar arasındaki ilişkinin belirlenmesini, maloklüzyonun dişsel veya iskeletsel olduğunun tespit edilmesini sağlayan önemli bir klinik metottur (Moyers ve Bookstein 1979; Athanasiou 1997; Junqueira ve ark. 2015).

Posteroanterior sefalometrik radyograflar; transversal planda dental arkların kemik tabanlarıyla olan genişlik ve açılal ilişkisini, maksilla ve mandibulanın genişliğini ve transvers pozisyonunu, bilateral osseoz ve dental yapıların vertikal boyutta ilişkilerini değerlendirme, nazal kavite genişliğini belirleme ve bunlara ilave olarak vertikal ve transversal fasiyal asimetrielerin analizi imkanı sağlamaktadır (Ricketts 1981; Proffit ve White 1991; Cortella ve ark. 1997; Jacobson 2013).

Lateral sefalometrik radyograflar ile kraniyofasiyal yapıların anteroposterior ve dikey yönde büyüme gelişimi ve tedaviler ile meydana gelen değişiklikler değerlendirilebilmektedir. Elde edilen radyograflarda birçok anatomik yapıdan yararlanılarak nokta, doğru ve açılar elde edilmektedir. Bu ölçümler; hastanın ortodontik tedavi planlaması, tedavi seyrindeki değişimler ve tedavi bitiminde elde edilen sonuçlar hakkında bilgi vermektedir (Brodie 1941; Baumrind ve Frantz 1971; 141. McWilliam ve Welander 1978; Ricketts 1981; Shahidi ve ark. 2013; Akın ve ark. 2014).

Mandibular ilerletmeye yanıt olarak dil tabanı ve posterior farengeal duvar arasındaki solunum yolunda oluşan değişimleri, apareyin solunum yolunda meydana getirdiği gelişme ve iyileşmeleri izlemek için ve tedavi sonrasındaki hava yolunda oluşan değişikliklerin

değerlendirilmesinde de sefalometrik radyograf kullanılmaktadır (Knudson ve ark. 1992; Johal ve Battagel 2001; Kurtulmuş ve ark. 2007).

Sefalometrinin 1931 yılında ortodonti literatürüne girmesinden sonra birbiri ardına analiz yöntemleri geliştirilmiş ve araştırmacılar kendi adları ile anılan sefalometrik analiz yöntemlerini oluşturmuşlardır (Broadbent 1931; Tweed 1946; Downs 1948; Steiner 1953; Sasounni 1955; Ricketts 1960; Hasund 1974; Jacobson 1975; McNamara 1984). Sefalometrik analizler ile bir ortodontik anomalinin dental mi iskeletsel mi olduğu belirlenebilmektedir. Sefalometri çoğu kez subjektif olan klinik muayenenin aksine objektif bir yöntemdir (Cutrera ve ark. 2015).

Ricketts, sefalometrinin bu özelliklerini şu şekilde sıralamaktadır;

1. Durumun patolojik, fizyolojik veya anatomik mi olduğunu morfolojik tanımlama ile karakterize etmektedir.

2. Farklı bireylerde ya da aynı bireyin farklı yaşlarında (longitudinal veya sectional) karşılaştırma yapma imkânı sağlamaktadır.

3. Dental ve iskeletsel açıdan çene, alveol veya dişler düzeyinde çeşitli anatomik konumları sınıflandırmaktadır.

4. Hastaya, ebeveynlere ya da diğer meslektaşlarına hekimin klinikte belirlediği durumu iletmektedir (Ricketts 1960; Turhan 2009).

Ortodontik tanı amacıyla, aktif ortodontik tedavi sürecinde, pekiştirme tedavisi sırasında ve sonrasında olan değişimlerin değerlendirilmesinde, gelişim ve kalıtım incelemelerinde sefalometrik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra fasiyal form ve gelişim normları hakkında bilgi almak ve ortodontide teşhis ve planlamaya yardımcı olmak amacıyla da kullanılmaktadır (Ülgen 2010; Ajayi 2005).

Tanı ve tedavi planlaması açısından sınırlı olan imkanlar, sefalometrinin ortodontide kullanılmaya başlanmasıyla oldukça genişlemiş, yumuşak ve sert yapılar arasındaki ilişkiler derinlemesine incelenebilmiştir (Ceylan ve Gazilerli 1992). Bilgisayarlı sefalometrinin tanıtılmasından önce sefalometrik analiz yapılırken tüm açısal ve boyutsal ölçümler özel çizim kağıtları üzerinde anatomik noktaların belirlenmesinin ardından cetvel ve açıölçer

yardımla değerlendirilmekteydi. Bu manuel teknik zaman açısından bilgisayarlı sefalometri ile karşılaştırıldığında oldukça dezavantajlıdır (Uzel ve Enacar 2000).

Bilgisayarlı sefalometri, radyografda noktalar direkt olarak işaretlenip, saniyeler içerisinde ölçümler yapılabildiği için zaman açısından çok avantajlıdır. Bu işlem sayesinde anatomik noktaların belirlenmesi dışındaki ölçüm hatalarının elimine edilmesine de olanak sağlanmaktadır (Athanasίου 1997).

Keim ve ark. (2008)'nin yapmış olduğu anket çalışmasında, dijital radyografi ve bilgisayar destekli sefalometrik analiz sistemlerinin kullanımının yaygınlaştığı, buna karşın kliniğinde rutin olarak sefalometrik analiz uygulayan klinisyenlerin yüzdesinin azaldığı ve 1986 yılında %12,4 olarak belirlenen posteroanterior sefalometrik radyografların kullanımının 2008 yılında %5,5'e gerilediği görülmüştür.

Oh ve ark. (2014)'nin 12 erkek, 8 kadın toplam 20 hasta ile yapmış oldukları çalışmada, lateral sefalometride V-ceph sefalometrik analiz programı ve bilgisayarlı tomografide (CT) 3 boyutlu (3D) açısız, doğrusal parametreler ile düzlemsel olarak frankfurt horizontal düzlemi değerlendirilmiştir. Porion ve orbitale noktalarından geçen frankfurt horizontal düzleminin 4 farklı düzlem olarak 3D CT yöntemiyle belirlenmesi ile lateral sefalometride belirlenmesi arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür.

Sreelal ve ark. (2013), çalışmalarında yatay kondil açısının yaşla değişimini yarı ayarlanabilir artikülörde ve lateral sefalometrik radyografda (hem sentrik hem protrüziv oklüzyonda) değerlendirmişlerdir. 20 ila 60 yaş arasında ki 40 hasta üzerinde yapmış oldukları çalışmada yatay kondil açısında yaşla birlikte azalma olduğu ve bu azalmanın artikülör ve lateral sefalometrik radyograf arasında anlamlı bir fark göstermediği sonucuna varılmıştır.

Lateral sefalometrik radyograf ortodontik tedavinin yanısıra maksillofasiyal cerrahi, protetik tedavi gibi diş hekimliğinin birçok alanında ve medikal amaçlı olarak da kullanılmaktadır (Gaddam ve ark. 2015).

Eser ve ark. (2015)'nin çalışmalarında LeFort 1 osteotomili hastalarda otojen ve heterojen kemik grefti stabilitesi karşılaştırılmıştır. 80 hastadan (55 kadın, 25 erkek) alınan lateral sefalometrik radyograflar Dolphin yazılımı ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada greft

operasyonu sonrası iskeletsel nüks etme oranları çeşitli sefalometrik parametreler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Sefalometrik radyolojinin gelişmesiyle birlikte yüzlerce analiz metodu tavsiye edilmiş ve geliştirilmiştir. Bu analizler çoğunlukla fasiyal büyüme ve kraniyofasiyal kompleks ilişkisinin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır (Rubin 1997).

Ruel ve Bench (1963) ilk olarak servikal vertebraların büyümesini incelemişler ve servikal vertebralardaki büyümenin sefalometrik radyograflar ile ölçülebileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca yaklaşık 2 yaş civarında 1., 2. ve 3. servikal vertebralardaki (C1, C2, C3) morfolojilerin şekillendiği, daha sonra ise atlas ve aksis hariç tüm vertebraların kendilerinden bir üsttekine göre daha fazla büyüdüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar herhangi bir vertebra ile büyüme-gelişim tespiti yapmamışlardır.

El-bilek radyografilerinin yanısıra, sefalometrik radyograflardaki servikal vertebralardan kemik yaşı ve büyüme-gelişimin tespit edilebileceği ilk olarak Lamparski (1975) tarafından ortaya konulmuştur. Lamparski (1975) bu çalışmada servikal vertebralarda yapılan büyüme-gelişim tespitinin el-bilek radyografileri kadar güvenilir ve etkili olduğunu öne sürmüştür. Çalışmada lateral sefalometrik ve el-bilek radyografilerini kullanarak servikal vertebraların gelişim dönemleri ile el-bilek kemiklerinin gelişim dönemleri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve 2. vertebradan (C2) 6. vertebraya (C6) kadar servikal vertebraların gelişim dönemleri ile ilgili olarak hem kız hem de erkek bireyler için bir seri standart geliştirmiştir. Bu standartlara göre;

**Safha 1:** Bütün vertebraların alt sınırları düz, üst sınırları arkadan öne doğru belirgin şekilde eğimlidir. Vertebra şekilleri düzdür herhangi bir girinti yoktur.

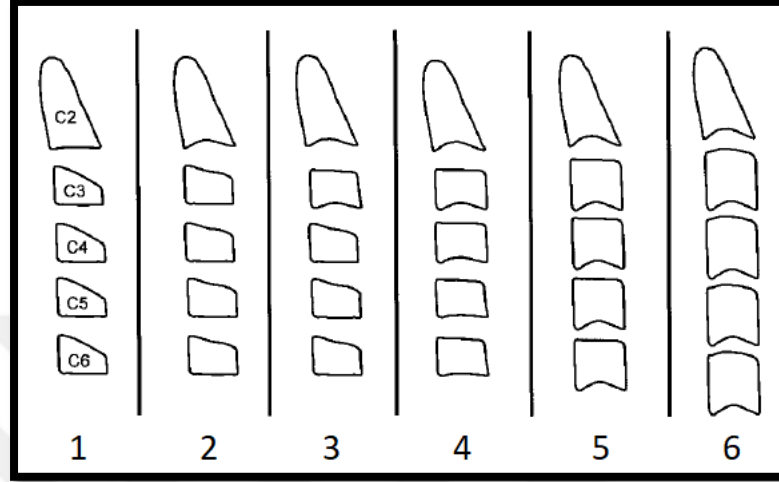
**Safha 2:** İkinci vertebranın (C2) alt sınırında bir içbükeylik oluşmaya başlamıştır. Vertebranın ön dikey yüksekliğinde artış vardır.

**Safha 3:** İkinci vertebraya (C2) benzer şekilde üçüncü vertebranında (C3) alt sınırında da bir içbükeylik oluşmaya başlamıştır. Diğer vertebra alt sınırları düzdür.

**Safha 4:** Vertebralar bu safhada tamamen dikdörtgen formuna benzer. Üçüncü vertebradaki (C3) içbükeylik artmış ve dördüncü vertebradaki (C4) alt sınırda ise belli bir içbükeylik oluşmuştur. Beşinci (C5) ve altıncı (C6) vertebraların ise içbükeyliği henüz başlangıç halinde bulunmaktadır.

**Safha 5:** Vertebralar hemen hemen kare şeklini almışlardır. Vertebralar arasındaki uzaklıklar önemli şekilde azalmıştır, altıncı vertebradaki (C6) içbükeylik oldukça sınırlıdır.

**Safha 6:** Bütün vertebraların dikey yüksekliği artmıştır. Yükseklikleri genişliklerinden daha fazladır, bütün içbükeylikler derinleşmiştir (Lamparski 1975) (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Lamparski Metodunun 6 Safhada Sınıflandırılması.

Lamparski yöntemi, daha sonra birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu konuda araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmalarda, iskeletsel olgunluk gelişimi esnasında vertebra gövdelerinde meydana gelen değişikliklerin büyüme-gelişim, kemik yaşı tayininde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (O'Reilly ve ark. 1988; Hellsing 1991; García-Fernandez ve ark. 1998; Küçükkeleş ve ark. 1999; Chatziagianni ve Halazonetis 2009; Franchi ve ark. 2000; Mito ve ark. 2002; San Román ve ark. 2002).

Hassel ve Farman (1995) tarafından geliştirilen bir diğer metotta, 8-18 yaşları arasında 220 bireyin ikinci, üçüncü ve dördüncü servikal vertebralarının (C2,C3 ve C4) gövdelerinde meydana gelen değişikliklere göre iskeletsel büyüme-gelişimi tanımlayan 6 safha oluşturulmuştur.

**1. Safha:** Başlangıç evresidir. Adolesan büyüme yeni başlar. %80 -100 oranına varan adolesan büyüme beklenir. C2, C3 ve C4 trapezoid şeklinde olup, üst sınırları arkadan öne doğru eğimlidir.

**2. Safha:** Hızlanma evresidir. Adolesan büyüme hızlanır. %65-85 oranında büyüme beklenir. C2 ve C3' ün alt sınırında içbükeylik başlar. C4'ün alt sınırı düzdür. C3 ve C4 ise dikdörtgene benzemeye başlar.

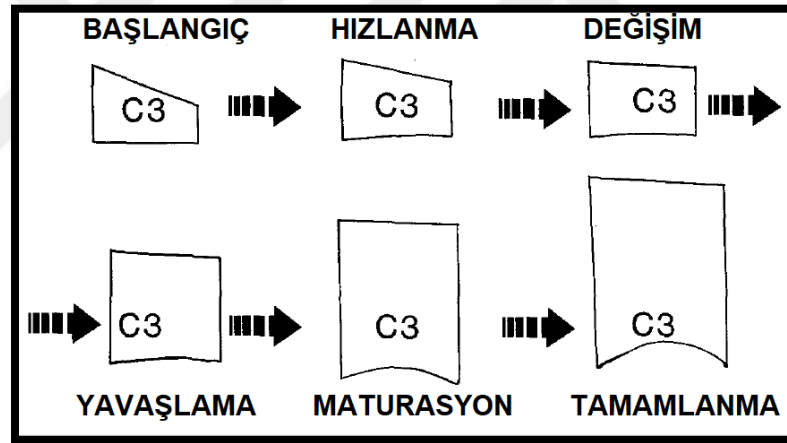


**3. Safha:** Değişim evresidir. Adolesan büyüme, tepe noktaya doğru hızla artar. %25-65 oranında adolesan büyüme beklenir. C2 ve C3 alt sınırlarında içbükeylikler belirginleşir. C4 alt sınırında içbükeylikler başlar. C3 ve C4 ise dikdörtgen şeklini alır.

**4. Safha:** Yavaşlama evresidir. Adolesan büyüme iyice yavaşlar. %10-25 oranında büyüme beklenir. C2, C3 ve C4'ün alt sınırlarında içbükeylikler belirginleşir. C3 ve C4 ise kareye benzemeye başlar.

**5. Safha:** Olgunluk evresidir. Adolesan büyüme fazla önemli değildir. %5-10 oranında büyüme beklenir. C2, C3 ve C4 alt sınırlarındaki içbükeylikler daha fazla belirginleşir. C3 ve C4 kare şeklini alır.

**6. Safha:** Tamamlanma evresidir. Adolesan büyüme tamamlanmıştır, büyüme beklenmez. C2, C3 ve C4 alt sınırlarındaki içbükeylikler iyice derinleşmiştir. C3 ve C4 kare şeklindedir ya da dikey boyutları yatay boyuttan daha fazladır. (Şekil 2.5.)



Şekil 2.5. Hassel Farman'a Göre C3 Vertebraındaki Değişim.

Baccetti ve ark. (2002), servikal vertebra gelişim dönemlerini “Servikal Vertebra Gelişim Safhaları-Cervical Vertebra Maturation Stage (CVMS)” olarak adlandırarak 5 evre belirlemişlerdir. Bu evreleme sisteminde C2, C3 ve C4'ün değerlendirildiği lateral sefalometrik radyograflar kullanılabilir. Safhalarda 1. ve 2. büyüme-gelişim aşamasının ayırt edilmesinin zor olduğu ve bu seviyelerin tek bir seviye olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

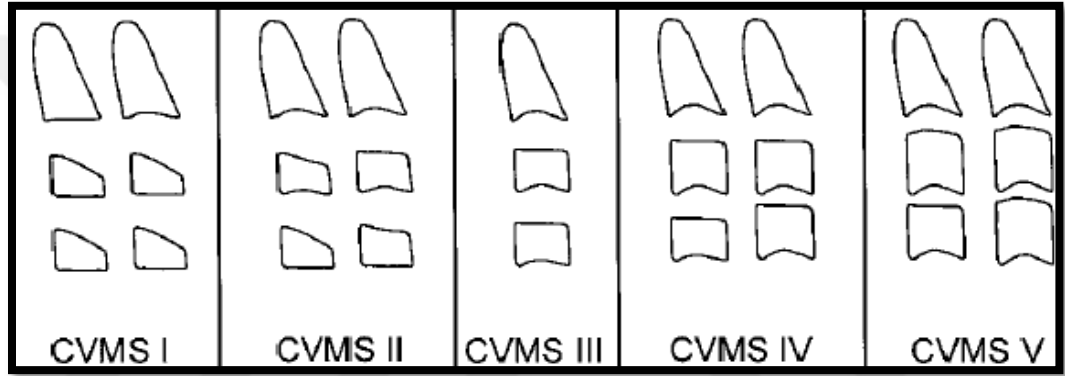
**CVMS I:** C2, C3 ve C4'ün alt sınırları düzken vakaların yarısında C2'nin alt sınırında içbükeylik görülebilir. C3 ve C4 trapezoid şeklindedir.

**CVMS II:** C2 ve C3 alt sınırında içbükeylik vardır. C3 ve C4 trapezoid şeklinde veya horizontal yönde dikdörtgen şeklindedir.

**CVMS III:** C2, C3 ve C4 alt sınırı içbükey hale gelmiştir. C3 ve C4 horizontal yönde dikdörtgen şeklindedir.

**CVMS IV:** C2, C3 ve C4 alt sınırı hala içbükeyken C3 ve C4'ün en az biri kare şeklini almıştır.

**CVMS V:** C2, C3 ve C4'teki içbükeylik devam ederken C3 veya C4'ten en az biri vertikal yönde dikdörtgen şeklindedir (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Baccetti (2002) Büyüme Gelişim Seviyeleri

Baccetti ve ark. (2005) tarafından kendi çalışmaları modifiye edilerek, C2, C3 ve C4 ün görülebildiği lateral sefalogramları değerlendirmede kullanılmıştır. Servikal vertebralara göre büyüme atılımı aşağıda belirtildiği gibi 6 evrede incelenmiştir;

**CVMS I:** İlk 3 vertebra'nın alt sınırı düzdür, C3 ve C4 trapezoid şeklindedir. Mandibular büyümedeki artış, bu basamaktan en az 2 yıl önce gerçekleşir.

**CVMS II:** C2'nin alt sınırında içbükeylik görülür, C3 ve C4 trapezoid şeklindedir. Fonksiyonel ortopedik tedaviler için en ideal safha olduğunu belirtmişlerdir. Mandibular büyümedeki artış, bu basamaktan en az 1 yıl sonra gerçekleşir.

**CVMS III:** C2 ve C3'ün alt sınırı içbükeydir, C3 ve C4 trapezoid veya horizontal dikdörtgen şeklindedir. Mandibular büyümedeki artış, bu basamaktan sonraki bir yıl içinde gerçekleşir.

**CVMS IV:** C2, C3 ve C4'ün alt sınırında içbükeylik oluşmuştur. C3 ve C4 hala horizontal yönde dikdörtgen şeklindedir. Mandibular büyümedeki artış, bu basamaktan 1 yıl önce meydana gelir.

**CVMS V:** C2, C3 ve C4'ün alt sınırında içbükeylik devam eder. C3 ve C4 vertikal yönde dikdörtgen şeklindedir. Mandibular büyümedeki artış, bu basamaktan en az 1 yıl önce sona ermiştir.

**CVMS VI:** C2, C3 ve C4'ün alt sınırındaki içbükeylik halen mevcuttur. C3 ve C4 servikal vertebranın gövdelerinden en az birisi vertikal yönde dikdörtgen şeklindedir. Mandibular büyümedeki artış bu basamaktan en az 2 yıl önce sona ermiştir.

O'Reilly ve Yanniello (1988), çalışmalarında servikal vertebral olgunlaşma aşamalarını 6 safhada incelemişlerdir.

**1. Safha:** Tüm servikal vertebraların alt sınırı düzdür.

**2. Safha:** C2'nin alt sınırında içbükeylik vardır.

**3. Safha;** C3'ün alt sınırında içbükeylik vardır.

**4. Safha:** C2 ve C3'te içbükeylik artar, C4, C5 ve C6 da içbükeylik görülür.

**5. Safha:** Tüm vertebralarda içbükeylik artar ve kare şeklini alırlar.

**6. Safha:** Tüm vertebralarda derin içbükeylik görülürken, genişliklerine göre boy uzunlukları artar. San Roman ve ark. (2002), servikal vertebral olgunlaşma basamaklarını O'Reilly ve Yanniello (1988)'nin çalışmalarına benzer şekilde sınıflandırmışlardır.

#### **2.2.3.3.1. Servikal Vertebralar:**

##### **2.2.3.3.1.1. Servikal Vertebraların Embriyolojisi:**

İnsan embriyosunun iskeletini “kordo dorsalis” erken dönemde yapar. Embriyonel hayatın ikinci ayına başlarken vertebral taslaklar mezenkim tarafından meydana getirilir. Mezenkim öncelikle kıkırdak dokusu olarak gelişir ve ikinci ayın sonuna gelindiğinde tüm vertebraların taslakları kıkırdaklaşır. Processus dorsalisin (arka çıkıntılar) birleşmesi ise dördüncü ayın sonuna gelindiğinde tamamlanır ve böylece tüm yüzeyleri kapalı olacak şekilde vertebral kanal meydana gelir. Bu sırada intervertebral diskuslar, intervertebral

aralıklardaki yumuşak embriyonel bağ dokusundan gelişerek meydana gelmeye başlar. Notochord da denen chordo dorsalis vertebra gövdelerinin bulunduğu yerde sıkıca sarılarak kaybolur. Chordo dorsalis erişkinde diskus intervertebralis bölgesinde kalır ve “nucleus pulposus” un meydana gelmesini sağlar. Transvers çıkıntılar ve eklem çıkıntıları ise embriyonel hayatın ikinci ayının ortalarında meydana gelmektedir. En son arka çıkıntıların birleştiği yerde spinal çıkıntılar oluşmaktadır (Taylor 1975; Knoefel 1999; Persaud ve Moore 2002).

Vertebralar embriyonel hayatın 3. ayında kemikleşmeye başlamaktadır. Os coccygis haricindeki bütün vertebralarda embriyonun 5. ayında kemikleşme noktaları görülmektedir. Kemikleşme bölgeleri bebek doğduğunda oldukça büyümüş, ancak bu bölgelerde birleşme meydana gelmemiştir. Kemikleşme bölgelerini birbirinden kırıkdak parçaları ayırmaktadır. Bebek dünyaya geldikten sonra vertebraların kemikleşmesi yavaş yavaş devam etmektedir. Kemikleşmenin tamamen bitmesi ise 20-22 yaşlara kadar sürmektedir (Knoefel 1999; Persaud ve Moore 2002).

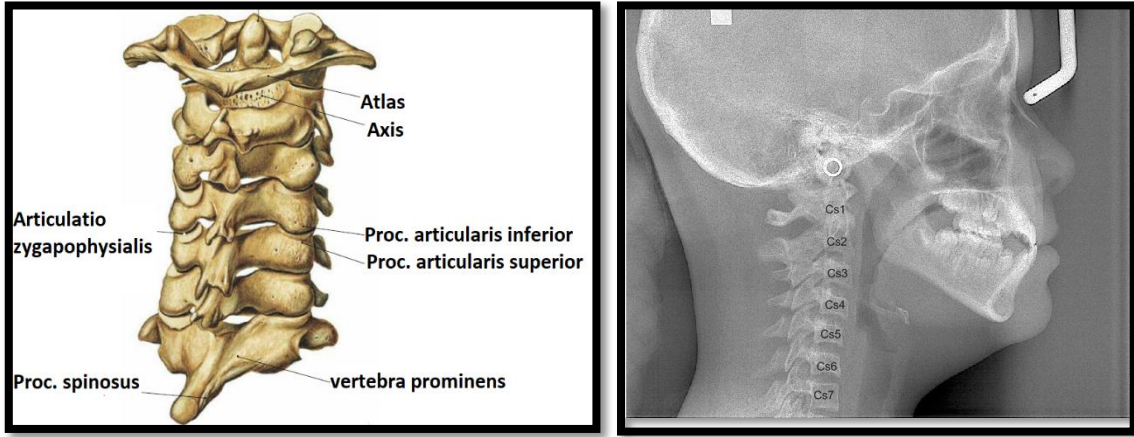
Vertebranın inferior ve superior yüzeyindeki kartilajenöz tabaka vertebral büyümenin meydana geldiği yerdir. Kartilaj yüzeyler kemikleşirken bir yandan vertebra progresif olarak kemikleşir. Bundan dolayı vertebral gövdelerindeki büyümenin longitudinal olarak olduğu ve uzun kemiklerdeki gibi büyüdükleri düşünülmektedir ayrıca vertebral gövdelerdeki üst ve alt yüzey büyüme miktarlarının eşit gerçekleştiği saptanmıştır (Vilman 1983).

Sekonder kemikleşme merkezleri pubertal süreçte transvers proses ve spinoz proses uçlarında gözlenmektedir ve vertebral büyüme tamamlandığında bunlar spinoz proses ile kaynaşmaktadır. Periostal apozisyon vertebral gövdelerin büyümesi ile endrokondral kemikleşmenin tamamlanmasından sonra oluşmaktadır. Vertebra gövdeleri yaşla birlikte şekil değişikliğine uğramaktadır. Vertebraların şekilleri sırasıyla trapezoid, yatay dikdörtgen, kare ve dikey dikdörtgen olarak değişmektedir. İskelet yaşı arttıkça da gövdenin dikey ölçümleri horizontal ölçümlerinden fazla olmaktadır. Ayrıca iskelet yaşı arttıkça servikal vertebraların alt kenarlarında içbükeylik meydana gelmektedir (Lamparski 1975).

