T.C.

SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

AĞIZ DİŞ ve ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

SEFALOMETRİK VE PANORAMİK GRAFİLER İLE FARKLI YAŞ TAYİNİ METOTLARI KULLANILARAK ELDE EDİLEN TAHMİNİ YAŞLARIN, KRONOLOJİK YAŞLA KARŞILAŞTIRILMASI

Dt. Kadriye Senem Soydaş

Uzmanlık Tezi

Ankara / 2025

SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

AĞIZ DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

SEFALOMETRİK VE PANORAMİK GRAFİLER İLE FARKLI YAŞ TAYİNİ METOTLARI KULLANILARAK ELDE EDİLEN TAHMİNİ YAŞLARIN, KRONOLOJİK YAŞLA KARŞILAŞTIRILMASI

Dt. Kadriye Senem Soydaş

Uzmanlık Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Savaş Özarslantürk

Ankara / 2025

BEYAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

Mevcut tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu,

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

Mevcut tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,

Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Dt. Kadriye Senem SOYDAŞ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR vi

SİMGELER ve KISALTMALAR vii

ŞEKİLLER ix

TABLOLAR xi

ÖZET xiii

ABSTRACT xv

1. GİRİŞ ve AMAÇ 1

1.1. HİPOTEZLER 3

2. GENEL BİLGİLER 4

2.1. KRONOLOJİK VE BİYOLOJİK YAŞ 4

2.2. KEMİK YAŞI 4

2.3. DİŞ YAŞI 5

2.3.1. Dişlerin Oluşumu 5

2.3.2. Diş Anatomisi ve Histolojisi 8

2.4. KEMİK VE DİŞ YAŞI TAYİN METOTLARI 12

2.4.1. Histolojik ve Biyokimyasal Yöntemler 13

2.4.2. Radyolojik Yöntemler 16

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER 43

3.1. GÖRÜNTÜLERİN DAHİL EDİLME KRİTERLERİ; 43

3.2. HASTALARIN DAHİL EDİLME KRİTERLERİ 44

3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 46

3.3.1. Regresyon Analizi 47

3.3.2. Pearson Korelasyon Analizi 47

3.3.3. Intraclass Correlation Coefficient (ICC) 48

3.3.4. Durbin-Watson Testi 48
3.3.5. Bağımsız t-Testi 48
3.3.6. Ki-Kare Testi 49
4. BULGULAR 50
4.1. TAMAMLAYICI İSTATİSTİKLER 50
4.1.1. CVMI Yöntemi için Tamamlayıcı İstatistikler 50
4.1.2. Cameriere Vba Yöntemi için Tamamlayıcı İstatistikler 53
4.1.3. TCI-Benindra için Tamamlayıcı İstatistikler 54
4.2. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 55
4.2.1. Cameriere Vba Yöntemi İçin İstatistiksel Analizler 63
4.2.2. TCI- Benindra Yöntemi İçin Bulgular 68
4.3. UYUM İSTATİSTİKLERİ VE HATA METRİKLERİ 74
4.3.1. CVMI Yöntemi İçin Uyum İstatistikleri 74
4.3.2. Cameriere Vba Yöntemi İçin Uyum istatistikleri 79
4.3.3. TCI Benindra Yöntemi İçin Uyum İstatistikleri 82
5. TARTIŞMA 88
6. SONUÇLAR 108
7. KAYNAKÇA 110

TEŞEKKÜR

Her aşamada özverisi, sabrı ve içtenliğiyle yanımda olan; rehberliğiyle yolumu aydınlatan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Savaş ÖZARSLANTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman anlayışla yaklaşan, sorunlarımızı dikkatle dinleyen ve desteğini esirgemeyen Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. İsmail Hakan AVSEVER'e gönülden teşekkür ederim.

Akademik sürecim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan, desteklerini her daim hissettiren kıymetli hocalarımız Doç. Dr. Buğra ŞENEL, Doç. Dr. Hilal PEKER ÖZTÜRK, Dr. Öğr. Üyesi Canan UZUN ve Dr. Öğr. Üyesi Hatice Seda ÖZGEDİK'e teşekkür ederim.