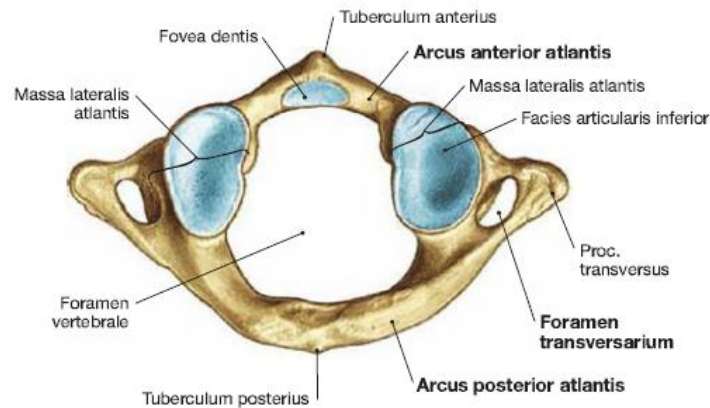
#### **2.2.3.3.1.2. Servikal Vertebraların Anatomisi:**

7 adet Servikal vertebra bulunmaktadır (Resim 2.6.). Omurganın boyun kısmında bulunan servikal vertebraların gövdelerinin görevi başın ağırlığını taşımaktır. Bundan dolayı

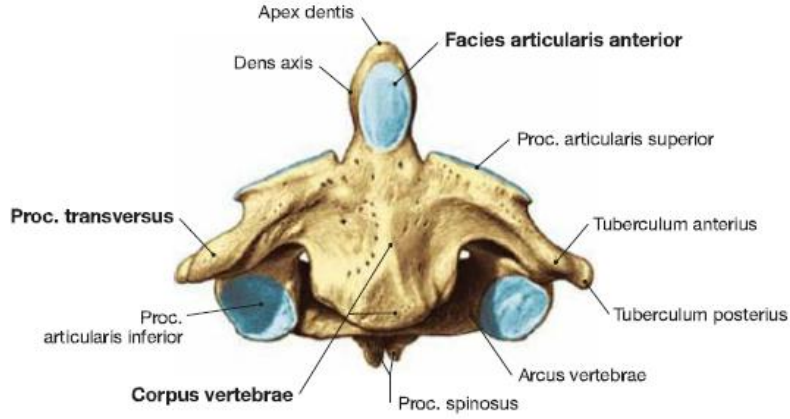
servikal vertebraların gövdeleri diğer vertebraların gövdelerine oranla daha küçük ve incedir (Arıncı ve Elhan 1993).



Atlas (C1) ve aksis (C2) ilk iki servikal vertebra olup diğerlerinden farklıdır. Diğer 5 servikal vertebra ise büyük benzerlik göstermektedir. Atlasın en karakteristik özelliği gövdesinin olmamasıdır (Resim 2.7.). Anterior ve posterior arklar ile yan parçalardan oluşan bir halka şeklindedir. Yan parçalar kafanın ağırlığını tamamen taşımaktadır ve atlasda bu parçalar gövde yerini tutmaktadırlar. Diğer vertebralardan bir diğer farkı da spinoz prosesi bulunmamaktadır, bunun yerine “tüberkulum posterius atlantis” denilen bir kabartı mevcuttur. Yan parçalar üst yüzeyinde oksipital kemikle eklem yapar ve bu bölgede geniş konkav eklem yüzeyleri bulunmaktadır. Yan parçalar alt yüzde ise aksis ile eklem yapmaktadır (Naderi ve ark. 2003).

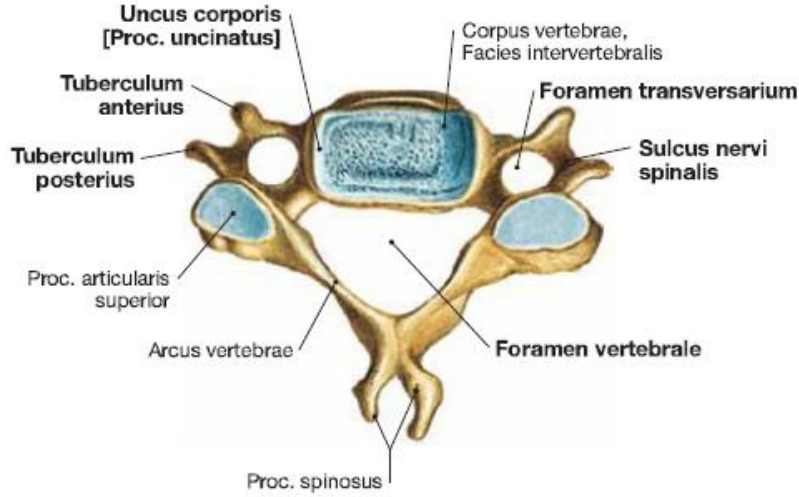


Aksis ikinci servikal vertebradır ve şekil bakımından atlasa diğer beş servikal vertebraya göre daha çok benzemektedir. En ayırt edici özelliği gövdenin üst yüzündeki yukarıya doğru yaklaşık 2 cm uzunluğu bulunan çıkıntısıdır. “Dens” olarak adlandırılan bu yüzeyde yan taraflarından atlasın alt yüzeyleri ile eklem yapan bölgeleri bulunmaktadır. Spinoz proses aksiste kısa olmakla birlikte şekil olarak diğer servikal vertebralardaki spinoz proseslere oldukça benzemektedir (Resim 2.8.).

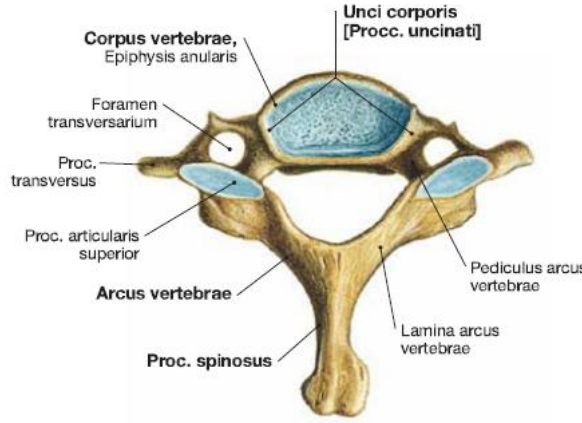


**Resim 2.8.** Aksis (Sobatta Atlas of Human Anatomy 2013).

Üçüncü ve dördüncü servikal vertebraların (C3,C4) temel parçasını gövdesi ve kavsi (arcus vertebralis) oluşturmaktadır. Ayrıca bu vertebraların arcus vertebralisten kaynak alan ve farklı yönlere doğru uzanan çıkıntıları bulunmaktadır. Arkaya doğru uzanan çıkıntıya “Spinoz proses” adı verilmektedir. Uzunlukları ve şekilleri omurganın çeşitli parçalarında çok değişikendir (Resim 2.9.). Yedinci servikal vertebranın (C7) en temel farklılığı göğüs omurlarına benzemesidir ve bu özelliği ile diğer boyun omurlarından ayrılmaktadır. Spinal çıkıntısı tıpkı göğüs omurlarınıninki gibi çatalsız ve uzun olarak izlenmektedir (Resim 2.10.) (Arıncı 1993; Drake ve ark. 2011).



**Resim 2.9.** Dördüncü Servikal Vertebra (Sobatta Atlas Of Human Anatomy 2013).



**Resim 2.10.** Yedinci Servikal Vertebra (Sobatta Atlas Of Human Anatomy 2013)

### 2.3. Büyüme-Gelişim Tespitinde Güncel Yaklaşımlar

Büyüme-gelişim kemik yaşı tespitinde 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 (Aja-Fernandez ve ark 2004; Buken ve ark. 2007).

Zhang ve ark. (2007), 0-7 yaş arasında bulunan 205 bireyin kemik yaşı tespitinde el-bilek radyografilerindeki karpal kemikleri kullanmışlar ve bulanık mantık ile çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarında karpal kemiklerin bu yaş grubundaki çocuklarda kemik yaşının değerlendirilmesinde uygun olduğunu göstermiştir.

Jantan ve ark. (2010), el-bilek radyografilerindeki radius ile ilgili özellikler belirlenerek bulanık mantık kaynaklı kemik yaşı tespiti için bir sistem sunmuşlardır. Sonuç olarak 14 yaş altı çocuklarda kemik yaşını belirlemede radiusun önemli bir etken olduğunu belirtmişlerdir.

Hasaltın ve Beşdok (2004), 2-9 yaş arası 307 çocuğun karpal kemiklerini yapay sinir ağları kullanarak incelemişlerdir ve Türk bireylere ait kemik yaşı tayini için yarı otomatik bir sistem geliştirmişlerdir.

El-bilek radyografileri üzerinde yapılan bu çalışmaların yanısıra son yıllarda özellikle puberte döneminde sefalometrik radyograflar ile görüntülenen servikal vertebralardan yapılan büyüme-gelişim tayininin el-bilek radyografileri kadar etkin olduğu, bu yöntemin hastalara ek bir radyasyon dozu verilmemesi açısından el-bilek radyografisine göre belirgin avantaj taşıdığını bildirmişlerdir (San Roman ve ark. 2002; Gandini ve ark. 2006; Özer ve ark. 2006; Alkhal ve ark. 2008; Chatzianni ve Halazonetis 2009; Wong ve ark. 2009; Joshi ve ark. 2010; Sachan ve ark. 2011; Durka-Zazac ve ark. 2013).

Vertebralar ile yaş tayini yapılırken regresyon analiziyle yarı otomatik sistemler geliştirilmiştir. Mito ve ark. (2002), çalışmasında yaşları 7,0-14,9 arasında değişen ve her birinde 22 kız bireyin lateral sefalometrik radyograflarının incelendiği 8 yaş grubu oluşturmuşlardır. Toplamda 176 kız bireyden regresyon analizi yöntemiyle kemik yaşı tayini yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda sefalometrik radyograflardan yapılan kemik yaşı tayininin TW2 metoduyla yapılan el-bilek kemik yaşı tayini kadar güvenilir olduğu ve bu yöntemle yapılan kemik yaşı tayininin daha objektif olduğu bildirilmiştir.

Beit ve ark. (2013), tedavi edilmemiş 352 erkek, 378 kız (6-18 yaş) bireylerin radyografilerini (sefalometri ve el-bilek) incelemişlerdir. El-bilek radyografilerinde iskelet yaşı GP yöntemine göre tespit edilmiş ve C2-C4 arasındaki vertebralar morfometrik olarak ölçülerek GP yöntemi ile korelasyonu test edilmiştir. Korelasyon analizleri ve regresyon modelleriyle servikal vertebral morfoloji değerlendirmesinin diğer iskelet yaşı değerlendirmelerin yerini alamayacağını belirtmişlerdir.

#### **2.4. Yapay Zekâ Teknikleri**

İnsan zekâsı ile ilgili zihinsel fonksiyonların incelenerek bunlardan bir formül geliştirmeyi ve bunları yapay sistemlerle kullanmayı amaçlayan araştırma alanına yapay zekâ



denilmektedir. Yapay zekâ yöntemlerine son yıllarda oldukça ilgi gösterilmektedir bu yöntemlerle; algılama, bilgi edinme, düşünme, görme ve karar verme gibi insan zekasına özgü işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Yapay zekâ teknikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- **Uzman sistemler:** Bilgiler arasında ilişkiler kurularak bir uzman gibi problemlerin belirlendiği ve problemlere çözümler üreten sistemlerdir. Uzmanlık bilgisi ile donatılır ve kararlar çıkarım mekanizmaları ile verilmektedir.

- **Yapay sinir ağları:** Öğrenmeye dayalı sistemlerdir. Örnekler arasındaki ilişkiyi kurarak daha sonra hiç görmediği yeni örnekler hakkında öğrendikleri bilgileri kullanarak yeni bilgiler hakkında karar veren sistemlerdir.

- **Genetik algoritmalar:** Çözümeyen problemleri geleneksel optimizasyon teknolojisini kullanarak çözen sistemlerdir. Daha iyi çözümleri problemlerin çözümlerini birleştirerek üretme felsefesine dayanan sistemlerdir.

- **Bulanık önermeler mantığı:** Kesin rakamlar ile ifade edilemeyen belirsiz bilgileri işleyerek karar vermeyi kolaylaştıran sistemlerdir.

- **Zeki etmenler:** Birden fazla yapay zekâ tekniklerini kullanarak bağımsız çalışabilen sistemlerdir. Programlama yapılırken esnek davranılır (Öztemel 2003).

#### 2.4.1. Yapay Sinir Ağları Tanımı ve Tarihçesi

Bilgisayarlar artık günlük hayatımızda vazgeçilmez bir yere sahiptir. Bilgisayarların insanlar gibi hem öğrenebilmesi hem de karar verebilmesiyle kullanım alanları oldukça genişlemiştir. Matematiksel olarak zor olan ve formülle gösterilemeyen problemlerin yapay zekâ yöntemleri ile bilgisayarlar tarafından çözülebilmesi, uygulamalar açısından kolay bir durum haline gelmiştir. Yapay zekâ, bilgisayar denetimli bir makinenin ya da bilgisayarın genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan; geçmiş deneyimlerden anlam çıkartma, akıl yürütme, genelleme ve öğrenme gibi yüksek zihinsel aktivitelerle ilişkili görevleri yapması olarak tanımlanmaktadır (Nabiyev 2003; Yasav 2008).

Yapay zekâ uygulamalarının en temel özelliği, olaylara ve problemlere çözümler üretirken aynı zamanda karar verebilmesidir (Elmas 2003). Bu karar mekanizmalarından biri de yapay sinir ağlarıdır (Yeloğlu ve Uğur 2004).

Yapay sinir ağı (YSA) insan beyni taklit edilerek geliştirilmiştir. Yapay sinir ağı, başka bir tanımlamayla biyolojik sinir ağlarının bilgisayar programları tarafından taklit edilmesidir (Elmas 2003). Sinir ağı teorisini ilk olarak Donald Hebb tanıtmıştır. Nörolog olan Hebb, beynin öğrenme mekanizmasıyla alakalı çalışmalar yapmıştır. İlk olarak beyindeki iki sinir hücrelerinin birbirleriyle uyumunu incelemiş ve sinir ağı ile ilgili teorisini bu temele dayandırmıştır. Yapay sinir ağı ise Hebb' in ortaya attığı biyolojik sinir ağını taklit eden bilgisayar programlarıdır. Şu an gündelik hayatta kullanılan ve %99 başarı oranlarına varan birçok yapay sinir ağı modellemesi mevcuttur. Bu modellemeler bilgisayar dünyasında “np karmaşık” veya “çözumsuz” olarak tanımlanan problemlerin çözümünü hedeflemekte ve bir bölümünü tamamen çözmektedir (Fausett 1994).

YSA'lar ağırlıklandırılmış şekilde birbirine bağlanmış birçok işlem biriminden oluşan sistemlerdir. Nöral hesaplamanın temelinde dağıtılmış, doğrusal olmayan işlem kavramı vardır. Normal işlemcilerden farklı olarak çalışırlar. Normal işlemcilerde, tek bir işlemci her işlemi sırasıyla seri bir şekilde yapmaktadır. YSA'da ise paralel çalışan çok sayıda basit işlem biriminden oluşmaktadır (Yasav 2008).

YSA'nın avantajları; hızlı olması, insan sinir sistemi gibi problemleri çözebilmek için öğrenebilme özelliğinin bulunması, paralel çalışan karmaşık işlevleri basit şekilde çözebilmesidir. YSA'nın bir başka üstünlüğü de ayrı ayrı elemanlarda meydana gelen hasarın, analiz başarısında ciddi bir düşüşe yol açmamasıdır. Halbuki bilgisayarın herhangi bir işlem elemanını yerinden almak onu etkisiz bir makinaya dönüştürmektedir. Nöral hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem birimlerinin birbiri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir (Bozüyük 2005; Yasav 2008).

Yapay sinir ağı insan zekâsı gibi örneklerle eğitilirler. Ağlar ne kadar çok örnekle eğitilirse problem üzerindeki teşhisi o kadar doğru olmaktadır. Öğrenme genel olarak iki grup içinde kategorize edilmektedir. Bunlar denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenme olarak adlandırılmaktadır (Arslan ve İnce 1995).

Denetimli öğrenme, giriş vektörlerinin data setini ve ağı eğitmek için çıkış vektörlerinin cevabını kullanmaktır. Ağırlık matrisi, toplam ağırlık hatasının kabul edilebilir hatadan daha büyük olduğu sürece güncelleştirilir. Örneğe ait çıkış değeri ile ağırlık değeri karşılaştırılarak ağırlık hatası bulunur. Bu hata kabul edilebilir seviyeye gelinceye kadar, yapay sinir ağı nöronları arasındaki ağırlıkları değiştirerek iterasyona devam edilir. Ağırlık

eğitilmesine olanak sağlayan data setine “eğitim seti” denir. Bir ağın eğitilmesi sırasında, bağlantı ağırlıklarını ayırmadan çoğu zaman data setinin aynısı işlenir. Bu tőr eğrenmede, ağa sadece giriş veri grubu verilir, çıkış değerleri verilmez. Ağdan bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değerleri üretecek şekilde kendisini uygun ağırlıklarla düzenlemesi istenir. Bu eğitimde nöron ağının ortam ile karşılıklı ilişkisi minimuma indirilir (Bressloff ve Weir 1991).

Ağın eğrenmesi sonucu elde edilen ağırlık grubu kullanılarak ağa belirli bir probleme ait giriş değerleri verilir ve bu probleme çözüm getirmesi istenir. Burada verilen giriş değerleri daha önceden ağa verilmeyen değerler olmalıdır (Fırat ve Güngör 2004).

#### **2.4.2 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı**

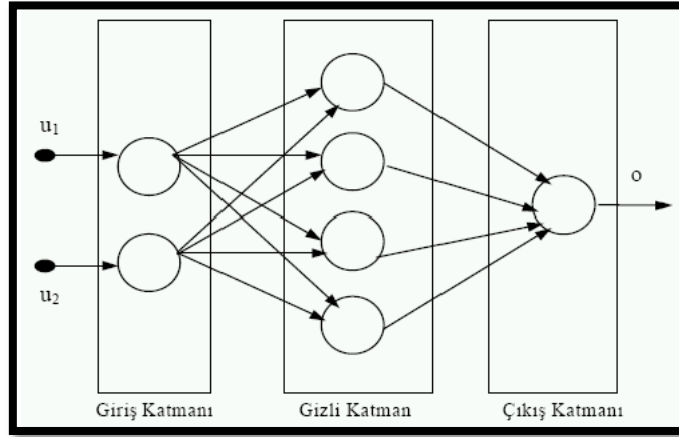
Yapay sinir ağı, kendisini oluşturan tüm yapay sinir hücrelerinin çeşitli katmanlarda birbiriyle paralel bağlantılar kurup bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Yapay sinir hücreleri, biyolojik bir sistemi matematiksel olarak modelleyerek oluşurlar (Aydın, 2005). Yapay sinir hücresinde girdi  $X_1, X_2, \dots, X_n$  gibi kendine ait ağırlıklarla çarpılarak toplanır ve daha sonra aktivasyon fonksiyonuna iletilirler. Aktivasyon fonksiyonuna gelen ileti işlenerek ıkıya dnştirlr (Öztemel 2003).

YSA üç katmandan oluşmaktadır:

1. Girdi katmanı
2. Gizli katman
3. ıktı katmanı

Girdi katmanı ve çıktı katmanı tektir. Gizli katman sayısı ise yapay sinir ağının yapısına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Girdi katmanı veri gruplarının ağa sunulduğu terminallerdir ve gizli katman arasındaki bağlantı, mevcut bağlantının ağırlığı ile çarpılıp gizli katmana iletilmesi ile gerçekleşmektedir. Gizli katman ağın temel tabakasıdır. Bazı ağlarda birden fazla gizli tabaka vardır. Gizli tabakanın sayısı ve tabakalardaki nöron sayısı değişkendir, tamamen ağı belirleyenin kontrolündedir ve tecrübesine bağlıdır. Gizli katmandaki nöronlarda aynı şekilde gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki bağlantılar ağırlıkları ile çarpılıp çıktı katmanına iletilmektedir. ıktı katmanı ağın en  tabakasıdır, nöronlara gelen girişleri toplayarak uygun bir çıkış üretirler. Bağlantılardaki ağırlık değerleri

öğrenme aşamasında belirlenmektedir (Şekil 2.8.) (Fırat ve Güngör 2004; Efe ve Kaynak, 2000).



Şekil 2.7. İleri Beslemeli Bir Yapay Sinir Ağı Yapısı (Fırat ve Güngör 2004)

YSA, hücrelerin bağlanma şekline göre “ileri beslemeli” ve “geri beslemeli” olarak ikiye ayrılmaktadır (Slaughter 2003).

#### 2.4.2.1. İleri Beslemeli Ağlar:

Veriler tek yönlüdür ve girdi birimlerinden çıktı birimlerine ileri doğru devam etmektedir. Nöronlar katmanlar şeklindedir ve bir katmandaki nöronların çıkışları ağırlıklar üzerinden bir sonraki katmana giriş olarak verilir. Bir önceki katmana ve/veya aynı katmandaki nöronlar arasında bağlantı yani geri besleme aşaması yoktur (Slaughter, 2003). İleri beslemeli yapay sinir ağlarının en tipik şekli nöron modeli oluşturulan katmanların ardışık biçimde bir araya getirilmesi sonucu kurulabilir. İleri beslemeli YSA’da hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Uygulamalarda genelde ileri beslemeli ağlar tercih edilmektedir (Fırat ve Güngör 2004).

#### 2.4.2.2. Geri Beslemeli Ağlar:

Veriler tek yönlü değildir. İleriye doğru değil aynı zamanda geriye doğru da veri akışı olabilmektedir. Geri besleme aynı katmanda ve farklı katmanlardaki hücreler arasında olabileceği gibi nöronlar arasında da olabilir (Slaughter 2003).

### 2.4.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

YSA en yoğun olarak örnek tanıma ve tahmin etmede kullanılmaktadırlar (Yasav 2008). Günümüzde yapay sinir ağları; bilgisayar, elektronik, inşaat, endüstri ve jeoloji mühendisliğinde, robotik uygulama, imalat ve kalite kontrolü, üretim işlem kontrolünde, iktisat, ekonomi, otomasyonda, elektronik devre tasarımı, askeri olarak radar sinyallerinin tespitinde, silah üretiminde, hedef tanıma ve izleme teknolojilerinde, kaynakların kullanımını optimize etmede ve uzaktan algılanmasında hava yolları ve ücret düzenlemesinde, çeşitli zekâ problemlerinin çözümünde, kredi riski değerlendirmesinde optik algılama gibi birçok alanda kullanılmıştır (Arslan ve İnce 1995; Fırat ve Güngör 2004; Bozüyük 2005).

Tıpta sağırılar için ses analizinde, ameliyat görüntüleme sistemlerinde, ilaçların yan etkilerinin belirlenmesinde, epileptik felcin nedenlerini anlamada, EKG ve EEG gibi işaretlerin incelenmesinde, solunum hastalıklarının teşhisinde, hastalıkların teşhisi ve resimlerden tanımlanmasında, organ nakli uygulamalarında en iyi zamanın belirlenmesinde kullanılmaktadırlar (Bozüyük 2005; Yasav 2008).

Diş hekimliğinde ise yapay sinir ağları ile ilgili yapılan oldukça az çalışma mevcuttur. Görler ve Akkoyun (2017), dental implantlara alternatif değerlendirme metodu olarak kayıp dişlerin boyutlarının tahmini için 120 hasta üzerinden bir çalışma yapmışlar ve yapay sinir ağlarının implantların boy ve genişlikleri için öngörü imkânı verebileceği sonucuna varmışlardır.

Seok-ki ve Tae-Woo (2016), yapay sinir ağı öğrenimi kullanılarak ortodontik çekimlerin teşhisi için yapay bir zekâ sistemi oluşturmak ve bu modelin performansını değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmalarında 156 hastada yapay zekâ uygulamalarının ortodonti için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmışlardır.

Kositbowornchai ve ark. (2013), vertikal kök kırıklarının belirlenmesinde yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Çalışmalarında 200 diş üzerinde tasarlanan nöral ağı dikey kök kırığı tespiti için yeterli duyarlılığa, özgüllüğe ve doğruluğa sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda servikal vertebralardan büyüme-gelişim tespitinde yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Diş hekimliğinde tanı için önemli olan radyografik değerlendirme yazılımları günümüz bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ile birlikte hızla gelişmektedir.

Tez çalışmamızda, “Yapay Zekâ Yöntemleri İle Büyüme Gelişim Dönemlerinin Tespiti” uygulaması, servikal vertebralardan veri seti oluşturularak, yapay zekâ alanında oldukça popüler bir algoritma olan yapay sinir ağı (YSA) yardımı ile vakaların büyüme-gelişim dönemlerinin belirlenmesi, cinsiyet ayrımlarının tespiti ve büyüme-gelişim tayininde oluşabilecek gözlemciler arası farklılıkların ve gözlemcilerin farklı zamanlardaki değerlendirmelerinde gözlenebilecek tutarsızlıkların minimuma indirilmesi hedeflemiştir.



### **3. GEREÇ VE YÖNTEM**

#### **3.1 Gereç**

Tez çalışmamızın veri seti Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'na muayene ve/veya tedavi amacıyla başvurmuş, el-bilek ve sefalometrik radyografları alınmış, 8-17 yaş arasındaki bireylerden oluşmaktadır. Retrospektif çalışmamız her maturasyon seviyesinde bir grup ve her grupta 35 kız 35 erkek olacak şekilde toplam 420 hasta üzerinde planlanmıştır. Ancak, çalışmamız esnasında 3.maturasyon safhasındaki bir bireyin çalışma grubumuza dahil olmadığı tespit edilerek 419 hasta ile çalışmamız tamamlanmıştır.

Araştırma için gerekli etik kurul onayı Necmettin Erbakan Üniversitesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurulu'nun 08.02.2017 tarih ve 2017/02 sayılı kararı uyarınca (Bkz. Ek A) alınmıştır.

Çalışmamıza kemik gelişimine engel olabilecek herhangi bir rahatsızlık geçirmiş, sistemik herhangi bir hastalığa ve sendroma sahip olan, büyüme-gelişim geriliği bulunan, karaniofasiyal büyümeyi engelleyebilecek anomalisi olan, endokrin ve/veya beslenme bozukluğu gözlenen, uzun süreli enfeksiyöz hastalık geçirmiş olan, baş-boyun ve el-bilek bölgesinde konjenital ve/veya sonradan gelişen bir malformasyonu bulunan, anne ve/veya babası Türk olmayan, radyografilerinde anatomik varyasyon veya deformasyon gözlenmiş olan bireyler dahil edilmemiştir.

Ortodontik tedavi görmemiş bireylerin radyografları çalışmaya dahil edilmiş ve kullanılan radyografların; standart olmasına, aynı cihazda aynı gün çekilmesine, net olmasına artefakt bulundurmamasına özellikle dikkat edilmiştir.

#### **3.2. Yöntem**

Çalışmamızın yöntemini 5 ana başlıkta inceleyebiliriz;

1. Veri setinin oluşturulması: Çalışmaya dahil edilecek mevcut kriterlerimize uygun; sefalometrik ve el-bilek radyografilerin seçilmesi.
2. Verilerin klasifikasyonu: Sefalometrik ve el-bilek radyografilerinden bireylerin büyüme-gelişim dönemlerinin belirlenmesi.

3. Sefalometrik vertebral ölçümler: Vertebralar üzerinde referans noktaları tespit edilerek horizontal ve vertikal ölçümlerin yapılması.
4. YSA kullanımı: Sayısal verilerin, oluşturulan ara yüzde işlenmesi.
5. Sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması.

Çalışmamızda kullanılan sefalometri ve el-bilek radyografları, Morita Veraviewepocs 2D (Morita MFGCOR, Kyoto, Japonya) markalı cihaz ile, 65 kV 10 mA ve 4,9 sn ışınlama ile çekilmiştir.

El-bilek radyografları alınırken:

- Bireyin sol elindeki saat, yüzük ve bilezik gibi aksesuarlar çıkartılmış, elin parmakları hafif açık ve avuç içi kasete doğru olacak şekilde yerleştirilerek radyografların standart olmasına,
- Ulna ve radius kemiklerinin distal uçlarının filmde görüntülenmesine ve parmakların filmde taşmamasına dikkat edilmiştir.

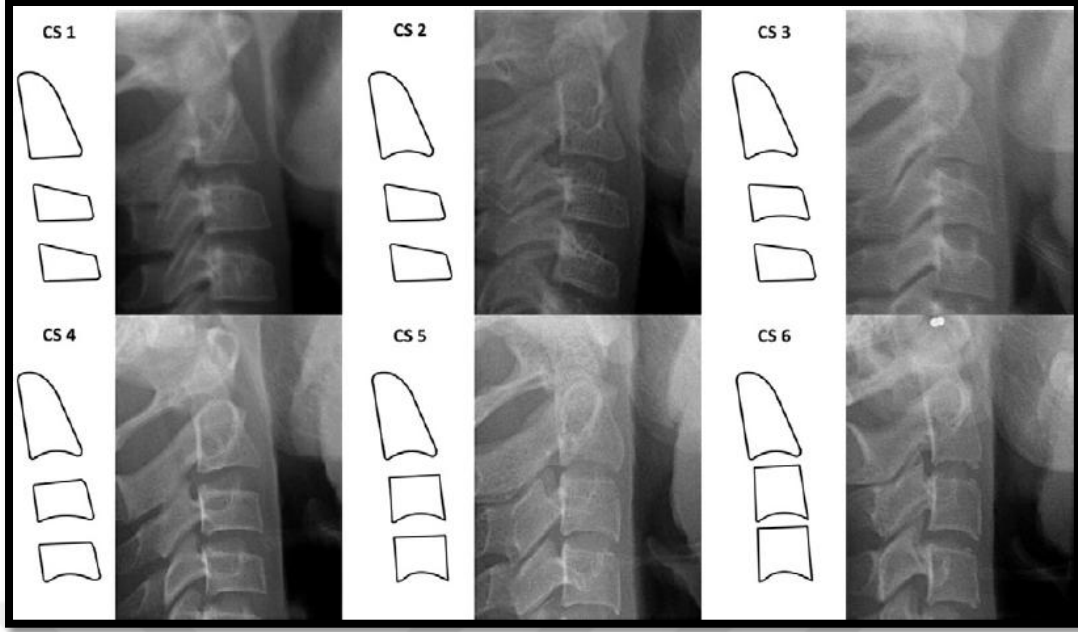
Araştırma kapsamına alınan bireylerin el-bilek radyograflarında büyüme-gelişim dönemlerinin tespiti için 11 safhalı Fishman maturasyon indikatörleri kullanılmıştır.

Sefalometrik radyograflar alınırken;

- Obje ile ışın kaynağı arası 150 cm
- Obje-film mesafesi 12,5 cm
- Sagittal düzlem film düzlemine paralel ve yere dik
- Frankfurt horizontal düzlemi yere paralel
- Hastanın kapanışı sentrik ilişkide olarak ayarlanmıştır.

Hastanın pozisyonunun stabilizasyonu sefalostat ile sağlanmıştır. Merkezi ışın ayarlanırken film kaseti merkezinin ve sefalostattaki kulak çubuklarının aynı ekseninde bulunmasına dikkat edilmiştir. Merkezi ışın doğrultusu dış kulak yoluna doğrudur ve filme dik olacak şekilde yere paralel olarak gönderilmiştir. Bireylerin sefalometrik radyograflarında büyüme-gelişim dönemlerinin tespiti için 6 safhalı Hassel ve Farman metodu kullanılmıştır (Şekil 3.1.). Hassel ve Farman'ın belirlediği metottan farklı olarak 5. vertebra da değerlendirmeye alınmıştır.





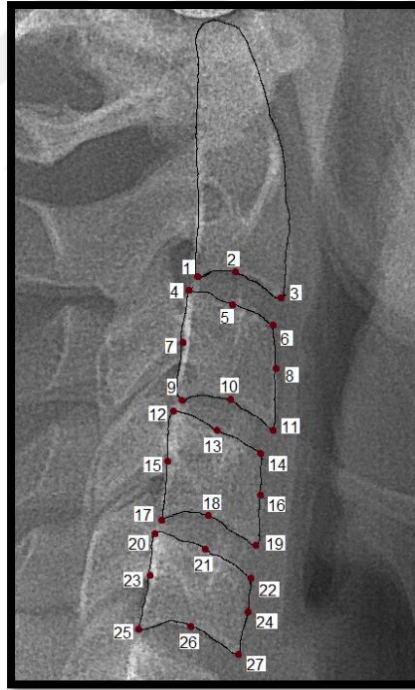
**Resim 3.1.** Servikal Vertebraların Büyüme-Gelişim Aşamaları (Chen 2010).

### 3.2.1 Sefalometrik Radyograf Üzerinde İşaretlenen Vertebral Referans Noktaları:

Görüntülerin değerlendirilmesi ASUS K53s markalı, 1366x768 ekran çözünürlüğe sahip monitörde yapılmıştır. Elde edilen sefalometrik radyograflar Corel çizim programına (Corel corporation, Kanada) aktarılarak vertebralar üzerinde referans noktaları işaretlenmiştir. Radyografi görüntüleri %150 oranında büyütülerek noktalama ve ölçme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan noktalar aşağıdaki gibi isimlendirmekte ve tanımlanmaktadır;

1. **C2ap:** İkinci vertebranın alt posterior köşesindeki noktadır.
2. **C2d:** İkinci vertebranın alt kenarındaki konkavitenin en derin noktasıdır.
3. **C2aa:** İkinci vertebranın alt kenarının anterior noktasıdır.
4. **C3up:** Üçüncü vertebranın üst kenarının posterior noktasıdır.
5. **C3uo:** Üçüncü vertebranın üst kenarının orta noktasıdır.
6. **C3ua:** Üçüncü vertebranın üst kenarının anterior noktasıdır.
7. **C3oa:** Üçüncü vertebranın anterior kenarının orta noktasıdır.
8. **C3op:** Üçüncü vertebranın posterior kenarının orta noktasıdır.
9. **C3ap:** Üçüncü vertebranın alt kenarının posterior noktasıdır.
10. **C3d:** Üçüncü vertebranın alt kenarındaki konkavitenin en derin noktasıdır.
11. **C3aa:** Üçüncü vertebranın alt kenarının anterior noktasıdır.
12. **C4up:** Dördüncü vertebranın üst kenarının posterior noktasıdır.
13. **C4uo:** Dördüncü vertebranın üst kenarının orta noktasıdır.

14. **C4ua:** Dördüncü vertebranın üst kenarının anterior noktasıdır.
15. **C4oa:** Dördüncü vertebranın anterior kenarının orta noktasıdır.
16. **C4op:** Dördüncü vertebranın posterior kenarının orta noktasıdır.
17. **C4ap:** Dördüncü vertebranın alt kenarının posterior noktasıdır.
18. **C4d:** Dördüncü vertebranın alt kenarındaki konkavitenin en derin noktasıdır.
19. **C4aa:** Dördüncü vertebranın alt kenarının anterior noktasıdır.
20. **C5up:** Beşinci vertebranın üst kenarının posterior noktasıdır.
21. **C5uo:** Beşinci vertebranın üst kenarının orta noktasıdır.
22. **C5ua:** Beşinci vertebranın üst kenarının anterior noktasıdır.
23. **C5op:** Beşinci vertebranın posterior kenarının orta noktasıdır.
24. **C5oa:** Beşinci vertebranın anterior kenarının orta noktasıdır.
25. **C5ap:** Beşinci vertebranın alt kenarının posterior noktasıdır.
26. **C5d:** Beşinci vertebranın alt kenarındaki konkavitenin en derin noktasıdır.
27. **C5aa:** Beşinci vertebranın alt kenarının anterior noktasıdır (Resim 3.2).



Şekil 3.1. Sefalometrik Radyografıta Vertebralarda İşaretlenmiş Noktalar.

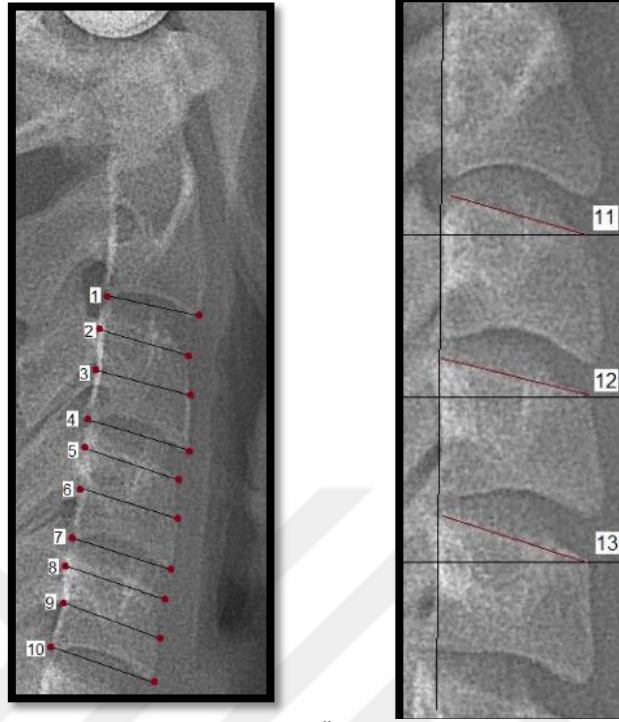
### 3.2.2. Sefalometrik Radyograflar Üzerinde Vertebralarda Gerçekleştirilen Lineer Ölçümler

#### Vertebral Horizontal Ölçümler:

Vertebra gövdelerinin anterior ve posterior sınırı üzerindeki orta noktalarından bir doğru çizilerek, bu doğru “x” düzlemine paralel hale getirilmiştir. Horizontal ölçümler bu doğruya paralel olarak ölçülmüştür. Yapılan horizontal ölçümler aşağıdaki gibidir;

1. **C2ap-C2aa:** İkinci vertebranın alt posterior ve anterior noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
2. **C3up-C3ua:** Üçüncü vertebranın üst posterior ve anterior noktalarını birleştiren ve aşağıda tanımlanan C3ho doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
3. **C3ho:** Üçüncü vertebranın posterior ve anterior orta noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
4. **C3ap-C3aa:** Üçüncü vertebranın alt posterior ve anterior noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
5. **C4up-C4ua:** Dördüncü vertebranın üst posterior ve anterior noktalarını birleştiren ve aşağıda tanımlanan C4ho doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
6. **C4ho:** Dördüncü vertebranın posterior ve anterior orta noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
7. **C4ap-C4aa:** Dördüncü vertebranın alt posterior ve anterior noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
8. **C5up-C5ua:** Beşinci vertebranın üst posterior ve anterior noktalarını birleştiren ve aşağıda tanımlanan C5ho doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
9. **C5ho:** Beşinci vertebranın posterior ve anterior orta noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
10. **C5ap-C5aa:** Beşinci vertebranın alt posterior ve anterior noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
11. **C3up-C3ua-eğim:** Üçüncü vertebranın üst posterior ve anterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.
12. **C4up-C4ua-eğim:** Dördüncü vertebranın üst posterior ve anterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.

**13. C5<sup>up</sup>-C5<sup>ua</sup>-eğim:** Beşinci vertebranın üst posterior ve anterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.



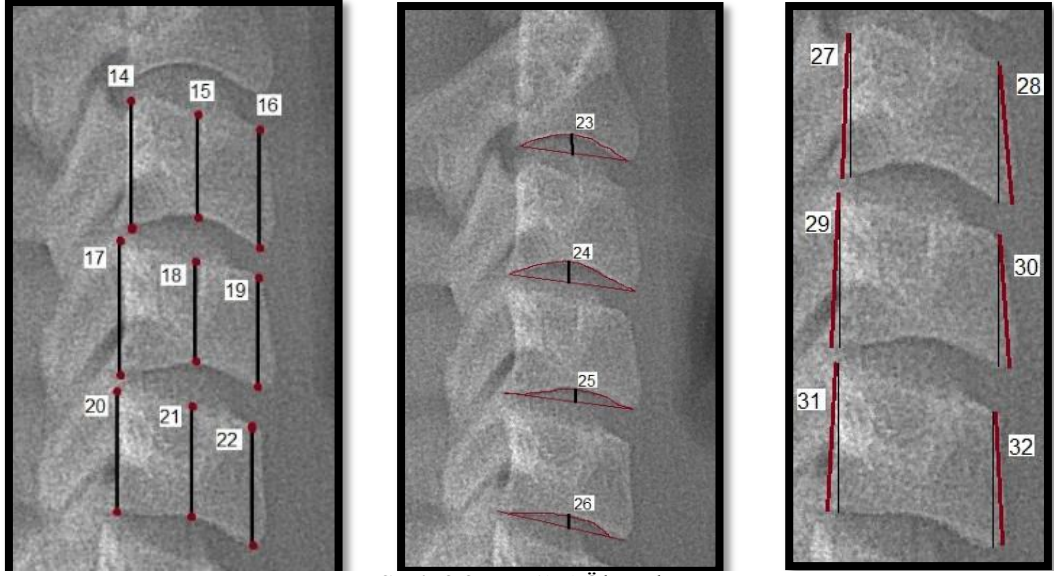
Şekil 3.2. Horizontal Ölçümler

#### Vertebral Vertikal Ölçümler:

C3, C4 ve C5 gövdelerinin üst ve alt sınırı üzerindeki orta noktalarından bir doğru çizilerek, bu doğru “y” düzlemine paralel hale getirilmiştir. Vertikal ölçümler bu doğruya paralel olacak şekilde ölçülmüştür. Yapılan vertikal ölçümler aşağıdaki gibidir;

- 14. C3<sup>up</sup>-C3<sup>ap</sup>:** Üçüncü vertebranın üst ve alt posterior noktalarını birleştiren ve aşağıda tanımlanan C3<sup>vo</sup> doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
- 15. C3<sup>vo</sup>:** Üçüncü vertebranın üst ve alt orta noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
- 16. C3<sup>ua</sup>-C3<sup>aa</sup>:** Üçüncü vertebranın üst ve alt anterior noktalarını birleştiren ve yukarıda tanımlanan C3<sup>vo</sup> doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
- 17. C4<sup>up</sup>-C4<sup>ap</sup>:** Dördüncü vertebranın üst ve alt posterior noktalarını birleştiren ve aşağıda tanımlanan C4<sup>vo</sup> doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
- 18. C4<sup>vo</sup>:** Dördüncü vertebranın üst ve alt orta noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.

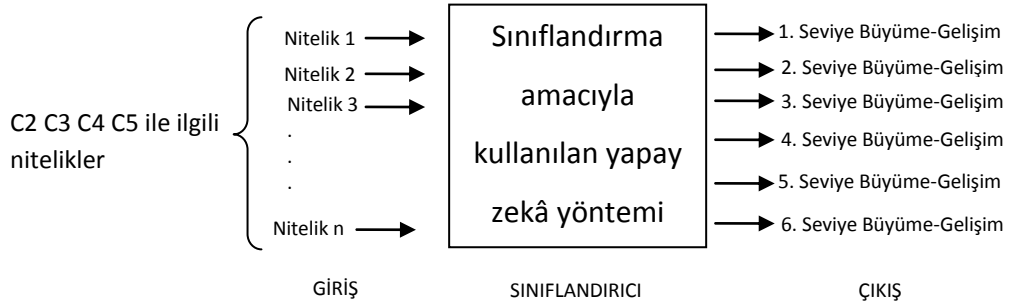
19. **C4ua-C4aa:** Dördüncü vertebranın üst ve alt anterior noktalarını birleştiren ve yukarıda tanımlanan C4vo doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
20. **C5up-C5ap:** Beşinci vertebranın üst ve alt posterior noktalarını birleştiren ve aşağıda tanımlanan C5vo doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
21. **C5vo:** Beşinci vertebranın üst ve alt orta noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun lineer ölçümü.
22. **C5ua-C5aa:** Beşinci vertebranın üst ve alt anterior noktalarını birleştiren ve yukarıda tanımlanan C5vo doğrusuna paralel çizilen doğrunun lineer ölçümü.
23. **C2D:** C2ap-C2aa doğrusunun C2d noktasına olan dik uzaklığının ölçümü.
24. **C3D:** C3ap-C3aa doğrusunun C3d noktasına olan dik uzaklığının ölçümü.
25. **C4D:** C4ap-C4aa doğrusunun C4d noktasına olan dik uzaklığının ölçümü.
26. **C5D:** C5ap-C5aa doğrusunun C5d noktasına olan dik uzaklığının ölçümü.
27. **C3up-C3ap-eğim:** Üçüncü vertebranın üst ve alt posterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.
28. **C3ua-C3aa-eğim:** Üçüncü vertebranın üst ve alt anterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.
29. **C4up-C4ap-eğim:** Dördüncü vertebranın üst ve alt posterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.
30. **C4ua-C4aa-eğim:** Dördüncü vertebranın üst ve alt anterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.
31. **C5up-C5ap-eğim:** Beşinci vertebranın üst ve alt posterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.
32. **C5ua-C5aa-eğim:** Beşinci vertebranın üst ve alt anterior noktalarını birleştiren doğrunun lineer ölçümü.



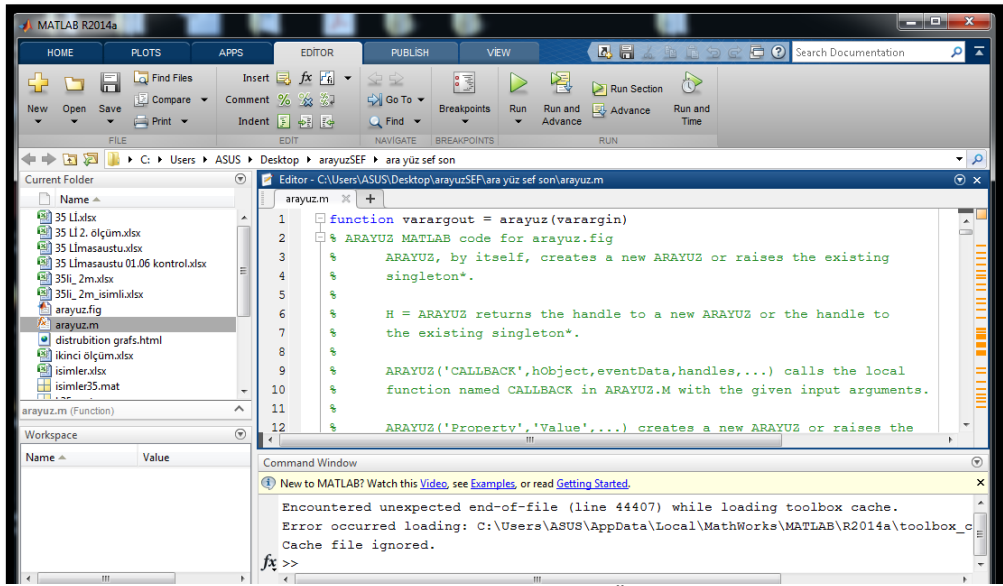
Şekil 3.3. Vertikal Ölçümler

### 3.2.3. Arayüz ve Verilerin İşlenmesi

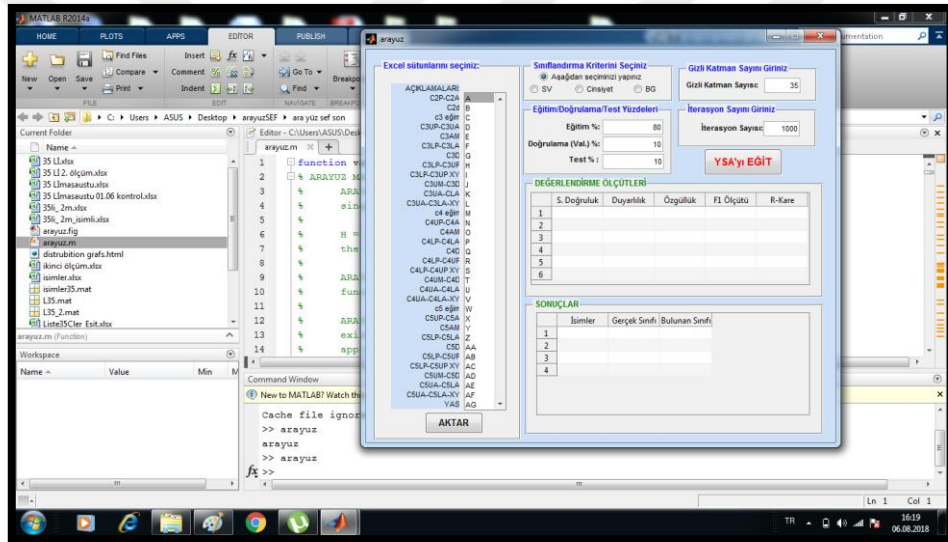
Tasarım için kullanıcıların tüm işlemlerini yapabileceği karmaşık olmayan bir sayfa tasarlanması hedeflenerek YSA için Matlab 2014a programından bir arayüz geliştirilmiştir. (Resim3.2., Resim 3.3., Resim 3.4., ve Resim 3.5.) Büyüme-gelişim tahminininin YSA yardımı ile gerçekleştirilmesindeki akış diyagramı şekil 3.4’de verilmiştir.



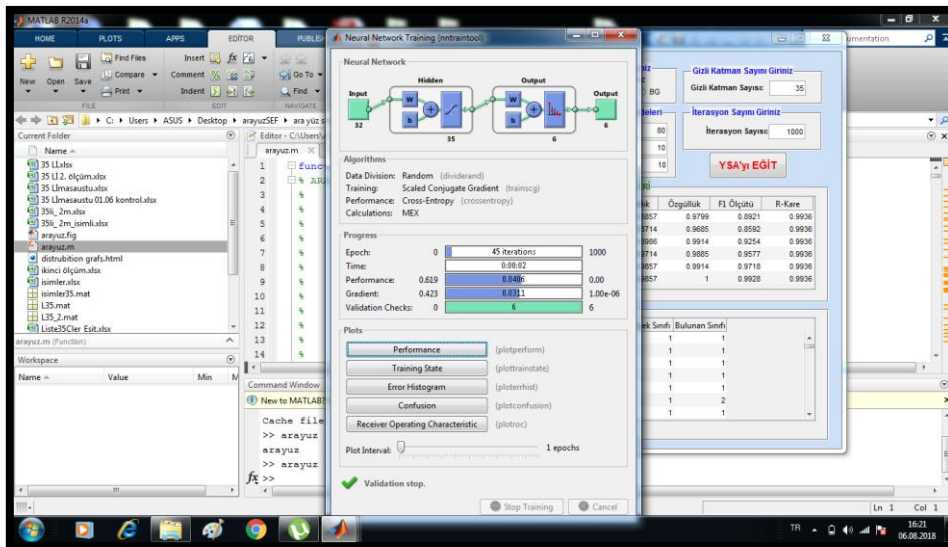
Şekil 3.4. Büyüme-Gelişim Tespitinde Yapay Sinir Ağı Aşamaları



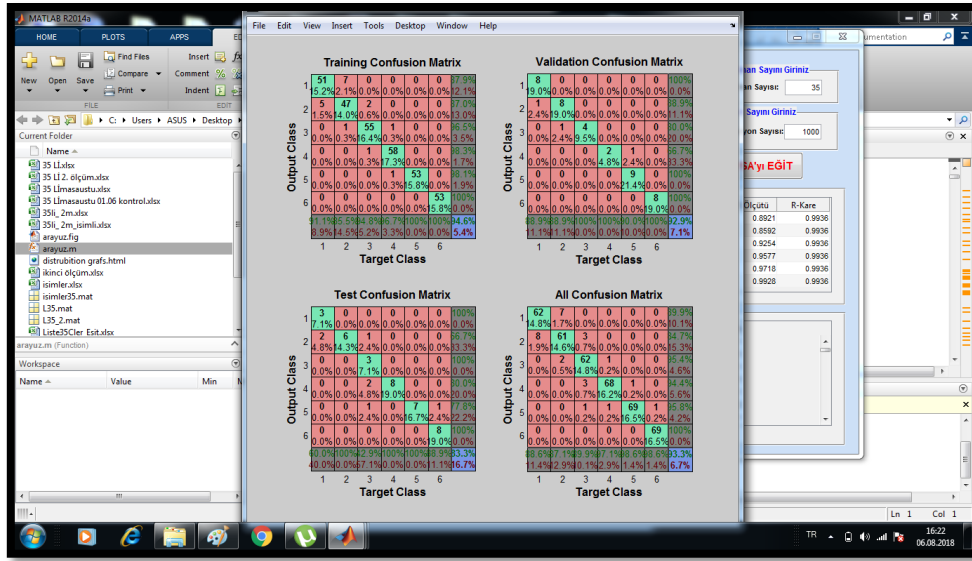
Resim 3.2. Matlab Programının Önyüzü



Resim 3.3. Matlab Programının Arayüzü



Resim 3.4. Matlab Programının Çalışma Ekranı



Resim 3.5. Matlab Programının Sonuç Ekranı

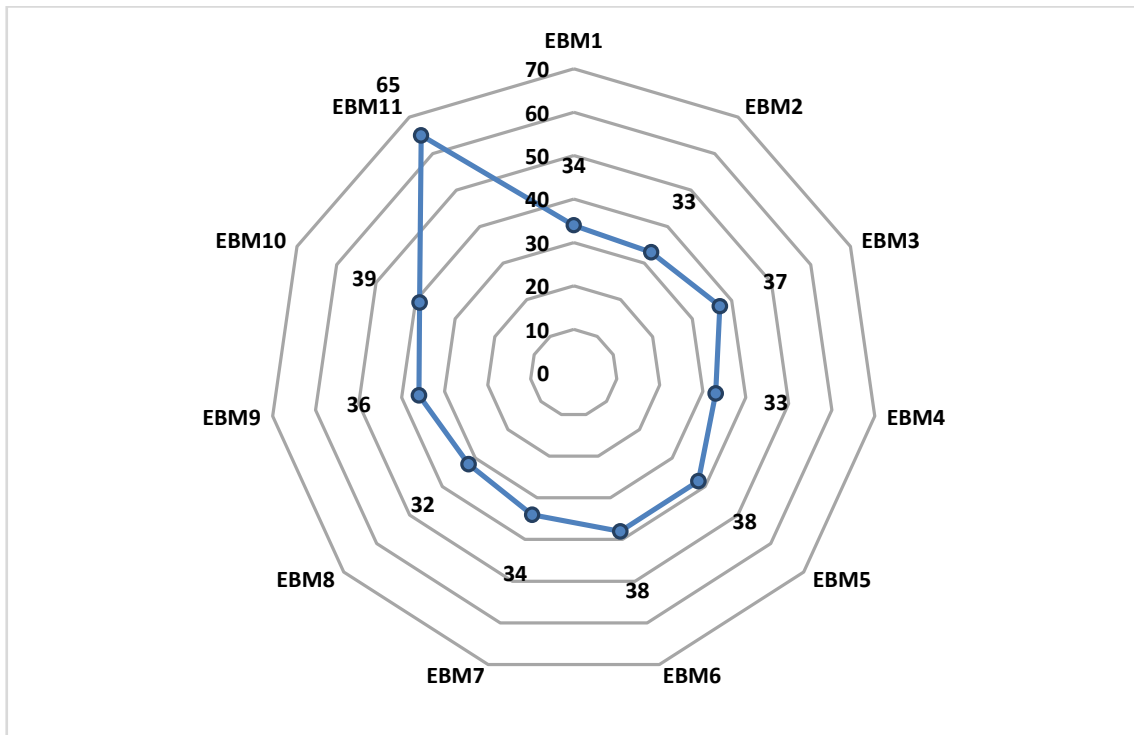
### 3.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmanın istatistiksel analizleri MS Office Excel 2016, SPSS 20.0 (IBM Inc., Chicago, IL, USA) ve MATLAB 2014 programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Verilere ait tanımlayıcı ölçüler hesaplanmıştır. Kategorik veriler frekans ve yüzde oranı, sayısal veriler ise ortalama±SS (medyan) şeklinde tablolar kullanılarak sunulmuştur. El-bilek maturasyon seviyesi, servikal vertebra maturasyon seviyesi ve yaş, arasındaki ilişkiler için Spearman's Rho Sıra Korelasyon analizi kullanılmıştır. Maturasyon seviyelerine göre karşılaştırmalarda Kruskal-Wallis (K-W) analizi ve K-W istatistiğine ait ikili karşılaştırma yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca el-bilek ve servikal vertebra maturasyon seviyeleri, vertikal ve horizontal ölçümler, yaş ve cinsiyet bilgileri kullanılarak tahmin modelleri oluşturulup Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi ile analiz edilmiştir. MATLAB programında kod yazılarak tahmin modeline ait doğruluk, özgüllük, duyarlılık ve F1 ölçütü değerleri hesaplanmıştır. Verilerin %80'i eğitim (training), %10'u sınama (test) ve geriye kalan %10 luk bölümü ise validasyon kümesi olarak ayrılmıştır. Anlamli bulunan sonuçlar ilgili grafikler ile görselleştirilmiştir. Çalışmanın tamamında Tip-I hata değeri %5 alınarak  $p < 0,05$  değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



#### 4. BULGULAR

Retrospektif olarak planlanmış çalışmamız dahilinde 419 hastaya ait bilgiler değerlendirilmiştir. Cinsiyet oranlarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Kadın hasta sayısı erkeklerden bir kişi fazladır. Yaş aralığı 9 ile 17 yıldır (102 – 212 ay). Tüm bireylere ait yaş ortalaması ve medyan değeri  $163,74 \pm 26,53$  (164) ay olarak hesaplanmıştır. Servikal vertebra için toplam 6 seviye, el-bilek maturasyonu için toplam 11 seviye ölçümü yapılmıştır. 3. seviye haricinde tüm servikal vertebra seviye gruplarında hasta sayısı 70 olup, 3. seviyeye ait hasta sayısı 69 idi. El-bilek maturasyon seviyelerinde 32 ile 39 arasında değişen hasta sayısı olmakla birlikte yalnızca 11.seviye grubunda 65 (%15,5) hasta mevcuttue (Şekil 4.1.).