Klinik sorumlulukları üstlenerek bana alan açan, iş birlikleri ve dostluklarıyla süreci kolaylaştıran sevgili arkadaşlarım Dt. İremnur SAMBUR, Dt. Edanur KAYA ve Dt. Anıl Hamdi TURAL'a teşekkür ederim.

Desteğini ve dayanışmasını esirgemeyen, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'ndaki tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tüm zorluklara rağmen bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan sevgili annem Yasemin AYHAN ve babam Raşit Aydın AYHAN'a şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca karşıma çıkan engelleri daha ben fark etmeden bertaraf eden, beni asla yalnız yürütmeyen ve her daim yol gösteren canım ablam Sıdıka Sena AYHAN KAĞAN'a kalpten teşekkür ederim.

Tüm süreç boyunca yaşanan sıkıntıları göğüsleyerek sabrıyla yanımda olan, sevgili eşim, büyük destekçim Muhammed Ali SOYDAŞ'a gönülden teşekkür ederim.

Mesleki yolculuğumda ilham kaynağım olan, sevgileri ve rehberlikleriyle yön gösteren değerli kuzenlerim Prof. Dr. Figen ÇİZMECİ ŞENEL'e ve Dr. Öğr. Üyesi Fulya BASMACI'ya teşekkür ederim.

SİMGELER ve KISALTMALAR

KISALTMALAR	AÇIKLAMALAR
ADA:	American Dentistry Assosiation
BT:	Bilgisayarlı Tomografi
C1:	Birinci Servikal Vertebra
C2:	İkinci Servikal Vertebra
C3:	Üçüncü Servikal Vertebra
C4:	Dördüncü Servikal vertebra
C5:	Beşinci Servikal Vertebra
C6:	Altıncı Servikal Vertebra
C7:	Yedinci Servikal Vertebra
CH:	Coronal Height
CPCH:	Coronal Pulp Cavity Height
CVMI:	Cervical Vertebral Maturation Index
CVMS:	Cervical Vertebral Maturation Stage
DVT:	Dental Volumetrik Tomografi
DW:	Durbin-Watson Katsayısı
GP:	Greulich-Pyle
GPA:	Genelleştirilmiş Prokrustes Analizi
I3M:	3. Molar Maturation Index
ICC:	Intraclass Coefficiency
KIBT:	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
kV:	Kilovoltaj

mA:	Miliamper
Mikro-BT:	Mikro Bilgisayarlı Tomografi
MSE:	Mean Squared Error
MP3:	3. Mediyal Falanks
NBC:	Normal Bayesian Kalibrasyonu
OPG:	Ortopantomografik Grafi
PCA:	Temel Bileşenler Analizi
RMSE:	Root Mean Squared Error
SMI:	Skeletal Maturation Index
TCI:	Tooth Coronal Index
TW:	Tanner-Whitehouse
Va:	C4 Vertebra Anterior Yüksekliği
Vb:	C4 Vertebra Posterior Yüksekliği
Vba:	C4 Vertebra Anterior/Posterior Yükseklik

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Dişlerin gelişim evreleri 8
Şekil 2.2. Gustafson yönteminin şematik gösterimi 15
Şekil 2.3. Panoramik radyografi örneği 19
Şekil 2.4. Sefalometrik radyografi örneği 21
Şekil 2.5. El-bilek radyografisi örneği 22
Şekil 2.6. Fishman metodundaki 11 aşamanın radyografik görüntüleri 24
Şekil 2.7. Fisman yöntemindeki 11 aşamanın el-bilek üzerinde şematik gösterimi 25
Şekil 2.8. Tipik servikal vertebra örneği 26
Şekil 2.9. C1 vertebra (Atlas) 26
Şekil 2.10. C2 vertebra (Aksis) 27
Şekil 2.11. Lamparski'nin tanımladığı servikal vertebra maturasyon aşamaları 28
Şekil 2.12. Hassel ve Farman'ın tanımladığı servikal vertebra maturasyon aşamaları 29
Şekil 2.13. Cameriere'nin Vba yöntemine ait ölçümler 30
Şekil 2.14. Schour ve Massler'in dişsel gelişim şeması 32
Şekil 2.15.Ubelaker'in dental gelişim tablosu 32
Şekil 2.16. Londra Atlası 33
Şekil 2.17. WITS Atlası 34
Şekil 2.18. Kvaal metodunda yapılan ölçümler 35
Şekil 2.19. Nolla'nın evreleme sistemi 36
Şekil 2.20. Moorrees'in evreleme sistemi 37
Şekil 2.21. Demirjian yönteminde tanımlanan aşamalar 38
Şekil 2.22. Drusini yönteminde kron pulpası ve kron yüksekliği ölçümleri 39
Şekil 2.23. Açık Apeks Yönteminde Yapılan Ölçümler 40
Şekil 2.24. Cameriere'nin pulpa ve diş alan ölçümleri 42
Şekil 3.1. Ortopantomografi Cihazı 45
Şekil 3.2. Sefalometrik radyografi ünitesi 45
Şekil 3.3. Monitör 46
Şekil 4.1. CVMI evrelerine göre ortalama yaş dağılımı 52
Şekil 4.2. CVMI evrelerine göre Vba oranlarının bireysel dağılımı ve ortalama değerleri ... 54
Şekil 4.3. CVMI ve cinsiyet bağımsız değişkenleri kullanılarak oluşturulan regresyon modeline göre yaş tahminleri 59
Şekil 4.4. Kadın ve erkek bireyler için CVMI temelli regresyon modellerine göre yaş tahminleri 62