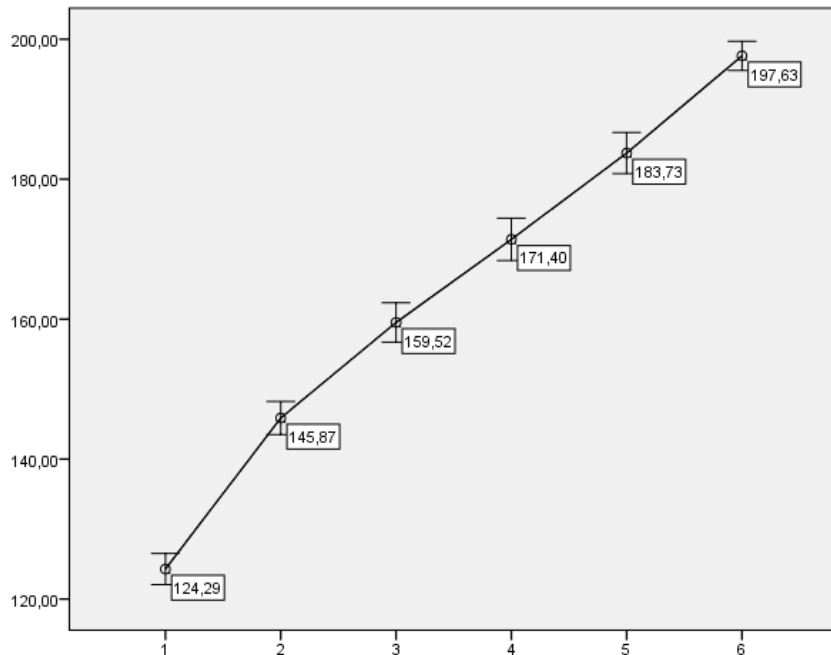
Şekil 4.1. El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Hasta Sayıları

Servikal vertebra seviyelerine göre hem erkek hem de kadın bireylerin yaşları arasında anlamlı düzeyde fark mevcuttur ( $p < 0,001$ ). Ayrıca her bir vertebra seviyesine ait yaş ortalamaları arasında da anlamlı farklılık vardır. İlk vertebra seviyesinde yaş ortalaması 124,28 ay olurken 6.seviyede 197,62 aya kadar yükselmiştir (Şekil 4.2). Tüm bireylere ait ortalama yaş ise 163,74 aydır. Erkek bireylerin yaş ortalaması 172,89 ay iken kadın bireylerde 154,64 ay olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). El-bilek büyüme-gelişim seviyelerine göre de yaş değerleri anlamlı farklılığa sahiptir ( $p < 0,001$ ). Genel olarak ortalama ile medyan değerleri uyumlu ve birbirlerine yakın bulunmuştur (Şekil 4.3). İlk el-bilek büyüme-gelişim seviyesindeki bireylerin yaş ortalaması 120,38 ay ve sonrasında 11.seviyede 197,87 aya kadar

ulaşmıştır. Erkek bireylerde 205, kadın bireylerde 190 aya kadar yaş değerleri artış göstermiştir (Tablo 4.2.).

**Tablo 4.1.** Servikal Vertebra Seviyelerine Göre Erkek ve Kadın Bireylerin Yaş Değerleri (p<0,001\*)

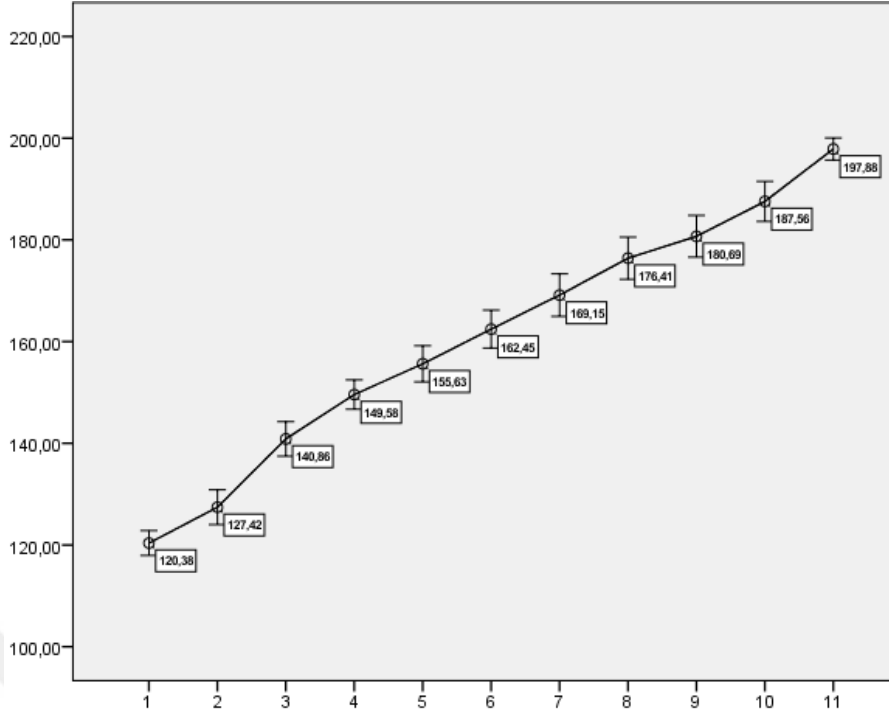
Servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesi		Yaş (ay)			
Erkek	n	Ortalama±SS	Medyan	Aralık	p
1	35	131,25±7,15	124	34	<0,001*
2	35	153,57±6,13	146	24	
3	34	170,00±6,16	157	20	
4	35	182,48±6,01	172	21	
5	35	195,22±4,18	185	14	
6	35	204,74±4,69	198	19	
Toplam	209	172,89±25,66	164	97	
<b>Kadın</b>					
1	35	117,31±5,23	118	26	<0,001*
2	35	138,17±6,37	140	23	
3	35	149,34±4,79	150	17	
4	35	160,31±6,27	162	23	
5	35	172,22±4,49	172	20	
6	35	190,51±5,45	192	19	
Toplam	210	154,64±24,19	153	97	
<b>Genel</b>					
1	70	124,28±9,38	124		<0,001*
2	70	145,87±9,93	146		
3	69	159,52±11,75	157		
4	70	171,40±12,72	172		
5	70	183,72±12,35	185		
6	70	197,62±8,76	198		
Toplam	419	163,74±26,53	164		



**Şekil 4.2.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Yaş Dağılımı

**Tablo 4.2.** El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Erkek ve Kadın Bireylerin Yaş Değerleri  
( $p < 0,001^*$ )

El-bilek büyüme-gelişim seviyesi		Yaş (ay)			
Erkek	n (%)	Ortalama±SS	Medyan	Arahk	p
EBM 1	16	126,06±3,90	127	15	<0,001*
EBM 2	18	134,88±5,56	136	19	
EBM 3	18	149,88±5,21	150	18	
EBM 4	17	156,47±4,54	157	18	
EBM 5	18	165,83±5,53	165	15	
EBM 6	18	173,94±2,46	174,5	10	
EBM 7	18	179,55±4,18	179,5	15	
EBM 8	17	186,47±4,61	188	13	
EBM 9	17	192,82±3,53	192	12	
EBM 10	20	198,45±3,01	198,5	14	
EBM 11	32	205,21±4,27	206	15	
<b>Kadın</b>					
EBM 1	18	115,33±4,98	117	20	<0,001*
EBM 2	15	118,46±4,12	118	16	
EBM 3	19	132,31±4,84	132	17	
EBM 4	16	142,25±2,76	142	10	
EBM 5	20	146,45±3,50	146,5	12	
EBM 6	20	152,10±2,63	151,5	8	
EBM 7	16	157,43±4,35	156	13	
EBM 8	15	165,00±2,42	164	9	
EBM 9	19	169,84±3,38	170	13	
EBM 10	19	176,10±5,34	175	21	
EBM 11	33	190,75±5,47	192	20	
Toplam	419	163,74±26,53	164	110	
<b>Genel</b>					
EBM 1	34 (8,1)	120,38±7,01	119		<0,001*
EBM 2	33 (7,9)	127,42±9,63	127		
EBM 3	37 (8,8)	140,86±10,19	140		
EBM 4	33 (7,9)	149,57±8,12	147		
EBM 5	38 (9,1)	155,63±10,79	152		
EBM 6	38 (9,1)	162,44±11,33	156		
EBM 7	34 (8,1)	169,14±11,96	173		
EBM 8	32 (7,6)	176,40±11,49	180		
EBM 9	36 (8,6)	180,69±12,12	175		
EBM 10	39 (9,3)	187,56±12,08	193		
EBM 11	65 (15,5)	197,87±8,77	198		



Şekil 4.3. El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Yaş Dağılımı

El-bilek büyüme-gelişim seviyelerine göre vertebra seviyelerinin dağılımları incelenmiştir. Her iki seviye arasındaki dağılım önemli düzeyde anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,001$ ). El-bilek büyüme-gelişim seviyesi ilerledikçe vertebra seviyelerinin de arttığı gözlenmiştir. Oluşturulan çapraz tabloda düşük el-bilek seviyesinde yüksek seviye servikal vertebra veya tam tersi şekilde ilgili hücrelerde eleman olmadığı görülmüştür (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. El-bilek ve Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyeleri Arasındaki Dağılım

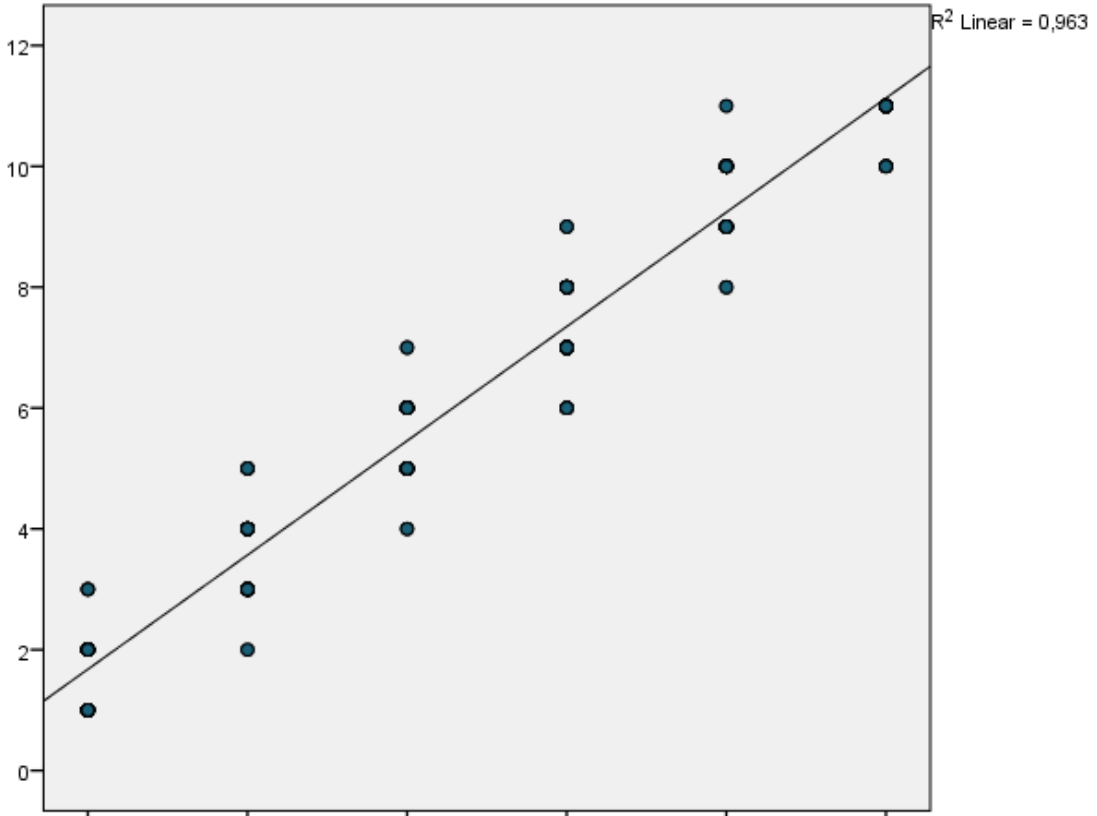
N (%) El-bilek büyüme-gelişim seviyesi	Servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesi					
	1	2	3	4	5	6
EBM 1	34 (48,6)	0	0	0	0	0
EBM 2	31 (44,3)	2 (2,9)	0	0	0	0
EBM 3	5 (7,1)	32 (45,7)	0	0	0	0
EBM 4	0	30 (42,9)	0	0	0	0
EBM 5	0	6 (8,6)	32 (46,4)	0	0	0
EBM 6	0	0	31 (44,9)	7 (10)	0	0
EBM 7	0	0	3 (4,3)	31 (44,3)	0	0
EBM 8	0	0	0	29 (41,4)	3 (4,3)	0
EBM 9	0	0	0	3 (4,3)	33 (47,1)	0
EBM 10	0	0	0	0	32 (45,7)	7 (10)
EBM 11	0	0	0	0	2 (2,9)	63 (90)

El-bilek ve servikal vertebra büyüme-gelişim seviyeleri ile yaş değerleri arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Her üç değişken arasında önemli düzeyde anlamlı ve pozitif yönlü korelasyonlar bulunmuştur. El-bilek ile servikal vertebra arasında %98,1

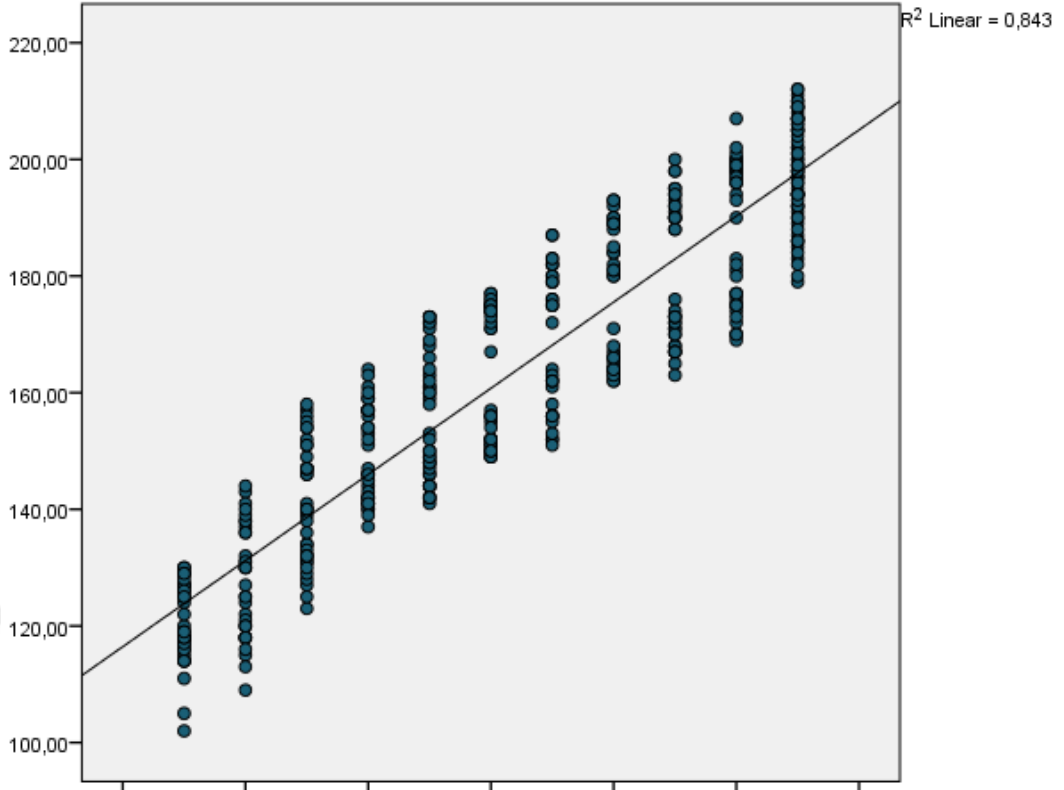
düzeyinde pozitif yönlü korelasyon mevcuttur. El-bilek büyüme-gelişim seviyesi ile yaş arasında %91,8, servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesi ve yaş arasında ise %90,7 düzeyinde anlamlı korelasyonlar bulunmuştur (Tablo 4.4). İlişkileri gösteren saçılım grafikleri şekil.4.4-4.6 arasındaki şekillerde sunulmuştur.

**Tablo 4.4.** Büyüme-Gelişim Seviyeleri ve Yaş Arasındaki Korelasyon Katsayıları  
( $p < 0,001^*$ )

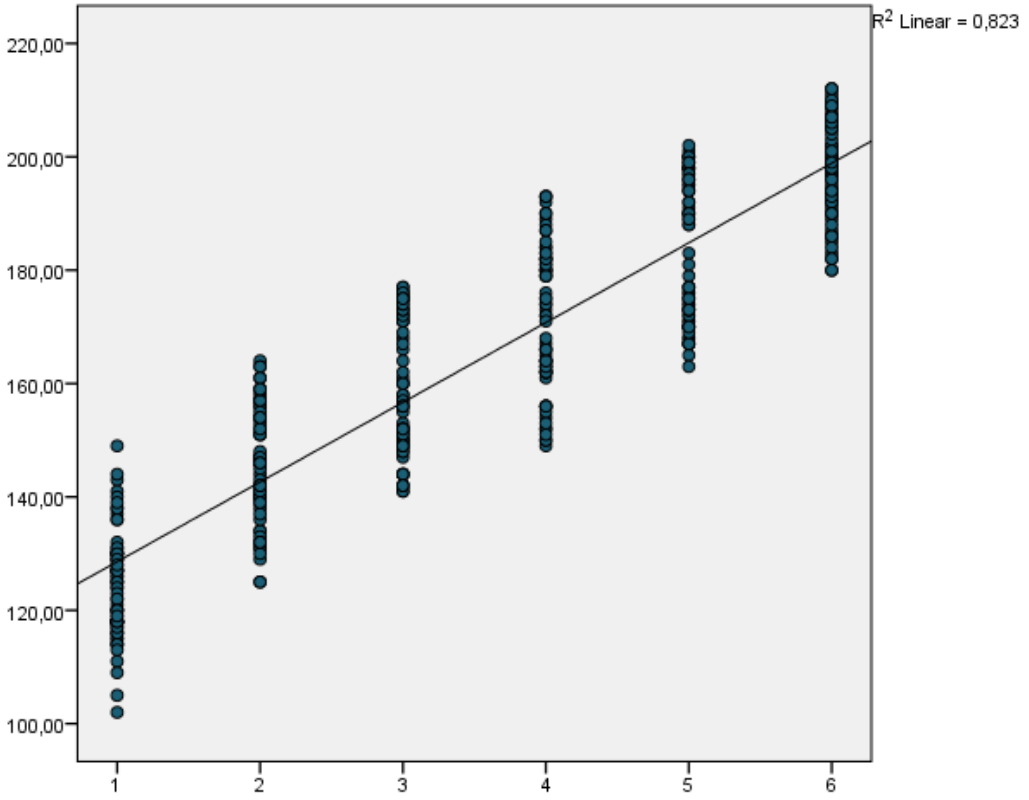
		El-bilek büyüme-gelişim seviyesi	Servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesi	Yaş
El-bilek büyüme-gelişim seviyesi	Rho	1,000	0,981	0,918
	p		<0,001*	<0,001*
Servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesi	Rho		1,000	0,907
	p			<0,001*
Yaş	Rho			1,000



**Şekil 4.4.** Servikal Vertebra ve El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyeleri Arasındaki Korelasyon



Şekil 4.5. El-bilek Büyüme-Gelişim Seviyesi ile Yaş Arasındaki Korelasyon



Şekil 4.6. Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyesi ile Yaş Arasındaki Korelasyon

Dört vertebra (C2-C5) altı farklı vertebral büyüme-gelişim seviyelerine göre görsel olarak ölçülmüştür (Tablo 4.5.). C2-C5 arasındaki vertebralarda konkavite ölçümü yapılmıştır. Trapezoid, horizontal dikdörtgen, kare ve vertikal dikdörtgen şekillerine göre vertebraların görsel incelenmesi C3-C5 arasındaki vertebralar için yapılmıştır. Büyüme-gelişimin 1. maturasyon seviyesinde konkavite diğer vertebralarda genel olarak görülmezken; yalnızca C2 için %7,14 oranında konkavite saptanmıştır. Her üç vertebra trapezoid formda gözlenirken diğer şekillere rastlanılmamıştır. İncelenen şekillere göre, tespit edilen ve edilemeyen incelemeler arasında önemli düzeyde fark bulunmuştur ( $p<0,001$ ). 2. maturasyon seviyesinde, C4 ve C5'te konkavite saptanmazken C2'de %78,5, C3'te ise %7,14 oranında konkavite saptanmıştır. Büyük oranlarda trapezoid ve düşük oranlarda horizontal dikdörtgen formda olduğu saptanmıştır. Kare ve vertikal dikdörtgen formlara rastlanılmamıştır. 3. maturasyon seviyesinde konkavite oranlarının C2, C3 ve C4'te daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Trapezoid formun saptanma oranları ise düşmeye başlamıştır. C3 ve C4'te horizontal dikdörtgen oranları %50'ye kadar artış göstermiştir. Kare ve vertikal dikdörtgen form görüntüleri saptanmamıştır. 4. maturasyon seviyesinde C2'nin tamamında konkavite saptanırken C3 ve C4'te oran oldukça yükselmiştir. Trapezoid form yalnızca C5'te, horizontal dikdörtgen form ise C3 ve C4'te gözlenmiştir. Kare ve vertikal dikdörtgen form herhangi bir vertebrada saptanmamıştır. 5. maturasyon seviyesinde C2,C3,C4 ve C5'te konkavite saptanmıştır. Hiçbir vertebrada trapezoid form görüntüsü yoktur. Horizontal dikdörtgen ve kare görünümleri genel olarak yarı yarıya oranlara sahiptir. Vertikal dikdörtgen form görüntüsü saptanmamıştır. 6. maturasyon seviyesinde vertebraların tamamında konkavite gözlenmiştir. Hiçbir vertebrada trapezoid ve horizontal dikdörtgen form görülmemiştir. Kare ve vertikal dikdörtgen form görünüm oranları genel olarak %50 civarındadır. Tüm vertebral büyüme-gelişim seviyelerinde şekilsel izlenme oranları ile vertebralar arasındaki anlamlılık üst düzeyde bulunmuştur ( $p<0,001$ ).

**Tablo 4.5.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Vertebra Şekillerinin Analizleri (p<0,001\*)

N (%)	1.Seviye		2.Seviye		3.Seviye	
	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
2.Vertebra Konkavite	5 (7,14)	65 (92,86)	55 (78,57)	15 (21,43)	69 (100)	0 (0)
3.Vertebra Konkavite	0 (0)	70 (100)	5 (7,14)	65 (92,86)	64 (92,75)	5 (7,25)
4.Vertebra Konkavite	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	5 (7,25)	64 (92,75)
5.Vertebra Konkavite	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
3. Vertebra Trapezoid	70 (100)	0 (0)	67 (95,71)	3 (4,29)	54 (78,26)	15 (21,74)
4.Vertebra Trapezoid	70 (100)	0 (0)	62 (88,57)	8 (11,43)	35 (50,72)	34 (49,28)
5. Vertebra Trapezoid	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)	0 (0)
3. Vertebra Horizontal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	3 (4,29)	67 (95,71)	15 (21,73)	54 (78,27)
4. Vertebra Horizontal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	8 (11,43)	62 (88,57)	35 (50,72)	34 (49,28)
5. Vertebra Horizontal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
3. Vertebra Kare	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
4. Vertebra Kare	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
5. Vertebra Kare	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
3. Vertebra Vertikal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
4. Vertebra Vertikal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)
5. Vertebra Vertikal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	69 (100)

N (%)	4.Seviye		5.Seviye		6.Seviye	
	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
2.Vertebra Konkavite	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)
3.Vertebra Konkavite	65 (92,86)	5 (7,14)	68 (97,14)	2 (2,86)	70 (100)	0 (0)
4.Vertebra Konkavite	60 (85,71)	10 (14,29)	65 (92,86)	5 (7,14)	70 (100)	0 (0)
5.Vertebra Konkavite	0 (0)	70 (100)	15 (21,43)	55 (78,57)	55 (78,57)	15 (21,43)
3. Vertebra Trapezoid	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)
4.Vertebra Trapezoid	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)
5. Vertebra Trapezoid	70 (100)	0 (0)	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)
3. Vertebra Horizontal Dikdörtgen	70 (100)	0 (0)	30 (42,86)	40 (57,14)	0 (0)	70 (100)
4. Vertebra Horizontal Dikdörtgen	70 (100)	0 (0)	33 (47,14)	37 (52,86)	0 (0)	70 (100)
5. Vertebra Horizontal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	14 (20)	56 (80)	0 (0)	70 (100)
3. Vertebra Kare	0 (0)	70 (100)	40 (57,14)	30 (42,86)	25 (35,71)	45 (64,29)
4. Vertebra Kare	0 (0)	70 (100)	37 (52,86)	33 (47,14)	35 (50)	35 (50)
5. Vertebra Kare	0 (0)	70 (100)	56 (80)	14 (20)	40 (57,14)	30 (42,86)
3. Vertebra Vertikal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	45 (64,29)	25 (35,71)
4. Vertebra Vertikal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	35 (50)	35 (50)
5. Vertebra Vertikal Dikdörtgen	0 (0)	70 (100)	0 (0)	70 (100)	25 (35,71)	45 (64,29)

*p* <0,001\* <0,001\* <0,001\*

Ölçüm yapılan servikal vertebralara ait değerlerden tahmin modelleri geliştirmek üzere YSA ile analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerin tahmin gücünü belirlemek üzere üç farklı ölçüt hesaplanmıştır. Bilgi kazanımı (info gain), karar ağaçları algoritmalarının kullanıldığı durumlarda her bir sınıfın ne kadar bilgi kazanacağını ölçüsüdür. 0 ile 1 arasında bir değer alır ve entropinin tersi bir durumdur. Kazanım oranı (gain ratio) ise info gain



hesaplamadaki yanlılığı (bias) giderilmiş halidir. Kazanılan bilginin gerçek değer oranı ile hesaplanmaktadır. Gini indeksi ise bir frekans dağılımının karmaşıklığını ölçmektedir. Bu nedenle, ülkelerin gelir dağılımındaki eşitsizliğin ölçüsü olarak kullanılmaktadır. 0 ile 1 arasında değer alır ve 1'e yakın değerler sınıflar arasında ayrışmaların fazla olduğunu göstermektedir. Buna göre C2, C3, C4 ve C5 vertebralara ait ölçümler için yapılan analizlerin tahmin gücü ölçütleri Tablo 4.6'da sunulmuştur. Info gain ölçütü en yüksek üç ölçüm sırasıyla C4ua-C4aa, C4ua-C4aa-eğim ve C3ua-C3aa olmuştur. Gain ratio tahmin ölçütü olarak bulunan en yüksek üç ölçüm ise C5D, C4D ve C4ua-C4aa olmuştur. Gini indeksi en iyi ilk üç vertebra ölçümünün C4ua-C4aa, C4ua-C4aa-eğim ve C5ua-C5aa olduğu görülmüştür. Tahmin gücü en düşük vertebra ölçümlerinin ise genel olarak C3up-C3ap-eğim ve C3up-C3ap olduğu anlaşılmıştır. Info gain değerleri 0,9811 ile 0,6437, gain ratio değerleri 0,6208 ile 0,3219 ve gini indeksi değerleri 0,2276 ile 0,1422 arasında değişmiştir.

**Tablo 4.6.** Servikal Vertebralara Ait Tahmin Gücü Değerlendirmesi

	Info gain	Gain ratio	Gini
C4ua-C4aa	0,9811	0,5214	0,2276
C4ua-C4aa eğim	0,9678	0,5161	0,2252
C5ua-C5aa	0,9474	0,4737	0,2026
C5ua-C5aa eğim	0,8966	0,4483	0,1926
C3ua-C3aa eğim	0,9493	0,4747	0,2113
C3ua-C3aa	0,9572	0,4906	0,2135
C5D	0,9069	0,6208	0,1850
C4vo	0,7984	0,3992	0,1688
C3D	0,9130	0,4664	0,1953
C5up-C5ua	0,7763	0,3882	0,1685
C5up-C5ap eğim	0,7725	0,3863	0,1674
C3vo	0,7603	0,3801	0,1617
C4up-C4ap	0,6768	0,3384	0,1441
C4up-C4ap eğim	0,6790	0,3395	0,1433
C5vo	0,7262	0,3631	0,1556
C2D	0,7528	0,3765	0,1626
C3up-C3ap eğim	0,6437	0,3219	0,1422
C3up-C3ap	0,6437	0,3219	0,1422
C4D	0,9141	0,5162	0,1862

C2, C3, C4 ve C5 vertebralara ait antropometrik ölçümler, gözlemci tarafından iki farklı zamanda ölçülmüştür. Ölçümler arasındaki gözlemci ölçüm tutarlılık katsayıları hesaplanmıştır. Değerler incelendiğinde ölçümler arasındaki uyumun oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.7). En yüksek uyum katsayılarına sahip vertebra ölçümleri sırasıyla

C4vo, C4up-C4ap ve C3up-C3ap-eğim olmuştur. Ölçümler arasındaki uyumun en düşük olduğu vertebra ların sırasıyla C4up-C4ua eğim, C3D ve C5D olduğu gözlenmiştir. Gözlemci ölçüm tutarlılık katsayıları 0,991 ile 0,906 arasında değişim göstermiştir.

**Tablo 4.7.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Ait Gözlemci Ölçüm Tutarlılık Katsayıları

Vertebra grupları	ICC
C2ap-C2aa	0,945
C2D	0,906
C3up-C3ua-eğim	0,962
C3up-C3ua	0,923
C3ho	0,944
C3ap-C3aa	0,972
C3D	0,911
C3up-C3ap	0,932
C3up-C3ap-eğim	0,984
C3vo	0,915
C3ua-C3aa	0,928
C3ua-C3aa-eğim	0,932
C4up-C4ua eğim	0,928
C4up-C4aa	0,965
C4ho	0,971
C4ap-C4aa	0,961
C4D	0,926
C4up-C4ap	0,988
C4up-C4ap-eğim	0,983
C4vo	0,991
C4ua-C4aa	0,937
C4ua-C4aa-eğim	0,969
C5up-C5ua-eğim	0,938
C5up-C5ua	0,974
C5ho	0,936
C5ap-C5aa	0,925
C5D	0,916
C5up-C5ua	0,960
C5up-C5ap-eğim	0,925
C5vo	0,942
C5ua-C5aa	0,954
C5UA-C5LA-XY	0,953

Vertebra antropometrik ölçümlerine göre 6 farklı servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesinde tahmin modelleri oluşturulmuştur. Ölçüm verilerinin %80'i eğitim (training) kümesi, %10'u test kümesi ve kalan %10'u ise validasyon kümesi olarak ayrılmıştır. Her bir küme için konfüzyon (karışıklık) matrisi oluşturulmuştur. Yapılan YSA analizleri ve

konfüzyon matrisi sonuçlarına göre tanı kriterleri elde edilmiştir. 22 farklı vertebra ölçümü ve cinsiyet için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Ayrıca, bu çalışma ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla iki farklı literatürde (Alhadlaq ve Al-Maflehi 2012, Baccetti ve ark. 2005) yapılmış olan vertebra ölçümleri için de tahmin modelleri oluşturulmuştur. Tanı kriterleri özgüllük, duyarlılık, doğruluk, F1 ölçütü ve  $R^2$  açıklayıcılık katsayısı değerleri olarak tablolar halinde sunulmuştur. F1 ölçütü, pozitif tahmin değeri (PPV) ve duyarlılığın harmonik ortalaması şeklinde hesaplanmıştır ve diğer tanı ölçütlerine göre daha uygun olduğu ifade edilmektedir.  $R^2$  ise regresyon açıklayıcılık katsayısı olup, modele alınan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkendeki değişimi açıklama oranı olarak kullanılmaktadır. Özgüllük ve duyarlılığın her ikisinin de optimum yükseklikte olması istenmektedir. Doğruluk, tahmin değerinin başarı oranını göstermektedir. Ölçütlerin hepsinde daha yüksek değer daha iyi tahmin sonucu anlamına gelmektedir. İnfogain oranı yüksek olan yalnızca tek bir doğru alındığında C4ua-C4aa (19 numaralı ölçüm) ölçümlerine ait modelin doğruluk değeri düşük bulunmuştur (0,5752). Özgüllük değerleri oldukça yüksek iken yalnızca 1. ve 6. büyüme-gelişim seviyesindeki duyarlılık değerleri %75 civarında hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak F1 ölçüsü değerleri 1. ve 6. seviye için yüksek, 3. seviye için oldukça düşük bulunmuştur. Aynı şekilde, C4ua-C4aa ölçümüne C4ua-C4aa-eğim ölçümü de eklenerek (19, 29 numaralı ölçümler) oluşturulan modelde doğruluk değeri 0,5823'dir. 1. ve 6. büyüme-gelişim seviyesindeki duyarlılık ve F1 ölçüsü değerleri diğer seviyelere göre daha yüksek iken özgüllük değeri %90 civarındadır (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre C4ua-C4aa Ölçümü ve Bu Ölçüme C4ua-C4aa-Eğim Ölçümü Eklenerek Elde Edilmiş Olan Modelin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	$R^2$
C4ua-C4aa	1	0,5752	0,7143	0,9456	0,7194	0,9537
	2	0,5752	0,5429	0,9284	0,5714	0,9537
	3	0,5752	0,5797	0,8971	0,5517	0,9537
	4	0,5752	0,5143	0,8883	0,4966	0,9537
	5	0,5752	0,3429	0,9140	0,3871	0,9537
	6	0,5752	0,7571	0,9169	0,6974	0,9537
C4ua-C4aa ve C4ua-C4aa-eğim	1	0,5823	0,7429	0,9370	0,7222	0,9549
	2	0,5823	0,4571	0,9370	0,5161	0,9549
	3	0,5823	0,5652	0,9057	0,5532	0,9549
	4	0,5823	0,6000	0,8883	0,5563	0,9549
	5	0,5823	0,3714	0,9140	0,4127	0,9549
	6	0,5823	0,7571	0,9169	0,6974	0,9549

C2, C3 ve C4 vertebraların girinti değerleri ile oluşturulan modellerde doğruluk olarak en iyi sonucun (0,4988) C2 girinti (23 numaralı ölçüm) modeline ait olduğu görülmüştür. C2

için en yüksek F1 ölçüsünün 1. büyüme-gelişim seviyesinde, C3 (24 numaralı ölçüm) için genel olarak oldukça düşük olmakla birlikte 6. büyüme-gelişim seviyesinde ve C4 (25 numaralı ölçüm) için aynı şekilde 6. büyüme-gelişim seviyesinde en yüksek değerde olduğu izlenmiştir. C2 vertebra modelinde 4. büyüme-gelişim seviyesinde, C3 modelinde 1. büyüme-gelişim seviyesinde ve C4 modelinde 2. ve 3. büyüme-gelişim seviyesinde, F1 ölçüsünün hesaplanmadığı görülmüştür. İdeal özgüllük ve duyarlılık değerlerinin 6. büyüme-gelişim seviyesinde, olduğu anlaşılmıştır. Girintilerin tümü değerlendirildiğinde (23, 24, 25, 26 numaralı ölçümler) ise 2. büyüme-gelişim seviyesinde, duyarlılık değeri 0,0 bulunduğundan F1 ölçüsü hesaplanmadı. Diğer seviyelere ait duyarlılık değeri ve F1 ölçüsünün %70 civarında olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.9-10.).

**Tablo 4.9.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre C2, C3 Ve C4 Vertebraların Girinti Ölçümleri ile Oluşturulan Modellerin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Sadece C2 girinti	1	0,4988	0,9143	0,9542	0,8533	0,8748
	2	0,4988	0,6857	0,8567	0,5714	0,8748
	3	0,4988	0,4638	0,8629	0,4295	0,8748
	4	0,4988	0,000	1,000	N/A	0,8748
	5	0,4988	0,1571	0,9599	0,2316	0,8748
	6	0,4988	0,7714	0,7650	0,5243	0,8748
Sadece C3 girinti	1	0,4415	0,000	1,000	N/A	0,9000
	2	0,4415	0,9286	0,7564	0,5909	0,9000
	3	0,4415	0,6957	0,8457	0,5614	0,9000
	4	0,4415	0,1857	0,9370	0,2476	0,9000
	5	0,4415	0,0286	0,9685	0,0482	0,9000
	6	0,4415	0,8143	0,8223	0,6032	0,9000
Sadece C4 girinti	1	0,4463	1,000	0,5845	0,4912	0,9296
	2	0,4463	0,000	1,000	N/A	0,9296
	3	0,4463	0,000	0,9943	N/A	0,9296
	4	0,4463	0,5000	0,9341	0,5469	0,9296
	5	0,4463	0,3286	0,9341	0,3966	0,9296
	6	0,4463	0,8429	0,8883	0,7024	0,9296
Tüm girintiler	1	0,6683	0,999	0,7822	0,6481	0,9688
	2	0,6683	0,000	0,9971	N/A	0,9688
	3	0,6683	0,7826	0,9657	0,8000	0,9688
	4	0,6683	0,7714	0,9713	0,8060	0,9688
	5	0,6683	0,7143	0,9427	0,7143	0,9688
	6	0,6683	0,7429	0,9427	0,7324	0,9688

**Tablo 4.10.** Tüm Girinti Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	70 (16,7)	65 (15,5)	6 (1,4)	5 (1,2)	0	0
	2	0	0	0	1 (0,2)	0	0
	3	0	5 (1,2)	54 (2,9)	7 (1,7)	0	0
	4	0	0	9 (2,1)	54 (12,9)	1 (0,2)	0
	5	0	0	0	2 (0,5)	50 (11,9)	18 (4,3)
	6	0	0	0	1 (0,2)	19 (4,5)	52 (12,4)

Sadece horizontal ölçümler (1-10 arası ölçümler) ile elde edilen modelin doğruluk değeri 0,4988 iken; sadece vertikal ölçümleri içeren (14-22 arası ölçümler) modelin doğruluk değerinin 0,7828 olduğu gözlenmiştir. Horizontal ölçüm modelinde yalnızca 6. büyüme-gelişim seviyesinde yüksek özgüllük ve duyarlılık değerleri elde edilirken vertikal ölçüm modelinde 4., 5., ve 6 büyüme-gelişim seviyesinde yüksek duyarlılık ve özgüllük değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.12-13). C3, C4 ve C5 vertebralarına ait eğimiyle beraber üst horizontal ölçümlerden elde edilen modelin (2,5,8,11,12,13 numaralı ölçümler) doğruluk değerinin 0,8115 olduğu gözlenmiştir. (Tablo 4.11-14.).

**Tablo 4.11.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Girinti İçermeyen Ölçümlerden Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Sadece horizontal (eğimli doğrular hariç)	1	0,4988	0,4857	0,8768	0,4626	0,8268
	2	0,4988	0,3429	0,9054	0,3780	0,8268
	3	0,4988	0,3913	0,8857	0,3971	0,8268
	4	0,4988	0,4571	0,9026	0,4706	0,8268
	5	0,4988	0,5429	0,9169	0,5547	0,8268
	6	0,4988	0,7714	0,9112	0,6968	0,8268
Sadece vertikal (eğimli doğrular hariç)	1	0,7828	0,7714	0,9513	0,7660	0,9743
	2	0,7828	0,5714	0,9312	0,5970	0,9743
	3	0,7828	0,7536	0,9543	0,7591	0,9743
	4	0,7828	0,8571	0,9599	0,8333	0,9743
	5	0,7828	0,8571	0,9456	0,8054	0,9743
	6	0,7828	0,8857	0,9971	0,9323	0,9743
Eğimiyle beraber üst horizontal doğru	1	0,8115	0,7286	0,9398	0,7183	0,9815
	2	0,8115	0,6429	0,9255	0,6383	0,9815
	3	0,8115	0,7391	0,9914	0,8293	0,9815
	4	0,8115	0,9857	0,9599	0,9020	0,9815
	5	0,8115	0,8857	0,9742	0,8794	0,9815
	6	0,8115	0,8857	0,9828	0,8986	0,9815

**Tablo 4.12.** Sadece Horizontal Ölçümlerden İçeren Ölçüm Tutarlılığının Vertebralara Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	34 (8,1)	19 (4,5)	12 (2,9)	8 (1,9)	1 (0,2)	3 (0,7)
	2	13 (3,1)	24 (5,7)	13 (3,1)	5 (1,2)	0	2 (0,5)
	3	13 (3,1)	15 (3,6)	27 (6,4)	8 (1,9)	4 (1)	0
	4	5 (1,2)	3 (0,7)	10 (2,4)	32 (7,6)	13 (3,1)	3 (0,7)
	5	3 (0,7)	3 (0,7)	5 (1,2)	10 (2,4)	38 (9,1)	8 (1,9)
	6	2 (0,5)	6 (1,4)	2 (0,5)	7 (1,7)	14 (3,3)	54 (12,9)

**Tablo 4.13.** Sadece Vertikal Ölçümlerden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	54 (12,9)	17 (4,1)	0	0	0	0
	2	15 (3,6)	40 (9,5)	9 (2,1)	0	0	0
	3	0	12 (2,9)	52 (12,4)	2 (0,5)	2 (0,5)	0
	4	1 (0,2)	1 (0,2)	4 (1)	60 (14,3)	7 (1,7)	1 (0,2)
	5	0	0	4 (1)	8 (1,9)	60 (14,3)	7 (1,7)
	6	0	0	0	0	1 (0,2)	62 (14,8)

**Tablo 4.14.** Eğimiyle Beraber Üst Horizontal Ölçümlerden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	51 (12,2)	21 (5)	0	0	0	0
	2	18 (4,3)	45 (10,7)	8 (1,9)	0	0	0
	3	0	3 (0,7)	51 (12,2)	0	0	0
	4	1 (0,2)	1 (0,2)	10 (2,4)	69 (16,5)	2 (0,5)	0
	5	0	0	0	1 (0,2)	62 (4,8)	8 (1,9)
	6	0	0	0	0	6 (4,8)	62 (14,8)

C3, C4 ve C5'e ait anterior vertikal ölçümlere bu vertebraların girintileri eklenerek (16,19,22,23,24,25,26 numaralı ölçümler) oluşturulan modelde doğruluk değerinin 0,7733 ve  $R^2$  değerinin 0,9804 olduğu gözlenmiştir. En yüksek özgüllük, duyarlılık ve F1 ölçüsü değerlerinin 1. büyüme gelişim seviyesine ait olduğu gözlenmiştir. C2, C3, C4 ve C5 vertebralarına ait tüm vertikal ölçümler ve girintiler birlikte (14-26 arasında ki ölçümler) düşünülerek elde edilen modelde doğruluk değerinin 0,8902 olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu model için 2. ve 3. büyüme gelişim seviyelerinde duyarlılık değeri 0,77 ve 0,86 iken diğer büyüme gelişim seviyelerinde %90'ın üzerinde duyarlılık ve özgüllük değerleri elde edilmiştir. Bu modelden C2'nin girinti (C2D) ölçümü çıkarılarak elde edilen yeni model için doğruluk değeri 0,8186 olarak bulunmuştur (Tablo 4.15.-18.)

**Tablo 4.15.** Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyelerine Göre C3 C4 C5 Vertebralarına Ait Vertikal Ölçümlerle Elde Edilen Çalışma Modellerinin YSA İle Analizi

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Tüm anterior vertikal ölçümler ve girintiler	1	0,7733	0,9286	0,9570	0,8667	0,9804
	2	0,7733	0,7143	0,9742	0,7752	0,9804
	3	0,7733	0,7101	0,9429	0,7101	0,9804
	4	0,7733	0,7714	0,9542	0,7714	0,9804
	5	0,7733	0,7143	0,9542	0,7353	0,9804
	6	0,7733	0,8000	0,9456	0,7724	0,9804
Tüm vertikal ölçümler ve girintiler	1	0,8902	0,9143	0,9628	0,8707	0,9884
	2	0,8902	0,7714	0,9742	0,8120	0,9884
	3	0,8902	0,8696	0,9886	0,9023	0,9884
	4	0,8902	0,9571	0,9771	0,9241	0,9884
	5	0,8902	0,9286	0,9771	0,9091	0,9884
	6	0,8902	0,9000	0,9885	0,9197	0,9884
Tüm vertikal ölçümler ve girintiler (C2D hariç)	1	0,8186	0,7857	0,9542	0,7801	0,9813
	2	0,8186	0,6857	0,9456	0,7007	0,9813
	3	0,8186	0,8116	0,9771	0,8421	0,9813
	4	0,8186	0,9286	0,9542	0,8609	0,9813
	5	0,8186	0,8429	0,9685	0,8429	0,9813
	6	0,8186	0,8571	0,9828	0,8824	0,9813

**Tablo 4.16.** Tüm Anterior Vertikal Ölçümler ve Girintilerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	65 (15,5)	15 (3,6)	0	0	0	0
	2	5 (1,2)	50 (11,9)	4 (1)	0	0	0
	3	0	5 (1,2)	49 (11,7)	15 (3,6)	0	0
	4	0	0	15 (3,6)	54 (12,9)	1 (0,2)	0
	5	0	0	1 (0,2)	1 (0,2)	50 (11,9)	14 (3,3)
	6	0	0	0	0	19 (4,5)	56 (13,4)



**Tablo 4.17.** Tüm Vertikal Ölçümler ve Girintilerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	64 (15,3)	13 (3,1)	0	0	0	0
	2	5 (1,2)	54 (12,9)	4 (1)	0	0	0
	3	0	2 (0,5)	60 (14,3)	2 (0,5)	0	0
	4	1 (0,2)	1 (0,2)	5 (1,2)	67 (16)	1 (0,2)	0
	5	0	0	0	1 (0,2)	65 (15,5)	7 (1,7)
	6	0	0	0	0	4 (1)	63 (15)

**Tablo 4.18.** Tüm Vertikal Ölçümler ve Girintilerin (C2D Hariç) Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	55 (13,1)	16 (3,8)	0	0	0	0
	2	14 (3,3)	48 (11,5)	5 (1,2)	0	0	0
	3	0	4 (1)	56 (13,4)	4 (1)	0	0
	4	1 (0,2)	2 (0,5)	8 (1,9)	65 (15,5)	5 (1,2)	0
	5	0	0	0	1 (0,2)	59 (14,1)	10 (2,4)
	6	0	0	0	0	6 (1,4)	60 (14,3)

Sadece C2 ölçümleri ile oluşturulan modelin doğruluk değeri 0,5060 bulunmuştur. 3.ve 5. büyüme gelişim seviyelerinde F1 ölçüsü oldukça düşük iken; 4.seviyeye ait F1 ölçüsü hesaplanamamıştır. Ayrıca 5. büyüme gelişim seviyesine ait duyarlılık değerinin de %40 seviyesinde olduğu anlaşılmıştır. Yalnızca C3 için oluşturulan modelin doğruluk değeri 0,7351'e, sadece C4 için kurulan modelin doğruluk değeri ise 0,8115'e kadar yükselmiştir. C3 için 3. büyüme gelişim seviyesinde F1 ölçüsü en yüksek, C4 için ise en yüksek F1 ölçüsü 6. büyüme gelişim seviyesinde hesaplanmıştır. C3 ve C4 ölçümleri birlikte düşünüldüğünde doğruluk değeri 0,8592 gibi yüksek düzeye sahip bir model ortaya çıkmıştır. Özgüllük değerleri %95'in üzerinde iken 4. ve 6. büyüme gelişim seviyesine ait duyarlılık değerleri %90'in üzerinde bulunmuştur. (Tablo 4.19-22).

**Tablo 4.19.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre C2, C3, C4 ve C3-C4 Vertebra larının Ölçümlerinden Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Tüm C2 ölçümler	1	0,5060	0,9286	0,9456	0,8442	0,8579
	2	0,5060	0,5429	0,9169	0,5547	0,8579
	3	0,5060	0,6232	0,8000	0,4725	0,8579
	4	0,5060	0,000	0,9943	N/A	0,8579
	5	0,5060	0,4143	0,8625	0,3946	0,8579
	6	0,5060	0,5286	0,8883	0,5068	0,8579
Tüm C3 ölçümler	1	0,7351	0,7714	0,9427	0,7500	0,9681
	2	0,7351	0,6571	0,9398	0,6715	0,9681
	3	0,7351	0,7536	0,9743	0,8000	0,9681
	4	0,7351	0,7714	0,9226	0,7152	0,9681
	5	0,7351	0,6571	0,9226	0,6434	0,9681
	6	0,7351	0,8000	0,9799	0,8421	0,9681
Tüm C4 ölçümler	1	0,8115	0,8143	0,9656	0,8201	0,9795
	2	0,8115	0,6571	0,9341	0,6619	0,9795
	3	0,8115	0,7681	0,9571	0,7737	0,9795
	4	0,8115	0,8571	0,9685	0,8511	0,9795
	5	0,8115	0,8286	0,9656	0,8266	0,9795
	6	0,8115	0,9429	0,9828	0,9296	0,9795
Tüm C3 ve C4 ölçümler	1	0,8592	0,8429	0,9513	0,8082	0,9858
	2	0,8592	0,7143	0,9542	0,7353	0,9858
	3	0,8592	0,8696	0,9857	0,8955	0,9858
	4	0,8592	0,9288	0,9742	0,9028	0,9858
	5	0,8592	0,8571	0,9771	0,8696	0,9858
	6	0,8592	0,9429	0,9885	0,9429	0,9858

**Tablo 4.20.** Tüm C3 Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	54 (12,9)	20 (4,8)	0	0	0	0
	2	16 (3,8)	46 (11)	4 (1)	1 (0,2)	0	0
	3	0	3 (0,7)	52 (12,4)	3 (0,7)	1 (0,2)	2 (0,5)
	4	0	1 (0,2)	9 (2,1)	54 (12,9)	17 (4,1)	0
	5	0	0	3 (0,7)	12 (2,9)	46 (11)	12 (2,9)
	6	0	0	1 (0,2)	0	6 (1,4)	56 (13,4)

**Tablo 4.21.** Tüm C4 Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	57 (13,6)	12 (2,9)	0	0	0	0
	2	11 (2,6)	46 (11)	12 (2,9)	0	0	0
	3	2 (0,5)	9 (2,1)	53 (12,6)	3 (0,7)	1 (0,2)	0
	4	0	3 (0,7)	3 (0,7)	60 (14,3)	5 (1,2)	0
	5	0	0	1 (0,2)	7 (1,7)	58 (13,8)	4 (1)
	6	0	0	0	0	6 (1,4)	66 (15,8)

**Tablo 4.22.** Tüm C3-C4 Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	59 (14,1)	17 (4,1)	0	0	0	0
	2	10 (2,4)	50 (11,9)	6 (1,4)	0	0	0
	3	0	3 (0,7)	60 (14,3)	2 (0,5)	0	0
	4	1 (0,2)	0	2 (0,5)	65 (15,5)	6 (1,4)	0
	5	0	0	1 (0,2)	3 (0,7)	60 (14,3)	4 (1)
	6	0	0	0	0	4 (1)	66 (15,8)

Modele tüm ölçüm değerleri eklendiğinde doğruluk değerinin 0,9332 ve  $R^2$  açıklayıcılık katsayısının 0,9936 gibi oldukça yüksek bir değere sahip olduğu görülmüştür. 5. ve 6. servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesinde özgüllük ve duyarlılık değerleri ile F1 ölçüsünün 1,00'e çok yakın olduğu görülmüştür. Validasyonsuz C2, C3 ve C4 vertebra ölçümleri ve validasyonsuz tüm vertebra ölçümlerinin doğruluk değerlerinin sırasıyla 0,9618 ve 0,9690 olduğu gözlenmiştir. Duyarlılık, özgüllük değerleri ve F1 ölçüsü oldukça yüksek olup ortalama %95 civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu da oluşturulan tahmin modellerinin büyüme-gelişim seviyelerini tahmin etmede oldukça iyi olduğunu göstermektedir. C2, C3 ve C4 vertebralarından elde modelde ise doğruluk değeri 0,8759 olurken 1., 4. ve 6. büyüme gelişim seviyelerinde daha yüksek duyarlılık değerine, genel olarak 2. büyüme gelişim seviyesinde ise düşük düzeyde duyarlılık değerine rastlanılmaktadır (Tablo 4.23-27).