Şekil 4.5. Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği Vba temelli regresyon modeline göre yaş tahminleri 65
Şekil 4.6. Kadın ve erkek bireyler için Vba temelli regresyon modellerine göre yaş tahminleri 67
Şekil 4.7. Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği TCI temelli regresyon modeline göre yaş tahminleri 70
Şekil 4.8. Kadın ve erkek bireyler için TCI temelli regresyon modellerine göre yaş tahminleri 73
Şekil 4.9. Cinsiyete göre yaş tahmin yöntemlerinin açıklayıcılığı (R^2 karşılaştırması) 73
Şekil 4.10. CVMI kombine modeline ait Bland-Altman grafiği 77
Şekil 4.11. CVMI Kadın ve erkek modeline ait Bland-Altman grafiği 77
Şekil 4.12. Vba oranına dayalı kombine modele ait Bland-Altman grafiği 81
Şekil 4.13. Vba oranına dayalı kadın ve erkek modellerine ait Bland-Altman grafiği 81
Şekil 4.14. Kombine model için Bland-Altman grafiği 83
Şekil 4.15. Kadın ve erkek modellerine ait Bland-Altman grafiği 86
Şekil 4.16. Yöntem ve cinsiyete göre gerçek yaş medyanı ile tahmin edilen yaşın medyan ± RMSE aralığının karşılaştırmalı gösterimi 87

TABLOLAR

Tablo 3.1. Yaşların ondalık karşılığı 46
Tablo 4.1. Kronolojik yaş dağılım tablosu 50
Tablo 4.2. CVMI evreleme sistemine göre hastaların yaş dağılımı 51
Tablo 4.3. Vba oranlarının dağılımı 53
Tablo 4.4. TCI ölçümlerinin dağılımı 55
Tablo 4.5. Cinsiyete bağlı CVMI evre dağılımı: ki-kare analizi bulguları 56
Tablo 4.6. Cinsiyete göre CVMI ile yaş arasındaki Pearson korelasyon sonuçları... 57
Tablo 4.7. Yaş tahmini için CVMI ve cinsiyetin bağımsız değişken olarak alındığı regresyon analizi 58
Tablo 4.8. Erkeklerde CVMI evreleri ile yaş tahmini: regresyon analizi sonuçları.. 60
Tablo 4.9. Kadınlarda CVMI evreleri ile yaş tahmini: regresyon analizi sonuçları.. 61
Tablo 4.10. Cinsiyete göre Vba ile yaş arasında Pearson korelasyon sonuçları 63
Tablo 4.11. Cinsiyetin Vba üzerindeki etkisinin bağımsız örneklem t-testi ile değerlendirilmesi 63
Tablo 4.12. Cinsiyet bağımsız değişkeninin dahil edildiği regresyon analizi sonuçları 64
Tablo 4.13. Erkekler için oluşturulan modelin regresyon analizi sonuçları..... 65
Tablo 4.14. Kadınlar için oluşturulan modelin regresyon analizi sonuçları..... 66
Tablo 4.15. Cinsiyete göre TCI ile yaş arasında Pearson korelasyon sonuçları..... 68
Tablo 4.16. TCI değerlerinin cinsiyete göre farklılığı: t-Testi bulguları 69
Tablo 4.17. Cinsiyet ve TCI değişkenlerinin yaş tahminindeki rolü: regresyon modeli sonuçları 69
Tablo 4.18. Erkekler için TCI değişkeninin yaş tahminindeki rolü: regresyon modeli sonuçları 71
Tablo 4.19. Kadınlar için TCI değişkeninin yaş tahminindeki rolü: regresyon modeli sonuçları 72
Tablo 4.20. Cinsiyetin bağımsız değişken olduğu modele ait uyum istatistikleri..... 74
Tablo 4.21. Erkek modeline ait uyum istatistikleri 75
Tablo 4.22. Kadın modeline ait uyum istatistikleri 76
Tablo 4.23. Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği modelde uyum istatistikleri 79
Tablo 4.24. Erkek modelinde uyum istatistikleri 79
Tablo 4.25. Kadın modelinde uyum istatistikleri 80