**Tablo 4.23.** Servikal Vertebra Büyüme Gelişim Seviyelerine Göre Tüm Değerlerden C5 Dahil ve Hariç, Validasyonlu ve Validasyonsuz Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Tüm değerler	1	0,9332	0,8857	0,9799	0,8921	0,9936
	2	0,9332	0,8714	0,9685	0,8592	0,9936
	3	0,9332	0,8986	0,9914	0,9254	0,9936
	4	0,9332	0,9714	0,9885	0,9577	0,9936
	5	0,9332	0,9857	0,9914	0,9718	0,9936
	6	0,9332	0,9857	1,000	0,9928	0,9936
Tüm değerler validasyonsuz	1	0,9690	0,9571	0,9971	0,9710	0,9967
	2	0,9690	0,9714	0,9857	0,9510	0,9967
	3	0,9690	0,9275	0,9971	0,9552	0,9967
	4	0,9690	1,000	0,9885	0,9722	0,9967
	5	0,9690	0,9714	0,9943	0,9714	0,9967
	6	0,9690	0,9857	1,000	0,9928	0,9967
C2, C3 ve C4	1	0,8759	0,9571	0,9599	0,8874	0,9884
	2	0,8759	0,7429	0,9799	0,8062	0,9884
	3	0,8759	0,8696	0,9857	0,8955	0,9884
	4	0,8759	0,9571	0,9685	0,9054	0,9884
	5	0,8759	0,8143	0,9771	0,8444	0,9884
	6	0,8759	0,9143	0,9799	0,9078	0,9884
C2, C3, C4 validasyonsuz	1	0,9618	0,9429	0,9971	0,9635	0,9961
	2	0,9618	0,9719	0,9828	0,9444	0,9961
	3	0,9618	0,9585	0,9971	0,9706	0,9961
	4	0,9618	0,9857	0,9914	0,9718	0,9961
	5	0,9618	0,9571	0,9857	0,9437	0,9961
	6	0,9618	0,9571	1,000	0,9781	0,9961

**Tablo 4.24.** Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
1	62 (14,8)	7 (1,7)	0	0	0	0	
2	8 (1,9)	61 (14,6)	3 (0,7)	0	0	0	
3	0	2 (0,5)	62 (14,8)	1 (0,2)	0	0	
4	0	0	3 (0,7)	68 (16,2)	1 (0,2)	0	
5	0	0	1 (0,2)	1 (0,2)	69 (16,5)	1 (0,2)	
6	0	0	0	0	0	69 (16,5)	

**Tablo 4.25.** Validasyonsuz Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	67 (16)	1 (0,2)	0	0	0	0
	2	3 (0,7)	68 (16,2)	2 (0,5)	0	0	0
	3	0	1 (0,2)	64 (15,3)	0	0	0
	4	0	0	2 (0,5)	70 (16,7)	2 (0,5)	0
	5	0	0	1 (0,2)	0	68 (16,2)	1 (0,2)
	6	0	0	0	0	0	69 (16,5)

**Tablo 4.26.** C2, C3 ve C4'teki Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	67 (16)	14 (3,3)	0	0	0	0
	2	3 (0,7)	52 (12,4)	4 (1)	0	0	0
	3	0	4 (1)	60 (14,3)	1 (0,2)	0	0
	4	0	0	4 (1)	67 (16)	6 (1,4)	1 (0,2)
	5	0	0	1 (0,2)	2 (0,5)	57 (13,6)	5 (1,2)
	6	0	0	0	0	7 (1,7)	64 (15,3)

**Tablo 4.27.** Validasyonsuz C2, C3 ve C4'teki Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	66 (1,8)	1 (0,2)	0	0	0	0
	2	4 (1)	68 (16,2)	2 (0,5)	0	0	0
	3	0	1 (0,2)	66 (15,8)	0	0	0
	4	0	0	0	69 (16,5)	3 (0,7)	0
	5	0	0	1 (0,2)	1 (0,2)	67 (16)	3 (0,7)
	6	0	0	0	0	0	67 (16)

Ayrıca tüm vertebra ölçümlerine yaş değerleri de eklendiğinde elde edilen model bilgilerinin oldukça yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Genel olarak tüm ölçütler %90 ve %99 arasında seyretmiştir. C2, C3 ve C4 değerleri ile birlikte yaş bilgisi de modele dahil edildiğinde 0,9093 oranında doğruluk değeri elde edilmiştir. Bu modele göre 1., 4. ve 6. büyüme gelişim seviyelerinde daha yüksek duyarlılık değeri ve F1 ölçüsü elde edilmiştir (Tablo 4.28-30).

**Tablo 4.28.** Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Tüm Değerlere Yaş Eklenecek Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Tüm değerler ve Yaş	1	0,9332	0,8857	0,9799	0,8921	0,9936
	2	0,9332	0,8714	0,9685	0,8592	0,9936
	3	0,9332	0,8986	0,9914	0,9254	0,9936
	4	0,9332	0,9714	0,9885	0,9577	0,9936
	5	0,9332	0,9857	0,9914	0,9718	0,9936
	6	0,9332	0,9857	1,000	0,9928	0,9936
C2, C3, C4 ve yaş	1	0,9093	0,9571	0,9828	0,9371	0,9905
	2	0,9093	0,8000	0,9885	0,8615	0,9905
	3	0,9093	0,8696	0,9743	0,8696	0,9905
	4	0,9093	0,9857	0,9742	0,9324	0,9905
	5	0,9093	0,8714	0,9857	0,8971	0,9905
	6	0,9093	0,9714	0,9857	0,9510	0,9905

**Tablo 4.29.** Yaş ile Birlikte Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	67 (16)	5 (1,2)	0	0	0	0
	2	3 (0,7)	62 (14,8)	2 (0,5)	0	0	0
	3	0	3 (0,7)	60 (14,3)	0	0	0
	4	0	0	5 (1,2)	70 (16,7)	1 (0,2)	0
	5	0	0	2 (0,5)	0	68 (16,2)	3 (0,7)
	6	0	0	0	0	1 (0,2)	67 (16)

**Tablo 4.30.** Yaş ile Birlikte C2, C3 ve C4'teki Tüm Değerlerin Ölçümlerinden Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyelerine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	67 (16)	6 (1,4)	0	0	0	0
	2	3 (0,7)	56 (13,4)	1 (0,2)	0	0	0
	3	0	8 (1,9)	60 (14,3)	0	1 (0,2)	0
	4	0	0	6 (1,4)	69 (16,5)	3 (0,7)	0
	5	0	0	2 (0,5)	1 (0,2)	61 (14,6)	2 (0,5)
	6	0	0	0	0	5 (1,2)	68 (16,2)

Servikal vertebralarda ysa analizi ile cinsiyet tayininde ki doğruluk değeri 0,8663 olarak bulunmuştur (Tablo 4.31.).

**Tablo 4.31.** Servikal Vertebralarda YSA Analizi ile Cinsiyet Tayini

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R2
Cinsiyet	Erkek	0,8663	0,8708	0,8619	0,8667	0,8560
	Kadın	0,8663	0,8619	0,8708	0,8660	0,8560

Alhadlaq ve Al-Maflehi. (2012) çalışmaları kriter alınarak oluşturulan modellemede doğruluk değeri 0,7613 ve en yüksek F1 ölçüsü değeri 0,8905 olarak hesaplanmıştır. Baccetti ve ark. (2005)'nin yapmış olduğu ölçümlere göre oluşturulan modelde ise doğruluk değeri 0,8496 ve en yüksek F1 ölçüsünün 0,9054 olduğu gözlenmiştir. Her iki modelde de yüksek F1 ölçüsü 6. Büyüme gelişim seviyesine ait bulunmuştur (Tablo 4.32-34).

**Tablo 4.32.** Literatürdeki Benzer Çalışmalar Referansa Alınarak Elde Edilen Modellerin YSA Analiz Sonuçları

	SV	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F1	R <sup>2</sup>
Alhadlaq & Al-Maflehi	1	0,7613	0,7571	0,9398	0,7361	0,9650
	2	0,7613	0,5714	0,9312	0,5970	0,9650
	3	0,7613	0,7101	0,9600	0,7424	0,9650
	4	0,7613	0,8286	0,9685	0,8345	0,9650
	5	0,7613	0,8286	0,9312	0,7632	0,9650
	6	0,7613	0,8714	0,9828	0,8905	0,9650
Baccetti & ark.	1	0,8496	0,8857	0,9628	0,8552	0,9834
	2	0,8496	0,7429	0,9570	0,7591	0,9834
	3	0,8496	0,8261	0,9743	0,8444	0,9834
	4	0,8496	0,9286	0,9742	0,9028	0,9834
	5	0,8496	0,7571	0,9828	0,8217	0,9834
	6	0,8496	0,9571	0,9685	0,9054	0,9834

**Tablo 4.33.** Baccetti ve ark. (2005) ölçümleri referans alınarak İde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyesine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	62 (14,8)	13 (3,1)	0	0	0 (0)	0 (0)
	2	8 (1,9)	52 (12,4)	6 (1,4)	1 (0,2)	0	0
	3	0	5 (1,2)	57 (13,6)	2 (0,5)	2 (0,5)	0
	4	0	0	4 (1)	65 (15,5)	5 (1,2)	0
	5	0	0	1 (0,2)	2 (0,5)	53 (12,6)	3 (0,7)
	6	0	0	1 (0,2)	0	10 (2,4)	67 (16,0)

**Tablo 4.34.** Alhadlaq ve Al-Maflehi (2012)'in ölçümleri referans alınarak Elde Edilen Modelin Servikal Vertebra Büyüme-Gelişim Seviyesine Göre Dağılımı

		Hedef sınıfı n (%)					
		1	2	3	4	5	6
Sonuç sınıfı n (%)	1	53 (12,6)	19 (4,5)	1 (0,2)	1 (0,2)	0 (0)	0 (0)
	2	15 (3,6)	40 (9,5)	9 (2,1)	0	0	0
	3	1 (0,2)	10 (2,4)	49 (11,7)	1 (0,2)	2 (0,5)	0
	4	0	1 (0,2)	4 (1)	58 (13,8)	6 (1,4)	0
	5	0	0	5 (1,2)	10 (2,4)	58 (13,8)	9 (2,1)
	6	1 (0,2)	0	1 (0,2)	0	4 (1)	61 (14,6)



## 5. TARTIŞMA

Büyüme-gelişimin belirlenmesi tedavi planlamasının gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir. Büyümenin ne zaman ve hangi yönde daha fazla gerçekleşeceği, genetiğin ne kadar önemli olduğu, ortodontik tedavi öncesi bireyin ne kadar büyüme potansiyelinin kaldığı ve ortodontistlerin bireyde optimum sonuç elde edebilmesi için büyümeden nasıl yararlanması gerektiği her zaman önemli olmuştur. Kalan büyüme miktarı bireyin ortognatik cerrahi ile mi, yoksa ortodontik apareyler ile mi tedavi edileceğinin belirlenmesi ve implant uygulamalarının zamanlaması açısından yardımcı olmaktadır (Sassouni 1958; Grave 1973; Graber 1985; Gülyurt 1989; Proffit 2000; Mendes ve ark. 2010; Kumar ve ark. 2011).

Büyümenin belirlenmesinde bireyin kemik yaşı ile kronolojik yaşı her zaman uyumlu olamamaktadır. Bireylerin büyüme atılım başlangıcı ve atılım süresi ile kronolojik yaş arasında fark olabileceğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Demirjian ve Goldstein 1976; Fishman 1982; Hassel ve Farman 1995; Küçükkeleş ve ark. 1999; Durka-Zazac ve ark. 2013). Büyüme-gelişim ve kemik yaşı tespitinin doğruluğu antropoloji, pediatri, adli tıp, ortopedi, endokrinoloji ve diş hekimliği gibi birçok bilim dalında medikal ve yasal konulara ışık tutması açısından önemli bir yere sahiptir (Yarımoglu 2005). Tüm bu sebeplerden dolayı fizyolojik ve biyolojik olarak büyüme-gelişimin değerlendirilmesi ihtiyacı doğmuş ve bu amaçla çeşitli biyolojik indikatörler önerilmiştir (Fishman 1982; Baccetti ve ark. 2005; Wong ve ark. 2009).

Kemik yaşı ve büyüme-gelişimin tayininde histolojik, morfolojik ve radyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Uygulama kolaylığı ve net sonuçlar vermesi ile radyolojik yöntemler en sık kullanılan yöntemlerdir (Loi 2007; Panchbhai 2011). Radyolojik olarak koksiks, sternum, scapula, humerus grafileri gibi birçok kemikleşme bölgesinden yararlanılmaktadır (Gök 1985). Bu yöntemlerden el-bilek radyografisi çabuk sonuçlar alınabilmesi, değerlendirme kolaylığı ve doğru sonuçlar vermesi açısından iskelet gelişimini değerlendirmede en yaygın kullanılan biyolojik indikatördür (Gülyurt 1989; Liu 2008). Ortodontik tedavi öncesi rutin olarak alınan lateral sefalometrik radyografıda izlenen servikal vertebralardan yararlanılarak el-bilek radyografisine gerek kalmaksızın iskelet yaşı tayini yapılabilmesi ortodontistlerin ilgisini çekmiştir. Servikal vertebra gelişim dönemlerine göre kronolojik yaş evrelerinin değerlendirilmesinin el-bilek gelişim dönemleri kadar güvenilir olduğunu ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Hassel ve Farman 1995; Gandini ve ark. 2006; Uysal ve ark 2006; Wong ve ark. 2009; Baidas 2012). Uysal ve ark. (2006) yapmış oldukları

çalışmada 503 Türk birey üzerinde el-bilek kemikleri ve servikal vertebraların büyüme gelişim safhalarını karşılaştırmış ve yüksek oranda korelasyon bulmuşlardır. Altan ve ark. (2015) 141 bireyde yaptıkları çalışmada sefalometrik radyografileri Hassel ve Farman (1995) metoduna göre; el-bilek radyografilerini Fishman (1982) metoduna göre incelemiştir. Araştırmacılar sefalometrik radyografilerin kız ve erkek bireylerde uygulanabilir bir yöntem olduğunu ve el bilek radyografileri ile arasında yüksek oranda korelasyon gözlediklerini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda büyüme-gelişim dönemlerini belirleyebilmek amacıyla servikal vertebralar tercih edilmiş ve el-bilek radyografileri ile korelasyonuna bakılmıştır. Türk bireylerde kullanılabilen ve istatistiksel olarak doğruluğu yüksek olan yöntem olmasından dolayı, çalışmamızda sefalometrik radyografilerde Hassel ve Farman (1995); el-bilek radyografilerinde ise Fishman (1982) metodları kullanılmıştır. Atasaral (2007), Chen ve ark. (2010), Altan (2015) çalışmalarında bireylerin yaş hesaplamasını yıl olarak değerlendirirken; Ünver (2013) yaptığı çalışmada ay olarak değerlendirmiştir. Çalışmamızda istatistiksel değerlendirmede kolaylık sağlayacağı düşüncesiyle bireylerin büyüme-gelişim dönemlerinin tespiti ay olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda literatürler ile uyumlu olacak şekilde (Küçükkeleş ve ark. 1999; Kamal ve Goyal 2006; Lai ve ark. 2008; Rijn ve ark. 2009; Chen ve ark. 2010) el-bilek ve servikal vertebra gelişim dönemleri arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Çalışmamıza göre servikal vertebralar ile el-bilek radyografileri arasında %98,1 oranında pozitif yönlü korelasyon gözlenmiştir. Ayrıca el-bilek büyüme-gelişim seviyesi ve yaş arasında %91,8; servikal vertebra büyüme-gelişim seviyesi ve yaş arasında ise %90,7 düzeyinde anlamlı korelasyon bulunmuştur. Böylece çalışmamız servikal vertebra dönemleri üzerinde yapılmış olmasına rağmen el-bilek büyüme-gelişim dönemleri ve yaş hakkında da yorum yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Literatürde vertebraların değerlendirilmesinde, lateral, oblik, anteroposterior, lateral sefalometrik olarak 4 görüntüleme yöntemi kullanılmıştır (Lamparski 1972). Literatürde anteroposterior radyografilerde servikal bölgenin görüntüsünün süperpozisyonu nedeniyle vertebraların görüntülenmesinde antero-posterior sefalometrik radyografiler önerilmemiştir (Pyle ve Sontag 1943; Hassel ve Farman 1995; Hinck ve ark. 1966; Atasaral 2007). Elsberg ve Dyke (1934), 186 bireyden alınan anteroposterior radyografiler ile ilk dört servikal vertebrayı inceledikleri çalışmada, vertebra sınırlarının net olmamasından dolayı anteroposterior radyografilerin büyüme-gelişim tespinde yeterli doğruluğa sahip olmadığını

belirtmişlerdir. Çalışmamızda bu sonuçlar dikkate alınarak anteroposterior radyografi yerine lateral sefalometrik radyografiler tercih edilmiştir.

Hassel ve Farman (1995)'ın belirledikleri metot, hem erkek hem kız bireylerde güvenilir olarak kullanılması ve her basamağın ayrıntılı tanımlamasının yapılabilmesinden dolayı servikal vertebra dönemlerinin değerlendirilmesinde tercih edilmiştir. Hassel ve arkadaşlarının belirlediği metotta özellikle ikinci servikal vertebra alt kenarı, erken dönemlerde bile hafif girintili (kurvatürlü) gözlenebilmektedir. Bu yöntemde 2., 5. ve 6. büyüme-gelişim dönemleri hassas ölçümler yapılarak dikkatle değerlendirilmelidir (Bowden 1976; Farman 1979). Çalışmamızda Corel çizim programında %150 büyütme yapılarak gözlemcinin noktalama ve doğrusal ölçümlerinin hassasiyetinin artırılması hedeflenmiştir.

Araştırmacılar ırksal farklılıkların yanında; beslenme yetersizliği, uzun süreli ateşli hastalıklar, çevresel şartlar ve hormonal bozuklukların da kemik gelişimini etkilemekte olduğunu belirtmişlerdir (Garcia-fernandez ve ark. 1998; San-Roman ve ark. 2002; Özer ve ark. 2006; Uysal 2006; Chatzigianni ve Halazonetis 2009; Alhadlaq ve Al-Maflehi 2012). Çalışmamız kemik gelişimini etkileyecek bir hastalığa sahip olmayan, uzun süreli ateşli hastalık geçirmemiş, beslenme ve hormonal bozukluğu bulunmayan bireylerden alınan radyograflardan seçilmiştir. Ayrıca yüz ve/veya el-bilek bölgesinde; herhangi bir travma geçirmemiş, alınan radyograflarda anatomik deformasyon tespit edilmeyen ve sonradan gelişen veya konjenital bir malformasyona sahip olmayan bireylerin radyografları araştırmaya dahil edilmiştir. Ontell ve ark. (1996) siyah, beyaz, asyalı ve hispanik olacak şekilde 4 etnik gurubu dahil ettikleri çalışmalarında etnik kökenin büyüme gelişim üzerinde farklılıklar oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Bu sebeple çalışmamıza dahil edilmiş olan radyografların alındığı bireylerin anne ve babalarının Türk olmasına dikkat edilmiştir.

Alkhal ve ark. (2008), sefalometrik ve el-bilek radyografilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında 200 erkek, 200 kız olmak üzere 400 bireyden aldıkları radyografları değerlendirmişlerdir. Baidas (2012), servikal vertebralardan kronolojik yaşı hesapladığı çalışmasında 104 erkek, 110 kızını değerlendirmeye almıştır. Sonuçların güvenilir olabilmesi için değerlendirilen faktörlerde örnek sayısı önemli olduğu için (Rajagopal 2002); çalışmamızdaki grupların birey sayılarını mümkün olduğunca fazla tutularak, cinsiyet dağılımının eşit olmasına özen gösterilmiştir. Araştırmamız 6 adet servikal vertebra gelişim döneminde 35 kız, 35 erkek toplamda her grupta 70 birey içermektedir. Ancak, çalışmamız

esnasında 3.maturasyon safhasındaki bir erkek bireyin radyografisinin çalışma grubumuza uygun olmadığı tespit edilerek çalışmadan çıkarılmıştır.

Büyüme-gelişimin puberte dönemine kadar cinsiyetler arasında önemli farklılıkların olmadığı; ancak puberte ile kız ve erkeklerde farklılaşmanın başladığı bildirilmiştir (Pryor 1907; Bjork ve Helm 1967; Roche 1969; Günay 1973; Neyzi ve ark. 1975; San-Roman ve ark. 2002). Çalışmamızda da her iki cins ayrı ayrı değerlendirilerek kız ve erkeklerin büyüme-gelişim süreleri arasında artan yaş ile birlikte farklılıkların olduğu görülmüştür. Büyüme atılım dönemine girişin erkeklerde, kızlara kıyasla ortalama iki yıl sonra başladığı belirtilmiştir (Pryor 1907; Greulich ve Pyle 1966; Grave 1973; Neyzi ve ark. 1975; Lewis ve ark. 2002). Bu çalışmalardaki bulgularla benzer şekilde çalışmamızda da erkeklerin pubertal büyüme atılımının kızlara kıyasla yaklaşık 20 ay sonra başladığı görülmüştür.

Erkeklerin kızlara oranla kemik olgunlaşmasının daha uzun sürdüğünü bildiren çalışmalar mevcuttur (Bilaloğlu 1970; Neyzi ve ark. 1975; Hagg ve Taranger 1982). Marshall ve Limongi (1976), büyüme atılımı başlangıcının kızlarda 10,5 yaş olduğunu belirtmektedir. Hagg ve Taranger (1982), çalışmalarında pubertal büyümenin (2. maturasyon seviyesinin) erkeklerde 12 yaşında, kızlarda 10 yaşında başladığını bildirmişlerdir. Bowden (1976) ise erkeklerde ortalama 12,0 yıl, kızlarda ortalama 9,99 yıl olarak belirttiği büyüme atılımı başlama yaşının sona erme zamanını erkeklerde 15,42 yıl, kızlarda 12,88 yıl olarak belirtmişlerdir. Hunter (1966), pubertal atılımı erkeklerde ortalama 12,79 yıl, kızlarda ortalama 10,41 yıl olarak bildirmiştir. Araştırmamızdaki sonuçların literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermediği görülmektedir. Bunun nedeni olarak diğer çalışmaların farklı ırklar üzerinde yapılması gösterilebilir. Ayrıca bireylerin genetik ve beslenme koşullarının farklı olması gibi etkenlerin de bu farklılığa yol açabileceği düşünülmüştür (Hunter 1966; Bowden 1976; Hagg ve Trager 1982; Tanner ve ark. 1997; Mul ve ark. 2001; Parent ve ark. 2003).

Çalışmamızdaki gibi Türk bireyler üzerinde gerçekleştirilen Atasaral (2007)'in tez çalışmasında da benzer bulgular bulunmuştur. Servikal vertebralarda 2. maturasyon dönemi erkeklerde ortalama 13,06 yaşında görülürken, kızlarda ortalama 11,43 yaşında görülmüştür. 5. maturasyon dönemi ise erkeklerde 16,25 yaş iken, kızlarda ortalama 14,3 yaş olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 2. maturasyon dönemi ile 5. maturasyon dönemi arasındaki süre erkeklerde ortalama 36,81 ay bulunurken bu süre kızlarda 31,11 aya düşmüştür. Türk toplumuna özgü bir diğer çalışma olan Altan (1996)'ın tez çalışmasında, vertebraların 2. ve 5. maturasyon dönemi yaklaşık 38 ay olarak tespit edilmiştir. Atasaral (2007) ve Altan (1996)

tez çalışmalarında 1. ve 6. maturasyon seviyelerini yaş dağılımında çok geniş aralığa sebep olacağından ötürü değerlendirmemişlerdir. Araştırmamızda da benzer olarak hem erkek hem de kız bireylerde servikal vertebral değerlendirmeye ait yaş dağılımı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tüm servikal vertebra seviyelerindeki yaş ortalamalarına bakıldığında 2. maturasyon seviyesi erkeklerde 12,75 yıl iken, kızlarda 11,5 yıl, 3. maturasyon dönemi erkeklerde 14,1 yıl iken kızlarda 12,41 yıl, 4. maturasyon dönemi erkeklerde 15,16 yıl iken, kızlarda 13,3 yıl, 5. maturasyon dönemi ise erkeklerde 16,25 yıl iken, kızlarda 14,3 yıl olarak hesaplanmıştır. 2. ve 5. maturasyon seviyeleri arası dönem kızlarda ortalama 34,1 ay, erkeklerde ortalama 41,7 ay olarak bulunmuştur. Altan (1996) ve Atasral (2007), birey sayılarını düşük tutarak 6 ay ara ile rutin radyograflar alarak takip çalışması yapmışlardır. Çalışmamızda ise radyografik takip yapılamamasına rağmen diğer çalışmalarla benzer sonuçlar alınmıştır.

Lamparski (1975), kızlarda 2. servikal vertebra alt kenarında içbükeyliğin 11 yaşında, 3. servikal vertebra alt kenarındaki içbükeyliğin 12 yaşında oluştuğunu ve 13 yaşında 3. servikal vertebradaki içbükeylik artarken 4. servikal vertebra alt kenarında içbükeylik oluşmaya başladığını bildirmiştir. Lamparski'ye göre, 14 yaşında içbükeylik tüm servikal vertebra alt kenarlarında oluşmuştur ve vertebraların gövdelerinin kare formuna benzediği bildirilmiştir. Baccetti ve ark. (2002), 1. maturasyon seviyesinde 2. vertebranın alt sınırının %23 ünde girinti ve tüm vertebraların şekillerinin trapezoid, 2. maturasyon seviyesinde C2 ve C3 alt sınırında konkavite ve hem C3 hemde C4 ün gövdelerinde trapezoid veya horizontal dikdörtgen, 3. maturasyon seviyesinde C2, C3 ve C4 vertabralarında konkavite ve C3 ile C4 vertebralarında horizontal dikdörtgen, 4. maturasyon seviyesinde C2, C3 ve C4 seviyesinde konkavitenin devam ettiğini ve bu üç vertebra şekillerinden en az birinin kare, 5. maturasyon seviyesinde C2, C3 ve C4 vertebralarındaki girintinin arttığı ve üç vertebradan en az birinin dikey dikdörtgen diğer ikisinin ise kare ve 6. seviyede ise C2, C3 ve C4 vertebralarda girinti ve yarısı dikey dikdörtgen yarısının ise kare şeklinde olduğunu belirtmiştir Baccetti çalışmasında 1. ve 2. maturasyon seviyelerinin ayrı bir büyüme-gelişim sınıfı olarak görülmemesi gerektiğini, 5. ve 6. maturasyon seviyesinin ayırt edilmesinin zor olduğu belirtmiştir.

Bizim çalışmamızda da Hassel-Farman (1995)'in çalışmalarındaki gibi vertebralardaki büyüme-gelişim 6 safhada tanımlamıştır ve söz konusu araştırmalara benzer şekilde konkavite ölçümü ve şekil değerlendirmesi yapılmıştır. 1. maturasyon seviyesinde konkavite genel olarak görülmezken yalnızca C2 için %7,14 oranında konkavite saptanmıştır ve her üç vertebra da trapezoid formda gözlenmiştir. 2. maturasyon seviyesinde C2'de %78,5, C3'te ise

%7,14 oranında konkavite saptanmıştır ve çoğunlukla trapezoid form gözlenirken daha az oranda horizontal dikdörtgen form gözlenmiştir. 3.maturasyon seviyesinde konkavite oranları C2, C3 ve C4'te gözlenmektedir ve vertebraların yarısının formu horizontal dikdörtgen şeklindedir. 4.maturasyon seviyesinde C2'nin tamamında konkavite saptanırken C3 ve C4'te oran oldukça artmış ve vertebraların şeklinde horizontal dikdörtgen gözlenmiştir. 5.maturasyon seviyesinde C2, C3 ve C4'te daha az oranda ise C5'te konkavite saptanmış ve vertebra şekillerinin görünüşleri yarı yarıya horizontal dikdörtgen ve kare olarak belirlenmiştir. 6.maturasyon seviyesinde vertebraların tamamında konkavite görülmüştür. Hiçbir vertebrada trapezoid ve horizontal dikdörtgen form görülmemiştir. Kare ve vertikal dikdörtgen form görünüşleri oranları genel olarak yarı yarıya olduğu tespit edilmiştir. Baccetti (2002)' nin çalışmasından farklı olarak tüm vertebral büyüme-gelişim safhalarında şekilsel olarak vertebralar arasındaki anlamlılık üst düzeyde bulunmuştur. Bu durum çalışmanın 6 safhada değerlendirilmesinin uygun olduğunu göstermiştir.

Çalışmanın tekrar edilebilirliği önemli bir parametredir. Baptista ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmada servikal vertebra büyüme-gelişim dönemlerinde kullanılan 7 parametrenin tekrar edilebilirliğini karşılaştırmış ve aynı gözlemcinin ağırlıklandırılmış kappa değerinin 0,886 ile 0,992 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Okutan'ın (2016) tez çalışmasında; Mito ve ark. (2002), Beit ve ark. (2013), Alhadlaq ve Al-Maflehi (2012) ve Caldas ve ark. (2010)'nın belirlediği parametrelerin ölçülebilirliği karşılaştırılmış ve aynı gözlemcinin ağırlıklandırılmış kappa değeri 0,924 oranında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda gözlemci içi uyum katsayıları 0,906 ile 0,991 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Yapay zekâ, bilgisayar bilimlerinden, finans sektörüne, psikolojiden, askeri ve istihbarat alanına, tıp alanından, felsefeye kadar birçok disiplinde kullanılmakta ve etkileşimdedir. Mantıksal programlama tekniği de denilen yapay zekâ günümüzde büyük bir kitlenin üzerinde çalıştığı pek çok problemin çözümünde ve analizinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Öztemel 2003; Fırat ve Güngör 2004; Bozüyük 2005). Çalışmamızda yapay zekâ tekniklerinden yapay sinir ağlarını kullanma nedenimiz, örnekler arasındaki ilişkileri öğrenerek daha sonra önceki örneklerden bağımsız yeni örnekler ile ilgili tahmin yapabilmesidir. (Öztemel 2003; Seok ki ve Tae Woo 2016). Ayrıca YSA'da elde edilen arayüzle hatanın nerde yapıldığı ve hangi bireyde yapıldığı tespit edilebilmektedir.

YSA ile yapılan bir çalışmada Giordano ve ark. (2007), epifiz ve metafizlerle ilgili özellikleri belirlemek amacıyla bir sistem geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada gri seviye analizleri kullanılarak epifiz ve metafiz alanlarının yerleri belirlenmiştir. Hasaltın ve Beşdok

(2004)'un yapmış oldukları çalışmada, yapay sinir ağları kullanılarak toplam 2-9 yaş arası 307 Türk çocuğa ait kemik yaşı tayininde yarı otomatik bir sistem geliştirilmiştir. Kemik yaşı tespitinde karpal kemik alanları kullanılmış, cinsiyet ve kronolojik yaş da dikkate alınmıştır. Sonuç olarak yapay sinir ağlarında farklı öğrenme algoritmalarının performansı değerlendirilmiştir. Chang ve ark. (2003), çalışmalarında falankslara ait özelliklere dayanan bilgisayar destekli kemik yaşı tespit yöntemini tanımlamışlar, sınıflandırma amacıyla geriye yayımlı sinir ağından yararlanmışlardır. Bu çalışmada sol el röntgen görüntülerinden 10 giriş parametresi sinir ağlarına uygulanmıştır. Deneklerden (824 kişi) elde edilen 10 fiziksel özelliğin sinir ağı girişine uygulanması sonucu %77,69 sınıflandırma başarısına ulaşılmıştır. Yaptığımız literatür araştırmasında servikal vertebralardan büyüme gelişimin belirlenmesinde YSA'nın kullanıldığı başka herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Yarı otomatik tespit sistemi olarak servikal vertebralarla ilgili regresyon analizleri yapan çalışmalar mevcuttur. Mito ve ark. (2002) 7 yaş ile 14,9 yaş arası 176 Japon kız üzerinde yaptıkları çalışmalarında 8 doğru ile, Beit ve ark. (2013) 6 yaş ile 18 yaş arası 730 birey (352 kız, 378 erkek) üzerinde 10 doğru ile ve Alhadlaq ve Al-Maflehi (2012) ise 122 Suudi erkek üzerinde 8 doğru ile regresyon analiziyle değerlendirme yapmışlardır. Regresyon analizinde bir formül çıkarılmış ve hastanın yaşları hesaplanmıştır. Okutan (2016)'ın yapmış olduğu çalışmada regresyon analiz formülleri Türk bireylerde uygulanmış; Mito ve ark. (2002)'dan 2,32 yıl; Beit ve ark. (2013)'dan 1,41 yıl; Alhadlaq ve Al-Maflehi (2012)'den ise 2,46 yıl fazla bulunmuş, mevcut formüllerin Türk bireylerde geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır. Bizim çalışmamızda YSA kullanılarak 32 doğru, 25 farklı şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca Regresyon modeli kullanılarak yapılan çalışmalardan Alhadlaq ve Al-Maflehi (2012)' in ölçümleri kullanılarak elde edilen çalışma modelimizin YSA ile analiz sonucu yeterli doğruluk elde edilememiştir. Baccetti (2005)'in ölçümleri kullanılarak oluşturulan çalışma modelimizin YSA doğruluk değerinin 0,8496 gibi yüksek bir değere ulaştığı gözlemlenmiştir.

İnfo gain, yapay zekanın karar ağacı metodlarında en ayırt edici niteliği belirlemek için kullanılır. Bizim çalışmamızda bu değerler C4ua-C4aa, C4ua-C4aa-eğim, C5ua-C5aa değerleridir. Bu değerler çalışmamızdaki büyüme-gelişimi belirleyen 6 farklı vertebra seviyesinde en belirleyici değişkenlerdir ve vertebraların anterior yüksekliğini oluşturmaktadırlar. En az belirleyici değerler ise C3up-C3ap, C3up-C3ap eğim, C4up-C4ap ve C4up-C4ap-eğim olarak bulunmuştur ve vertebraların posterior vertikal yüksekliğini oluşturmaktadır.

YSA model analizi info gain değeri en yüksek olan (C4ua-C4aa) ile bu değerle birlikte aynı doğrunun eğimi beraber değerlendirildiğinde (C4ua-C4aa, C4ua-C4aa-eğim) doğruluk değerleri oldukça düşük bulunmuştur (sırasıyla; 0,5752 ve 0,5823). Vertikal bir değere eğimin eklenmesiyle oluşan değişimin minimal olması vertikal değerlerdeki eğimin önemsiz olduğunu göstermektedir.

Vertebra büyüme-gelişim değerlendirmelerinde önemli bir kriter olan vertebra gövdelerinin alt kenarlarında bulunan girintiler, C2'den C5'e kadar ayrı ayrı ve birlikte değerlendirilmiştir. Bu çalışma modellerindeki doğruluk değerleri genel olara düşük olmakla birlikte en yüksek doğruluk değerlerine C2'deki girinti değerlendirilirken ulaşılmıştır (C2 girinti için 0,4988). Tüm girintiler birlikte düşünüldüğünde 1. ve 2. maturasyon seviyeleri için ayırt edicilik oldukça yüksek olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuca, Hassel ve Farman (1995)'nin da belirttiği üzere 1. ve 2. maturasyon seviyelerinde yalnızca girintilerde farklılık gözlenmesi sebebiyle ulaşıldığını düşünmekteyiz.

Büyüme-gelişim değerlendirilmesinde birbirine paralel, horizontal ölçümlere girinti eklenmeden elde edilen çalışma modelinde doğruluk değeri oldukça düşük bulunmuştur. Bunun nedeni zamanla vertebralarda oluşan horizontal büyümenin belirleyici olmamasıdır; ancak C3, C4 ve C5'te üst horizontal ölçümler eğimleri ile birlikte (2,11,5,12,8,13 doğruları) değerlendirildiğinde doğruluk değerinin 0,8115'e çıktığı gözlenmiştir. Bunun nedeni trapezoid görünümünün zamanla değişmesidir. Sadece vertikal ölçümler değerlendirildiğinde ise (14-22 numaralı ölçümler) doğruluk değeri 0,7828 olarak bulunmuştur. Ayrıca 4., 5. ve 6. maturasyon seviyelerinde yüksek duyarlılık ve özgüllük değerlerine ulaşılmıştır. Bu durum büyüme atılımıyla birlikte vertebralardaki vertikal değişim ile açıklanabilmektedir.

Hassel ve Farman (1995), Baccetti ve ark. (2002)'nin çalışmaları değerlendirildiğinde temel değişikliğin vertikal yükseklik ve girinti olduğu gözlenmektedir. C3, C4 ve C5' teki temel değişken olarak gözlenen anterior vertikal ölçümler ve girintilerin (16, 19, 22, 23, 24, 25, 26 numaralı ölçümler) doğruluk değeri 0,7733 olarak bulunmuştur. Tüm vertikal ölçümler ve girintiler (14-26 numaralı ölçümler) beraber değerlendirildiğinde ise doğruluk değerinin 0,8902 olduğu gözlenmiştir. Bu değerdeki artışın nedeni olarak vertebra formlarındaki (trapezoid, horizontal dikdörtgen, kare ve vertikal dikdörtgen) değişiklikler olarak gösterilebilmekte ve 3., 4. ve 5. büyüme-gelişim seviyelerinde duyarlılık ve özgüllük değerinin yüksek olmasının nedeni de şekilsel değişikliklerin bu safhada daha belirgin olması olarak açıklanabilmektedir. C2 girinti ölçümünün çıkarılmasıyla doğruluk değeri 0,8186 ya düşmüştür. Bu çalışma modelinde 1. ve 2. büyüme-gelişim seviyelerinin tespiti, en fazla düşüş ile en olumsuz etkilenen kısım olarak gözlenmiştir.



Her bir vertebranın tüm ölçümleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde C2 ölçümlerinin doğruluk değeri en düşük iken, C4'te en yüksektir. Bunun nedeni C2 ölçümlerinin az olması ve 2. büyüme-gelişim seviyesinden sonra ölçümlerde belirligin bir değişiklik olmamasıdır. C4 ölçümlerinin doğruluk değerinin C3 ölçümlerinin doğruluk değerine göre daha yüksek olmasının sebebi vertebra gelişiminin uzun sürede olgunluğa ulaşmasıdır. C2, C3 ve C4 teki tüm ölçümler ile C3 ve C4 teki tüm ölçümler değerlendirildiğinde doğruluk değeri sırasıyla 0,8759 ile 0,8592 olarak gözlenmektedir. İki değer arasında en büyük duyarlılık ve özgüllük değer farkı 1. ve 2. maturasyon seviyelerinde olmaktadır. Literatürde radyograf alınırken kullanılan tiroid önlüklerinin süperpozisyonu ve film kasetinin sınırlarından ötürü C5 ölçümünden kaçınılmıştır (Baccetti 2002). Ancak bizim aldığımız radyograflarda C5 görünümünde herhangi bir artefakta ve süperpozisyona rastlanmadığı gözlenmiş olup C5'te çalışmamıza dahil edilmiştir. C5 ölçümleri de eklendiğinde, YSA modelinin doğruluk değeri 0,9332 gibi oldukça yüksek bir değere ulaşmıştır.

Ağırlıklı değerler tekrarlı öğrenme ile ayarlanabilmekte ve aşırı yinelemeli öğrenme, eğitim setinin uyumluluğunu artırabilmektedir. Aşırı uyuşma olarak adlandırılan bu durumu önlemek için, öğrenmeyi durdurmak ve genelleştirilmiş bir model yapmak gerekmektedir. Validasyon matrisi oluşturularak söz konusu aşırı uyuşma sorunu giderilmektedir (Seok ki ve Tae Woo 2016). Validasyon matrisi makine öğrenmesinde ezberi ortadan kaldırmak için yapılmaktadır. Çalışmamızda %10 luk bir kısmı validasyon için ayrılmıştır. Validasyon olmadığında doğruluğun tüm ölçümlerde 0,9332'den 0,9690'a ve C4 de kadar olan tüm ölçümlerde ise 0,8592'den 0,9618'e çıktığı gözlenmiştir.

Cinsiyet ayrımı özellikle adli tıpta kullanılan bir parametredir. Ortodontide ise kız ve erkekler için sefalometrik analiz norm değerlerinin belirlenmesi için önem arz etmektedir. Teke ve ark. (2007)'nin maksiller sinüsün BT analizine dayanan çalışmasında, doğruluk kadınlarda %69,4, erkeklerde ise %69,3 olarak bildirilmiştir. Ekizoğlu ve ark. (2017) çalışmalarında, kadınlarda %80 erkeklerde %71,5 lik doğruluk oranı bildirmiştir. Servikal vertebralardan cinsiyet ayrımının ise 0,8663 oranında bir doğrulukla yapıldığı YSA modeliyle gözlenmiştir.

Bu çalışmada, öncelikli olarak servikal vertebra ve el bilek radyograflerinin uyumu araştırılarak aralarında yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Servikal vertebralardan büyüme-gelişim tespitinde güncel olarak popülerliği artan yapay sinir ağları kullanılmış ve yüksek oranda doğruluk değerlerine ulaşılmıştır.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, öncelikli olarak servikal vertebra ve el bilek radyograflarının uyumu araştırılıp, servikal vertebralardan güncel olarak popülerliği artan yapay sinir ağlarıyla yarı-otomatik büyüme-gelişim tespiti yapan bir sistem oluşturularak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

El-bilek radyograflarındaki gelişim dönemleri ile sefalometrik radyograflardaki servikal vertebra gelişim dönemleri arasında, istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü bir ilişki saptanmıştır.

Kız ve erkeklerde el bilek gelişim dönemlerine göre kronolojik yaş arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

Kız ve erkeklerde servikal vertebra gelişim dönemleri ve kronolojik yaş arasında istatistiksel olarak pozitif yönlü anlamlı bir ilişki saptanmıştır.

Lateral sefalometrik radyografların değerlendirilmesi sonucu; evreler arası süreler erkek bireylerde kız bireylere göre daha uzundur.

Kız bireylerde 2. ve 3. maturasyon seviyeleri arası: 11,71 ay, 3. ve 4. maturasyon seviyeleri arası: 10,06 ay, 4. ve 5. maturasyon seviyeleri arası: 9,77 ay olduğu tespit edilmiştir.

Erkek bireylerde 2. ve 3. maturasyon seviyeleri arası: 12,75 ay, 3. ve 4. maturasyon seviyeleri arası: 12,89 ay, 4. ve 5. maturasyon seviyeleri arası: 11,11 ay olarak belirlenmiştir.

2. ve 5. Maturasyon seviyeleri arasındaki süre, kızlarda 31,11 ay iken; erkeklerde 36,81 ay olarak tespit edilmiştir.

2. ve 5. Maturasyon seviyelerinin ortalama yaşları kızlarda sırası ile  $138,17 \pm 6,37$  ay ve  $172,22 \pm 4,49$  ay, erkeklerde sırası ile  $153,57 \pm 6,13$  ay ve  $195,22 \pm 4,18$  ay olarak tespit edilmiştir.

1. maturasyon seviyesinde girinti çoğunlukla görülmez iken; tüm vertebra trapezoid formda gözlenmiştir.

2. maturasyon seviyesinde C2'de çoğunlukla girinti gözlenir iken; vertebralar daha çok trapezoid formda gözlenmiştir.

3. maturasyon seviyesinde C2 ve C3'te çoğunlukla girinti gözlenir iken; vertebralar trapezoid ve horizontal dikdörtgen formda gözlenmiştir.

4. maturasyon seviyesinde C2, C3 ve C4'de girinti gözlenir iken; vertebralar çoğunlukla horizontal dikdörtgen formda gözlenmiştir.

5. maturasyon seviyesinde C2, C3, C4'de girinti gözlenir iken; vertebralar horizontal dikdörtgen ve kare formda gözlenmiştir.

6. maturasyon seviyesinde tüm vertebralarda girinti gözlenir iken; vertebralar kare ve vertikal dikdörtgen formda gözlenmiştir.

YSA ile büyüme gelişim tespitinde en az doğru çizilerek en yüksek doğruluk değerine vertikal ölçümler ve girintileri içeren 13 doğrusal ölçüm ile ulaşılmıştır (0,8902).

YSA ile büyüme gelişim tespitinde tüm değerlerde 32 doğrusal ölçüm ile 0,9332 doğruluk değerine ulaşılmıştır.

YSA ile büyüme gelişim tespitinde horizontal ölçümler önemli bulunmamıştır. Vertebraların üst horizontal ve eğim ölçümleri beraber değerlendirildiğinde yüksek doğruluk değerine ulaşılmıştır (0,8115).

YSA ile büyüme gelişim tespitinde yaşın bir veri olarak kullanıldığında doğruluk değerini arttıran bir parametre olduğu ve vertebral büyüme gelişim belirlenmesinde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada servikal vertebralardan yapay sinir ağlarının kullanımı ile cinsiyetin belirlenebileceği tespit edilmiştir.

Mevcut YSA modellerinin verileri eğitim kümesine göre tamamlanmıştır.

Bilimsel amaç ile geliştirmiş olduğumuz arayüz uygulamasına yeni ölçümlerin girilebileceği bölümler eklenerek rutin klinik kullanıma uygun hale getirebilecektir.

YSA ve çalışmamızda kullanılan ölçümler sayesinde büyüme gelişim tespitine ihtiyaç duyulan bilimlerde gözlemcinin vertebra anatomi bilgisine ve sefalometrik radyograf okuma tecrübesine olan gereksinim azaltılmıştır.

Gözlemci tarafından konulan referans noktaları bilgisayar tarafından otomatik olarak tespit edildiğinde daha hızlı değerlendirme imkânı ve oluşacak gözlemci hatalarının etkilerinin de minimuma indirgenebileceği düşünülmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

1. Abdel-Kader HM. The Reliability of Dental X-ray film in assessment of MP3 stages of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*1998;114:427-9.
2. Aja-Fernández S, de Luis-García R, Martín-Fernández MA, Alberola- López C. A computational TW3 classifier for skeletal maturity assessment. A Computing with Words approach. *J Biomed Inform* 2004; 37:99-107.
3. Ajayi EO. Cephalometric norms of Nigerian children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128:653-6.
4. Akın M, Tezcan M, İleri Z. Konvansiyonel ve dijital sefalometrik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 2014; 5(3): 94-7.
5. Akkan N. Kemik yaşı saptanmasında kullanılan Greulich-Pyle ve Tanner- Whitehouse metodlarının karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 1982; 16(1): 1-9.
6. Akkoyun M. Adli Tıp Açısından Yaş Tayini İstenen Olguların Değerlendirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi, Adli Tıp Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Antalya, 2013.*
7. Akyıldız EÜ, Akı H, Çelik S. Adli otopsilerde kemik iliğinde yaşa bağlı sellülarite değişikliği. *Adli Tıp Bülteni.* 2003; 8:75-77.
8. Alhadlaq M, Al-Maflehi NS. New model for cervical vertebral bone age estimation in boys. *J Dental Sci* 2012; 4: 1-5.
9. Alkan A. Predictive Data Mining with Neural Networks and Genetic Algorithms. Ph.D. Thesis, İTÜ, İstanbul, 2001
10. Alkhal HA, Wong RW, Rabie AB. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in Southern Chinese. *Angle Orthod.* 2008; 78:591-6.
11. Allen WI. Historical aspects of roentgenographic cephalometry. *Am J Orthod.* 1963; 49: 451-8.
12. Altan AB, Kocasaraç H, Sinanoğlu HA, Mutaf HA. Türk bireylerde çeşitli maturasyon indikatörleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Dental Journal.* 2015; 18(3): 235-46.
13. Altan M. Servikal vertebraların büyüme ve olgunlaşmaları ile dentofasiyal yapıların büyümeleri arasındaki ilişkilerin longitudinal olarak incelenmesi. *Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti Anabilim Dalı, Doktora tezi, Ankara, 1996.*
14. Arat M, Köklü A, Özdiler E, Rübendüz M, Erdogan B. Kraniofasial ve dentoalveoler yapılarıdaki gelişimin iskelet olgunluk kriterleri dikkate alınarak incelenmesi. *Turk J Orthod.* 1997; 10: 1-10.
15. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi.* 1993. 1.Cilt, Güneş Kitapevi, Ankara.
16. Arslan A, İnce R. Geriye Yayılma Sinir Ağı Kullanılarak Betonarme Kolonların Tasarımı. *Tr. Journal of Engineering and Environmental Sciences.* 1995; 19: 127-35.
17. Atasaral N. El-bilek kemiklerine ve servikal vertebralara göre pubertal büyüme atılım evreleri arasındaki geçiş sürelerinin belirlenmesi ve bunların karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti Anabilim Dalı. Doktora Tezi.* 2007
18. Athanasiou AE. *Orthodontic cephalometry.* 2nd ed. St Louis: Mosby.1997
19. Avery JK. *Oral Development and histology.* 3rd edition, Thieme. 2002
20. Aydın Ö. Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Gelistirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2005, 74.*

21. Baccetti T, Franchi L, Mc Namara Ja. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002; 72:316-23.
22. Baccetti T, Franchi L, Giuntini V, Masucci C, Vangelisti A, Defraia E. Early vs late orthodontic treatment of deepbite: a prospective clinical trial in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 142:75-82.
23. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semi Orthod.* 2005; 11(3):119–129.
24. Baidas L. Correlation between cervical vertebrae morphology and chronological age in Saudi adolescents, *King Saud University Journal of Dental Sciences.* 2012; 3(1): 21–6.
25. Bala M, Pathak A, Jain RL. Assessment of skeletal age using MP3 and hand-wrist radiographs and its correlation with dental and chronological ages in children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2010; 28:95-9.
26. Banerjee KK, Agarwell BBL. Estimation of age from Epiphysael Union at the wrist and ankle joints in the capital city of India. *Forensic Sci Int.* 1998; 98(1-2): 31-39.
27. Baptista RS, Quaglio CL, Mourad LM, Hummel AD, Caetano CA, Ortolani CL, Pisa IT. A semi-automated method for bone age assessment using cervical vertebral maturation. *Angle Orthod.* 2012 Jul; 82(4): 658-62
28. Baransel Isır A, Bakır K, Uçak R. AgNOR Yöntemi ile İnsan Epidermisinden Yaş Tespiti. *Fırat Tıp Dergisi* 2004; 9(3): 75-78.
29. Baransel Isır A, Dülger HE. 1998-2005 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalında raporlandırılan yaş tayini olgularının irdelenmesi. *Türkiye Klinikleri Adli Tıp Dergisi.* 2007; 4(1): 1-6.
30. Başaran G, Ozer T, Hamamci N. Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131:447.e13-20.
31. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements 1. Landmark identification. *Am J Orthod.* 1971; 60(2): 111–27.
32. Beit P, Peltomaki T, Schatzle M, Signorelli L, Patcas R. Evaluating the agreement of skeletal age assessment based on hand-wrist and cervical vertebrae radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 144:838–47.
33. Bica C, Mariana P. Relations between cervical vertebral maturation and chronological age. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation.* 2010; 2(1): 4-7.
34. Bilaloğlu N. Adolesan periyottaki kız çocuklarında sosyo ekonomik durumun menarsa ve iskelet yaşı üzerine etkileri. *Çocuk Hastanesi Dergisi.* 1970; 2(1): 1–12.
35. Bilgin N, Çekin N, Gülmen M.K. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı'na başvuran yaş tayini olgularının retrospektif değerlendirilmesi. *Mersin Üniv. Tıp Fak. Dergisi* 2003; 2: 140-4.
36. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod.* 1967; 37:134-43.
37. Blenkin MRB. *Forensic Dentistry and its Application in Age Estimation from the Teeth Using Modified Demirjian System*, Yüksek Lisans Tezi, Avusturalya, Sidney Üniversitesi, 2005.
38. Bowden Bd. Epiphysial changes in the hand/wrist area as indicators of adolescent stage. *Aust Orthod J.* 1976; 4: 87–104.

39. Boyunağa, Ö. Radyolojik olarak kemik yaşı tayini. *Klinik Pediatri* 2002 1 (2): 81-5.
40. Bressloff PC, Weir DJ. Neural Networks. *Gec Journal of Research*, 1991 8(3): 151-69,
41. Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod.* 1931; 1: 45-66.
42. Brodie AG. On the growth pattern of the human head from the third month to the eighth year of life. *Am J Anat.* 1941; 68: 209-262.
43. Buken B, Safak AA, Buken E, Yazici B, Erkol Z, Erzengin OU. Is the Tanner-Whitehouse (TW3) method sufficiently reliable for forensic age determination of Turkish children? *Turk J Med Sci.* 2010; 40:797-805.
44. Buken B, Safak AA, Yazici B, Buken 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; 173:146-53.
45. Calasans-Maia JA, Neto AS, Batista MM, Alves AT, Granjeiro JM, Calasans-Maia MD. Management of ankylosed young permanent incisors after trauma and prior to implant rehabilitation. *Oral Surgery* 2014; 7:45-51.
46. Caldas MP, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F. Computerassisted analysis of cervical vertebral bone age using cephalometric radiographs in Brazilian subjects. *Braz Oral Res.* 2010;24:120–126.
47. Caldas MP, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F. New formula to objectively evaluate skeletal maturation using lateral cephalometric radiographs. *Braz Oral Res.* 2007; 21:330–5.
48. Cao, F., Huang, H. K., Pietka, E., Gilsanz, V., , Digital hand atlas and web-based bone age assessment: system design and implementation. *Computerized Medical Imaging and Graphics.* 2000; 24: 297-307.
49. Cardoso HF. Accuracy of developing tooth length as an estimate of age in human skeletal remains: the deciduous dentition. *Forensic Sci Int.* 2007; 2;172(1):17-22.
50. Carrea J. Le radio – facies a profil delinee en orthodontometrie. *Semaine Dentaire:* 1924; 412-9.
51. Ceylan İ, Gazilerli Ü. Erzurum yöresi çocuklarındaki Steiner, Downs ve Tweed ölçümlerinin diğer bazı gruplarla karşılaştırılması. *AÜ Diş Hek Fak Derg.* (1992) 19: 143-52.
52. Chang, C. H., Hsieh, C. W., Jong, T. L., Tiu, C. M., 2003, A fully automatic computerized bone age assessment procedure based on phalange ossification analysis, 16th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 463-468.
53. Chapman SM. Ossification of the adductor sesamoid and the adolescent growth spurt. *Angle Orthod J* 1972; 42:236-44.
54. Chatzigianni A, Halazonetis DJ. Geometric morphometric evaluation of cervical vertebrae shape and its relationship to skeletal maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136:481.1-9.
55. Chen J, Hu H, Guo J, Liu Z, Liu R, Li F. Correlation between dental maturity and cervical vertebral maturity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics.* 2010; 110 :777–83.
56. Cortella S, Shofer FS, Ghafari J. Transverse development of the jaws: norms for the posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 112: 519-522.
57. Cutrera A, Barbato E, Maiorana F, Giordano D, Leonardi R. Reproducibility and speed of landmarking process in cephalometric analysis using two input devices: mouse-driven cursor versus pen. *Ann Stomatol.* 2015; 6(2): 47-52.