Tablo 4.26. Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği modelde uyum istatistikleri 82
Tablo 4.27. Erkek modelinde uyum istatistikleri 84
Tablo 4.28. Kadın modeline ait uyum istatistikleri 84

ÖZET

Sefalometrik ve Panoramik Grafiler ile Farklı Yaş Tayini Metotları Kullanılarak Elde Edilen Tahmini Yaşların, Kronolojik Yaşla Karşılaştırılması

AMAÇ

Yaş tayini adli tıp, antropoloji, hukuk ve tıp gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde özellikle ortodonti alanında büyüme ve gelişim evresini belirleme ve tedavi planlamasında yaş tayini önemlidir. Bu işlem histolojik, biyokimyasal veya radyolojik yöntemlerle yapılabilir. Radyolojik yöntemler invaziv olmamaları ve kolay uygulanabilirlikleri nedeniyle daha sık tercih edilmektedir. Bu çalışmanın amacı, farklı yaş tahmini yöntemleri ile elde edilen değerlerin kronolojik yaş ile karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, SBÜ Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi'ne ortodontik amaçla başvurmuş ve sefalometrik ile panoramik grafileri alınmış 87 kadın ve 59 erkek olmak üzere toplam 146 birey değerlendirilmiştir. Sefalometrik radyografilerde Hassel ve Farman'ın tanımladığı CVMI yöntemiyle bireyler gelişim evrelerine ayrılarak yaş tahmini yapılmıştır. Aynı görüntülerde C4 vertebranın anterior ve posterior yükseklikleri oranlanarak Va/Vb değeri elde edilmiştir. Panoramik radyografilerde, Benindra'nın tanımladığı yöntemle mandibular birinci premolar dişteki pulp-kron oranından TCI değeri hesaplanmıştır. Elde edilen tüm veriler kronolojik yaşla karşılaştırılarak doğrusal regresyon analizleri yapılmış, cinsiyete göre ayrı modeller de oluşturulmuştur. Ki-kare, t-testi, Pearson korelasyon ve ICC analizleri ile istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

BULGULAR

CVMI ile yaş arasında kadınlarda r = 0,902 (R^2 = 0,81), erkeklerde r = 0,816 (R^2 = 0,67) düzeyinde güçlü pozitif korelasyon bulunmuştur. Vba ile yaş arasında da anlamlı ilişkiler gözlenmiş; kadınlarda r = 0,784 (R^2 = 0,61), erkeklerde r = 0,659 (R^2 = 0,43) değerleri elde edilmiştir. TCI ile yaş arasında tüm gruplarda güçlü negatif korelasyon saptanmış (erkeklerde r = -0,871, kadınlarda r = -0,831). Regresyon analizlerine göre CVMI yöntemi RMSE = 1,18 yıl ile en düşük hata payına sahipken, Vba oranı RMSE = 1,58 yıl ve TCI yöntemi RMSE = 1,26 yıl hata ile tahmin yapmıştır. Cinsiyet ayrımı yapılan modeller genel modele kıyasla daha yüksek açıklayıcılık sunmuş; özellikle kadın modellerinde uyum katsayısı (ICC) 0,926'ya kadar ulaşmıştır. Ayrıca, cinsiyet değişkeni tüm yöntemler açısından anlamlı bulunmuş; literatürde bildirilen kadınların gelişim sürecinin erkeklere kıyasla daha erken başladığı ve daha erken tamamlandığı sonucunu destekleyen veriler elde edilmiştir.