58. Çakar T, Türker AK, Toraman A. İmalat Sistemlerinin Tasarlanmasında Yapay Sinirsel Ağların Kullanılması. Birinci Ulusal Zeki İmalat Sistemleri Sempozyumu, Sakarya, Mayıs 1996,
59. Darendeliler F, Bundak R. Boy kısalığına yaklaşım. The journal of current pediatrics. 2005; 3: 49-52.
60. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. Annals of Human Biology. 1976; 3(5): 411-421.
61. Devecioğlu J, Arslan SG, Dar O, Özer T. Erkek bireylerde servikal vertebra kemik yaşının kronolojik ve iskelet yaş ile karşılaştırılması. Dicle Tıp Dergisi. 2006; 33(1): 1-6.
62. Downs WB. Variations in facial relationships. Their significance in treatment and prognosis. Am J Orthod 1948; 34: 812-40.
63. Drake R, Vogl A, Mitchell A. Gray's Anatomi. Güneş Kitapevi. 2011 İstanbul.
64. Dulger HE, Baransel A, Ucak R. Age estimation using agnor and immunohistochemical indicators of abdomen skins. Anadolu Tıp Dergisi 2005; 7(1): 25-30.
65. Durka-Zajac M, Marcinkowska A, Mituś-Kenig M. Bone age assessment using cephalometric photographs. Pol J Radiol 2013; 78:19-25.
66. Efe, Ö. ve Kaynak, O. Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayını No: 696.2000
67. Ekizoğlu O, Hocaoğlu E, İnci E. Bilgisayarlı Tomografi ile Frontal Sinüs Morfometrik Analizinin Cinsiyet Belirlenmesinde Kullanımı. Adli Tıp Bülteni. 2017;22(2):91-6.
68. Elmas Ç. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama). 2003, Seçkin Yayıncılık. Ankara
69. Elsberg CA, Dyke CG. The diagnosis and localization of tumors of the spinal cord by means and measurements. Bull Neurol Inst NY. 1934; 3:359-94
70. Erkoç R. İnsan Anatomi ve Fizyolojisi. 1967, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.
71. Erverdi N. Diş yaşı, kemik yaşı ve kronolojik yaş arası ilişkinin araştırılması. Turkish Journal of Orthodontics. 1988; 1(1):30-41.
72. Eser C, Gencil E, Gökdoğan M, Kesiktaş E, Yavuz M. Comparison of Autologous and Heterologous Bone Graft Stability Effects for Filling Maxillary Bone Gap After Le Fort 1 Osteotomy. Adv Clin Exp Med. 2015; 24(2): 341-8.
73. Farman AG, Nortje CJ, Joubert JJ. Radiographic profile of the first cervical vertebra. J Anat 1979; 128: 595-600
74. Fausett, L. Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications, 1994, Prentice Hall
75. Fırat M, Güngör M. Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. İMO Teknik Dergi 2004; 3267-3282, 219
76. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: A clinically oriented method based on hand-wrist films. The Angle Orthodontist. 1982; 52(2): 88-112.
77. Fishman LS. Maturational patterns and prediction during adolescence. The Angle Orthodontist. 1987; 57(3): 178-193.
78. Flores C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on hand- wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: systematic review. Angle Orthod. 2004; 74:118-24.



79. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000; 118(3): 335–340.
80. Franchi L, Pavoni C, Faltin K Jr, McNamara JA Jr, Cozza P. Long term skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *Angle Orthod* 2013; 83:334-40.
81. Gaddam R, Shashikumar HC, Lokesh NK, Suma T, Arya S, Shwetha GS. Assessment of Image Distortion from Head Rotation in Lateral Cephalometry. *J Int Oral Health*. 2015; 7(6): 35-40.
82. Gandini P, Mancini M, Andreani FA. Comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod* 2006; 76: 984-9.
83. Ganong FW. *Review of Medical Physiology*, 15. Edition. Beirut: Tyropress, 1991.
84. Garcia-Fernandez P, Torre H, Flore L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod* 1998; 33(4): 221-225.
85. Garn SM, Rohmann CG. The number of hand-wrist centers. *American Journal of Physical Anthropology*. 1960; 18: 293–299.
86. Gertych, A, Zhang A, Sayre J, Kurkowska SP, Huang HK. Bone age assessment of children using a digital hand atlas. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. 2007; 31: 322-31.
87. Gilsanz, V, Ratib O. *Hand Bone Age: A Digital Atlas of Skeletal Maturity*, 2005, Springer, Almanya.
88. Giordano D, Leonardi R, Maiorana, F, Scarciofalo G, Spampinato C. Epiphysis and Metaphysis Extraction and Classification by Adaptive Thresholding and DoG Filtering for Automated Skeletal Bone Age Analysis, *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2007*
89. Gök Ş, Erölçer N, Özen C. *Adli tıpta yaş tayini*, Adli Tıp Kurumu Yayınları, 1985, 2. Baskı, İstanbul;
90. Görler O, Akkoyun S. Artificial Neural Networks Can be Used as Alternative Method to Estimate Loss Tooth Root Sizes for Prediction of Dental Implants, *Cumhuriyet University Faculty of Science Science Journal (CSJ)*. 2017; 38, (2)1300-1949
91. Graber TM, Swam BF. *Orthodontics current principles and techniques*. The CV Mosby Company, St. Lois. Toronto. Princeton. 1985; 34-40
92. Grave KC. Timing of facial growth: a study of relations with stature and ossification in the hand around puberty. *Australian Orthodontic Journal*. 1973; 3(4):117–22.
93. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic Atlas of Skeletal Development of hand and Wrist*. 1966, Stanford University Press, 2nd Edition.
94. Greulich WW. A comparison of the physical growth and development of American-born and native Japanese children. *American Journal of Physical Anthropology*. 1957; 15(4): 489–515.
95. Grimberg, A., De Leon, D. Disorders of Growth. In: T Moshang, L Bell (eds). *Pediatric Endocrinology: The Requisites in Pediatrics*, 2005, Elsevier Mosby, Philadelphia, USA.
96. Gupta M, Divyashree R, Abhilash P, A Bijle MN, Murali K. Correlation between chronological age, dental age and skeletal age among monozygotic and dizygotic twins. *J Int Oral Health* 2013; 5:16-22.
97. Gülyurt M. *Ortodonti Yöğnden Büyüme ve Gelişim*, 1989, Atatürk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları, Erzurum.
98. Günay N. 6-18 yaşlar arasındaki kız ve erkek çocuklarda kronolojik yaş kemik yaşı ilişkileri. *Atatürk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 1973; 1(1):3-16
99. Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 1982;82:299-309.

- 100.Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980; 38:187-200
- 101.Hasaltın E, Beşdok E. El-bilek röntgen görüntülerinden radyolojik kemik yaşı tespitinde yapay sinir ağları kullanımı, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa; Türkiye, 2004; 8-12.
- 102.Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1995; 107(6); 58–66.
- 103.Hasund A. *Klinische kephalometrie für die Bergen-Technik. Kieferorthopädische Abteilung des Zahnärztlichen Institutes der Universität in Bergen, Bergen.* 1974.
- 104.Hellsing E. (1991). Cervical vertebral dimensions in 8-, 11-, and 15-year-old children. *Acta Odontologica Scandinavica.* 1991; 49(4) :207–213.
- 105.Hinck V, Clarke W, Hopkins C. Normal interpediculate distances (minimum and maximum) in children and adults. *AJR* 1966; 97: 141-153
- 106.Hofrath H. Die Bedeutung der Röntgenfern und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien, *Fortschr. Ortod.* 1931: 232-58.
- 107.Hsieh, CW, Jong TL, Tiu CM. Bone age estimation based on phalanx information with fuzzy constrain of carpals, *Medical and Biological Engineering and Computing*, 2007; 45; 283-95.
- 108.Hunter CJ. The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod.* 1966; 36:44–54.
- 109.İşcan H: *Ortodontik muayene ve ortodontik tedaviler*, Ankara: G.Ü.Diş Hek.Vakfı G.Ü.İ.V.yayınları No.4, 9-167, 1991.
- 110.Jacobson A. *Radiographic cephalometry from basics to video imaging.* Chicago: Quintessence Publishing Co. 2013. 1996; 54(11): 1378.
- 111.Jacobson A. The Wits appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod.* 1975; 67: 125-138.
- 112.Jantan, S, Hussain A, Mustafa MM. Distal radius bone age estimation based on fuzzy model, *Conference on Biomedical Engineering & Sciences*, 2010; 427-32.
- 113.Jayaraman J, Wong HM, King NM, Roberts GJ. The FrenchCanadian data set of Demirjian for dental age estimation: A systematic review and meta-analysis. *J Forensic Leg Med* 2013; 20:3733-81
- 114.Johal A, Battagel JM. Current principles in the management of obstructive sleep apnoea with mandibular advancement appliances. *Br Dent J.* 2001; 190:532-6.
- 115.Joshi VV, Iyengar AR, Nagesh KS, Gupta J. Comparative study between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal age. *Rev Clín Pesq Odontol.* 2010;6:207-13.
- 116.Junqueira CH, Janson G, Junqueira MH, Mendes LM, Favilla EE, Garib DG. Comparison between full face and hemifacial CBCT cephalograms in clinically symmetrical patients: a pilot study. *Dental Press J Orthod.* 2015; 20(2): 83-9.
- 117.Kamal M, Goyal S. Comparative evaluation of hand wrist radiographs with cervical vertebrae for skeletal maturation in 10-12 years old children. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry.* 2006; 24(3): 127–35.
- 118.Kasımoğlu Y, Tuna-İnce EB. Diş hekimliğinde kemik yaşı tayininde kullanılan yöntemler. *Acta Odontol Turc* 2016;33(1):39-46

119. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures: part 1, results and trends. *J Clin Orthod.* 2008; 42: 625-640.
120. Kırzioğlu Z, Ceyhan D. Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children. *Forensic Sci Int* 2012;216(1-3):61-7.
121. Kierszenbaum F. Mechanisms of pathogenesis in Chagas disease. *Acta Parasitol.* 2007; 52: 1-12.
122. Kim HJ, Kim WY. Computerized Bone Age Assessment Using DCT and LDA, *Computer Vision/Computer Graphics Collaboration Techniques, Lecture Notes in Computer Science.* 2007; 4418: 440-8.
123. Kirkeby S, Garbarsch C. Histochemical studies of the masseter, the temporal and small zygomaticomandibular, and the temporomandibular masticatory muscles from aged male and female humans. Fiber types and myosin isoforms. *Cranio* 2001; 19(3): 174-82.
124. Kluemper GT, Spalding PM. Realities of craniofacial growth modification. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2001; 9:23-51.
125. Knoefel M. Age-related morphological changes in fifth cervical vertebrae. 1999. University of Alberta
126. Knudson RC, Meyer JB, Jr., Montalvo R. Sleep apnea prosthesis for dentate patients. *J Prosthet Dent.* 1992; 68:109-11.
127. Koç A, Karaoglanoglu M, Erdoğan M, Kosecik M, Cesur Y. Assessment of bone ages: Is the Greulich-Pyle method sufficient for Turkish boys? *Pediatrics International*, 2001; 43: 662-5.
128. Kositbowornchai S, Plermkamon S, Tangkosol T. Performance of an artificial neural network for vertical root fracture detection: An ex vivo study. *Dent Traumatol.* 2013; 29:151-5.
129. Kumar V, Hegde KS, Bhat SS. The relationship between dental age, bone age and chronological age in children with short stature. *IJCD* 2011; 2:6-11.
130. Kurtulmuş H, Çötört S, Tuncer AV. Obstrüktif Uyku Apnesinin Tanısında Lateral Sefalometrik Yaklaşım ve Mandibular İlerletici Splint ile Tedavisi. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2007; 28:113-122.
131. Küçükkeleş N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 1999; 24(1):47-52.
132. Fausett LV. *Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms, and Applications*, 1994, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
133. Lai E, Liu J, Chang J, Tsai J, Yao J, Chen H. Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: hand-wrist bones or cervical vertebrae? *Journal of the Formosan Medical Association.* 2008; 107(4): 316-325.
134. Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. Master Thesis, Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1972.
135. Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics.* 1975; 67(4): 458-459.
136. Lewis CP, Lavy CB, Harrison WJ. Delay in skeletal maturity in Malawian children. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84: 732-4.
137. Liu J, Qi J, Liu Z, Ning Q, Luo X. Automatic bone age assessment based on intelligent algorithms and comparison with TW3 method. *Computerized Medical Imaging and Graphics.* 2008; 32: 678-84.

- 138.Loi H, Nakata S, Nakasima A. Comparasion of cephalometric norms between Japanese and Caucasian adults in antero-posterior and vertical dimension. *Eur J Orthod.* 2007; 29:493-499
- 139.Lurie AG. Panoramic Imaging. In: *Oral Radiology Principles and Interpretation*, Eds: White SC, Pharaoh MJ, 6th ed. China: Mosby Elsevier. 2009: 175-90.
- 140.Magnusson ET. Skeletal maturation of the hand in Iceland. *Acta Odonto Scand* 1979; 37: 21-28.Dergisi,1997; 10(1): 1-9.
- 141.Marshall WA, Limongi Y. Skeletal maturity and the prediction of age at menarche. *Annals of Human Biology.* 1976; 3(3): 235–43.
- 142.Mcnamara JA. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod.* 1984; 86: 449-69.
- 143.McWilliam JS, Welander U. The effect of image quality on the identification of cephalometric landmarks. *Angle Orthod.* 1978; 48(1): 49-56.
- 144.Mendes YB, Bergmann JR, Pellissari MF, Hilgenberg SP, Coelho U. Analysis of skeletal maturation in patients aged 13 to 20 years by means of hand wrist radiographs. *Dental Press J Orthod.* 2010; 15:74-9.
- 145.Menteş A, Ergeneli S, Tanboğa İ. Applicability of Demirjian’s standards to the Turkish children's dental age estimation. *J Marmara Univ Dent Fac.* 2000; 4(1):63-8.
- 146.Menteş, A. Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000, İstanbul.
- 147.Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122:380–5.
- 148.Moyers RE, Bookstein FL. The inappropriateness of conventional cephalometrics. *Am J Orthod.* 1979; 75: 599-617.
- 149.Mul D, Fredriks M, van Buuren S, Oosdijk W, VerlooveVanhorick SP, Wit JM. Pubertal development in The Netherlands 1965–1997. *Pediatr Res.* 2001; 50: 479–86
- 150.Muller L. *Cephalometrie et orthodontie.* Soc des Publ Med et Dent, Paris. 1970; 7-10.
- 151.Nabiyev V., *Yapay Zekâ Problemler, Yöntemler, Algoritmalar, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2005.*
- 152.Nabiyev VV. *Yapay Zekâ, Seçkin Yayıncılık. Ankara, 2003.*
- 153.Naderi S, Çakmakçı H, Acar F, Arman C. Mertol T, Arda MN. Anatomical and computed tomographic analysis of C1 vertebra. *Clinical Neurology and Neurosurgery.* 2003; 105(4):245–248.
- 154.Neyzi O, Alp H, Orhon A. Sexual maturation in Turkish girls. *Annals of Human Biology.* 1975; 2(1): 49–59.
- 155.Nur B, Kuşgöz A, Bayram M, Celikoglu M, Nur M, Kayipmaz S. Validity of Demirjian and Nolla methods for dental age estimation for Northeastern Turkish children aged 5-16 years old. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17(5): 871-7.
- 156.O’Reilly TM, Reilly TM, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae. *The Angle Orthodontist.* 1988; 5(8):179-84.
- 157.Oh S, Kim CY, Hong JA. Comparative study between data obtained from conventional lateral cephalometry and reconstructed three-dimensional computed tomography images. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2014; 40(3): 123-9.
158. Okutan R. Boyun omurlarından yararlanılarak belirlenen iskelet yaşının güvenilirliğinin incelenmesi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti Anabilim Dalı, Doktora tezi, İstanbul, 2016

- 159.Ontell FK, Ivanoviç M, Ablin DS, et al. Bone age in children of diverse ethnicity. *AJR*. 1996; 167: 1395–8,
- 160.Özer T, Kama JD, Ozer SY. A practical method for determining pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 6: 130-1
- 161.Öztemel E. *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, Ağustos 2003.
- 162.Panchbhai AS. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. *Dentomaxillofacial Radiolog*. 2011; 40: 199–212
- 163.Parent AS, Teilmann G, Juul A, Skakkebaek NE, Toppari J, Bouguignon JP. The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity: variations around the world, secular trends, and changes after migration. *Endrocr Rev* 2003; 24: 668–93.
- 164.Perinetti G, Contardo L, Gabrieli P, Baccetti T, Di Lenarda R. Diagnostic performance of dental maturity for identification of skeletal maturation phase. *Eur J Orthod*. 2012; 34:487-92.
- 165.Persaud M., Moore KL. *İnsan Embriyolojisi (Klinik yönleri ile)*. Çeviren: Dalçık H, Yıldırım M, Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul. 2002.
- 166.Peştemalcı T, Kahraman G: Türk erkeklerinde üst ekstremiteye ait bazı ölçüm ve oranlar. *Morfoloji Dergisi (Journal of Morphology)*, 2001; 9(2):37-40.
- 167.Proffit WR, Fields HW. *Contemporary Orthodontics*. Mosby-Year Book, 2000, St.Louis.
- 168.Pryor W. The hereditary nature of variation in the ossification of bones. *Anat Record*. 1907; 1:84–87.
- 169.Pyle I, Sontag LW. Variability in onset of ossification in epiphyses and short bones of the extremities. *Am J Roentgenol* 1943; 49:795-8.
- 170.Rajagopal R, Kansal S. A comparison of modified MP 3 stages and the cervical vertebrae as growth indicators. *J Clin Orthod* 2002; 36:398-406.
- 171.Ranke J. Über die ossifikation. *München Med. Wschr*. 1896; 43: 686.
- 172.Ricketts RM. A foundation for cephalometric communication. *Am J Orthod*. 1960; 46: 330-357.
- 173.Ricketts RM, Bench RW, Hilgers JJ, Schulhof R. An overview of computerized cephalometrics. *Am J Orthod*. 1972; 61: 1-28.
- 174.Ricketts RM. Perspectives in clinical application of cephalometrics. *Angle Orthod*. 1981; 51: 115–150.
- 175.Ricky WK, Wong, a Hessa A, Alkhal, b A, Bakr M, Rabiec Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:484.e1-484.e6
- 176.Riesser JC. The İliac Apophysis: An invaluable sign in the Management of Scoliosis. *Clin Orthop* 1958; 11:111-119
- 177.Rijn R, Lequin MH, Thodberg HH. Automatic determination of Greulich and Pyle bone age in healthy Dutch children. *Pediatric Radiology*. 2009; 39(6): 591–597.
- 178.Roche AF, Johnson JM. A comparison between methods of calculating skeletal age (Greulich-Pyle). *American Journal of Physical Anthropology*. 1969; 30(2): 221–229.
- 179.Roche AF, Roberts J, Hamill PV. Skeletal maturity of youths 12-17 years, United States. *Vital and Health Statistics. Series*. 1976; 11: 1–90.
- 180.Rubin RM. Making sense of cephalometrics. *Angle Orthod*, 1997; 67: 83–5.
- 181.Ruel W, Bench RS. Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face, and denture behavior, *American Journal of Orthodontics*. 1963; 49(3): 183–214.

- 182.Ruf S, Pancherz H. When is the ideal period for Herbst therapy-early or late? *Semin Orthod* 2003; 9:47-56.
- 183.Rübendüz M, Kanık A. 10-15 yaş arası kız ve erkek çocuklarda retardasyon, ortalama gelişim ve gelişim ileriliğinin karşılaştırılması olarak incelenmesi. *Türk Ortodonti Dergisi*. 1997; 10(1): 31-37.
- 184.Sachan K, Sharma VP, Tandon P. A correlative study of dental age and skeletal maturation. *Indian J Dent Res* 2011; 22:882.
- 185.San-Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 2002; 24:303-11.
- 186.Sassouni V. Diagnosis and treatment planning via roentgenographic cephalometry. *Am J Orthod* 1958; 44: 433-463.
- 187.Schmeling A, Reisinger W, Loreck D et al. Effects of ethnicity on skeletal maturation: Consequences for forensic age estimations. *Int J Legal Medicine* 2000; 113: 253-258.
- 188.Schmeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A. Forensic Age Estimation of Live Adolescents and Young Adults, 2008: 270-284.
- 189.Seok-Ki J, Tae-Woo K. New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:127-33
- 190.Shahidi Sh, Oshagh M, Gozin F, Salehi P, Danaei SM. Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks by a designed software. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013; 42(1): 20110187.
- 191.Singer J. Physiologic Timing of Orthodontic Treatment *Angle Orthod*. 1980; 50(4):322-332.
- 192.Sierra AM. Assessment of dental and skeletal maturity: A new approach. *The Angle Orthodontist*. 1987 57(3):194–208.
- 193.Slaughter GEF, Artificial Neural Network for Temporal Impedance Recognition of Neurotoxins, M.S. Thesis, Virginia Commonwealth University, Virginia, 2003, 115.
- 194.Sreelal T, Janardanan K, Nair AS, Nair AS. Age changes in horizontal condylar angle: a clinical and cephalometric study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2013; 13(2): 108-12.
- 195.Steiner CC. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953; 39: 729-755.
- 196.Stout SD. The use of histomorphology to estimate age. *J Forensic Sci* 1998; 33(1): 121-125.
- 197.Şahin Sağlam AM, Gazilerli U. The relationship between dental and skeletal maturity. *J Orofac Orthop* 2002; 63:454-62.
- 198.Bozüyük T. Yapay Zeka Teknolojilerinin Endüstrideki Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul: 2005.
- 199.Tanner J, Oshman D, Bahhage F, Healy M. Tanner-Whitehouse bone age reference values for North American children. *The Journal of Pediatrics*. 1997; 131(5): 34– 40.
- 200.Tanner JM, Healy MJR, Goldstein NH, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method). 3rd ed. London: W.B. Saunders, 2001
- 201.Taylor JR. Growth of human intervertebral discs and vertebral bodies. *Journal of Anatomy*. 1975; 120(1):49–68.
- 202.Teke HY, Duran S, Canturk N. Determination of gender by measuring the size of the maxillary sinuses in computerized tomography scans. *Surg Radiol Anat*. 2007; 29:9–13.

203. Tunç ES, Koyutürk AE. Dental age assessment using Demirjian's method on northern Turkish children. *Forensic Science International*. 2008; 175(1): 23–26.
204. Turhan NA. Normal okluzyona sahip Ankara bölgesi çocuklarında yaşa ve cinsiyete göre sefalometrik normlar. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 2009
205. Tweed CH. The Frankfort mandibular plane angle in orthodontic diagnosis, classification, treatment planning and prognosis. *Am J Orthod*. 1946; 32: 175-230.
206. Uysal T, Ramoğlu SI, Başçıftçi FA, Sâri Z. Chronologic age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: is there a relationship? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006; 130(5): 622–28.
207. Uysal T, Sâri Z, Ramoğlu SI, Başçıftçi FA. Relationships between dental and skeletal maturity in Turkish subjects. *Angle Ortho* 2004; 74:657-64.
208. Uzel İ, Enacar A. Ortodontide Sefalometri. 1. Baskı. Adana, Çukurova Üniversitesi Basımevi. 2000, s. 64.
209. Ülgen M. Ortodonti Anomalileri, Sefalometri, Etiyoloji, Büyüme ve Gelişim, Tanı. Ankara. 2010; 975-482-533-5.
210. Ünver T. El-Bilek Kemikleri, Servikal Vertebra Ve Dişlerin Gelişim Dönemlerine Göre Kronolojik Yaş Evrelerinin El-Bilek Grafileri Ve Dental Volumetrik Tomografi İle Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 2013
211. Vilman H. The growth of the first cervical vertebrae in the rat. *American Journal of Orthodontics*. 1983;84(2): 160–165.
212. White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 7th Ed., St. Louis Elsevier Health Sciences. 2014;166-184
213. Wong RW, Alkhal HA, Rabie AB. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136:484. 1-6.
214. Yarımoğlu HB. Yaş tayini uygulamalarında epifiz plağı kapanma derecelerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Adli Tıp Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi. 2005.
215. Yasav M. Yapay Sinir Ağlarıyla Yüz Mimiklerinin Tanınması. Yüksek lisans tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı 2008
216. Yeloğlu Ö, Uğur A. Modern Programlama Platformlarında Yapay Sinir Ağı Yazılımlarının Geliştirilmesi. *Bilgi Teknolojileri Kongresi III (Bilgitek 2004)*, Denizli, 1-8, 2004.
217. Yılmaz Ö. Adli Tıp Kurumu'nda Yaş Tayininde Kullanılan Yöntemin Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, İstanbul. 2006.
218. Zhang A, Gertych A, Liu BJ. Automatic bone age assessment for young children from newborn to 7 year old using carpal bones. *Computerized Medical Imaging and Graphics* 2007: 31; 299-310.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

28.07.1987 tarihinde Çankaya’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ahmet Yesevi ilköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini Diyarbakır Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ ni kazandı. 2011 yılında mezun oldu. 2014 yılında Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimine başladı. Halen aynı anabilim dalında uzmanlık öğrencisidir.





## 9. EKLER

### Ek 1: Etik Kurul Onayı



NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ

DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: 2017/02

08.02.2017

**Sayın Yrd.Doç.Dr.Hatice KÖK**

*Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurulu'nun 08.02.2017 tarihinde yapılan 2017/02 sayılı toplantısında, yürütücüsü olduğunuz "Ortodontide Yapay Zeka Yöntemleri ile Büyüme Gelişim Dönemlerinin Tespiti" başlıklı projenin bilimsel etik açıdan uygun olduğuna karar verildi.*

*Saygılarımla...*

**Doç. Dr. Ali Rıza TUNÇDEMİR**

NEÜ Diş Hekimliği Fakültesi

İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar

Etik Kurul Bşk.