SONUÇLAR

CVMI, Vba oranı ve TCI yöntemleri yaş tahmininde istatistiksel olarak anlamlı ve güvenilir sonuçlar sunmuştur. En düşük hata payı CVMI yönteminde gözlenmiş, cinsiyet ayrımı yapılan modeller genel doğruluğu artırmıştır. Özellikle kadın bireylerde model açıklayıcılığı daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yaş tayini, Servikal vertebra, Sefalometrik grafi, Panoramik grafi, Tooth Coronal Index (TCI)

ABSTRACT

Evaluation of the Consistency Between Chronological Age and Estimated Ages Derived from Various Methods Using Cephalometric and Panoramic Radiographs

AIM

Age estimation is utilized in various fields such as forensic medicine, anthropology, law, and clinical medicine. In dentistry, especially in the field of orthodontics, age estimation is frequently used to assess the growth and development stage and plan treatment accordingly. This process can be performed using histological, biochemical, or radiological methods. Due to being non-invasive and easily applicable, radiological methods are more commonly preferred. The aim of this study is to compare the estimated ages obtained through different methods with chronological age.

MATERIALS and METHODS

This study included 146 individuals (87 females and 59 males) who applied to SBÜ Gülhane Faculty of Dentistry for orthodontic purposes and had both cephalometric and panoramic radiographs. In the cephalometric images, the Cervical Vertebral Maturation Index (CVMI) defined by Hassel and Farman was used to classify individuals into developmental stages for age estimation. Additionally, the anterior and posterior heights of the C4 vertebra were measured and the Vba was calculated based on Cameriere's method. In panoramic radiographs, the Tooth Coronal Index (TCI) was calculated using the crown-to-pulp height ratio of the mandibular first premolar, as defined by Benindra. All measurements and stages were compared to chronological age, and linear regression analyses were conducted. Separate models were created for males and females. Statistical analyses included chi-square, independent samples t-test, Pearson correlation, and Intraclass Correlation Coefficient (ICC).

RESULTS

A strong positive correlation was found between CVMI and age (female: r = 0.902; male: r = 0.816). The Vba ratio also showed significant correlations (female: r = 0.784; male: r = 0.659). TCI exhibited a strong negative correlation with age in all groups (male: r = -0.871; female: r = -0.831). CVMI had the lowest error (RMSE = 1.18 years), followed by TCI (RMSE = 1.26 years) and Va/Vb (RMSE = 1.58 years). Gender-specific models showed higher accuracy, especially among females (ICC up to 0.926).

CONCLUSION

CVMI, Vba, and TCI methods provided statistically significant and reliable results for age estimation. CVMI showed the highest accuracy, and gender-specific models improved overall prediction performance.

Keywords: Age estimation, Cervical vertebra, Cephalometric radiograph, Panoramic radiograph, Tooth Coronal Index (TCI)

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Yaş tayini tıbbi alanlarda teşhis ve tedavi, adli bilimlerde kararların doğru ve bilimsel kanıtlarla alınabilmesi, antropolojide bulguların değerlendirilmesi gibi birçok alanda farklı amaçlarla kullanılmaktadır (1). Dünyada son yıllarda artış gösteren şiddet olaylarında, büyük yangınlarda, uçak kazalarında, savaşlarda, patlayıcı maddeler sonucu meydana gelen ölümler, doğal afetler sonucu tanınmaz hale gelen cesetlerde kimlik belirlemek zordur. Bu gibi durumlarda, dişler ve çeneler bozulmadan kaldıkları için kimlik tespitinde en geçerli kaynaklardandır. Dış koşullara kemiklerden daha uzun süre dayanabildiği için dişlerin kullanımı daha yaygın ve güvenilirdir (2,3). Adli odontoloji (adli diş hekimliği); olarak adlandırılan bilim dalı adli durumlarda dental bulguları ele alarak kimlik, cinsiyet ve yaşın tespit edilmesi gibi konularda hukuka yardımcı olan bir diş hekimliği alanıdır. Yaş tayininin çok eski zamanlardan beri tarihte önemli yeri olmuştur. Eski Roma'da orduya alımlar için yeterli erişkinlik 2. molar dişlerin tamamen sürmüş olmasıyla belirlenmiştir. 9 yaşından küçük çocukların çalıştırılmasının yasak olduğu 1883 yılı İngiltere'sinde, cezai ehliyet için yaş sınırı olarak 7 yaş belirlendiği için yaş tespitinde diş hekimlerine başvurulmuştur. Dişler kullanılarak kişiyle ilgili bilgi edinilip kimlik tespiti yapılabileceği uzun yıllardır bilinen bir yöntemdir. Kayıtlardaki ilk vaka, Romalı yazar Dion Cassius tarafından yayınlanan ''Roma Tarihi'' kitabındaki Agrippina ile Lollia Paulina vakasıdır. Milattan sonra 49 yılında Roma imparatoru Cladius' un eşi Agrippina kocasının dikkatini çekmesinden korktuğu güçlü ve zengin bir kadın olan Lollia Paulina' yı öldürtmüş; sonrasında herkes tarafından bilinen, karakteristik bir özelliğe sahip kesici dişlerini kullanarak Lollia Paulina' yı teşhis etmiştir. Diş hekimliği tarihinde ise diş hekimi olarak ilk kez dental kimliklendirme yapan kişi Paul Revere' dir. 1775 yılında yapılan Bunker Hill Savaşı' nda Paul Revere eskiden beri arkadaşı olan ve savaşta kafasından vurulan Dr. Joseph Warren' in tanınamaz haldeki cesedini kendi yaptığı köprü protezini tanıyarak teşhis etmiştir. Adli diş hekimliğinin babası olarak kabul edilen Dr. Oscar Amoedo, 1897' de pazar yerinde çıkan yangında ölen 126 kişinin 30'unun kimliğini yalnızca dental özelliklerinden yararlanarak belirlemiş ve ''L`art Dentaire en Medicine Legale'' adlı ilk adli odontoloji kitabını yazmıştır (4,5).

Diş hekimliğinde özellikle ortodonti alanında tedavi planlanlaması yapılırken yaş tayinine büyük oranda başvurulur. Hastaların büyüme ve gelişim dönemi yani biyolojik

yaşlarının tedavi üzerindeki büyük etkisinden dolayı, tedaviye başlama zamanının doğru belirlenmesi oldukça önemlidir. Kronolojik yaş tedavi zamanlamasına rehberlik edebilse de gelişim aşamalarında maturasyonu değerlendirmek için biyolojik yaşa başvurmayı gerektirecek büyük oranda varyasyon söz konusudur. Benzer koşullarda büyümüş aynı kronolojik yaştaki bireylerde biyolojik yaş genellikle eşleşmez ve bu durum tedavi prosedürünü büyük oranda etkiler (6–8). Kemiklerdeki büyüme plaklarının oluşum ve gelişiminin, epifiz ve diafiz hatları ile kemikleşme noktalarının tespiti için kemiklerin radyolojik olarak incelenmesi ve mevcut atlaslara uyarlanması, yaş tayininde klinik olarak en sık kullanılan ve gerçeğe en yakın değerler sunan metot olması sebebiyle hala önemini korumaktadır (1). Biyolojik yaşın kemik ve dişler üzerinden elde edilmesi için kemiklerden ve/veya dişlerden alınan ortopantomografik (OPG), sefalometrik, periapikal radyografi ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi(KIBT) gibi radyolojik görüntüler de kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, lateral sefalometrik ve ortopantomografik radyografi görüntüleri kullanılarak servikal vertebralar ve dişler üzerinden farklı yöntemler ile yaş tayini gerçekleştirilecektir. Servikal vertebra analizinde, Hassel ve Farman tarafından geliştirilen servikal vertebra maturasyon göstergesine (CVMI) dayalı evreleme yöntemi(9) ile Cameriere ve ark.'nın C4 vertebrasının anterior ve posterior yükseklik oranına dayanan yaş tahmin yöntemi (10) uygulanacaktır. Dental analiz kapsamında ise, 2012 yılında Endonezya popülasyonu için Benindra tarafından önerilen ve birinci premolar dişlerin kron-pulpa/kron oranının 100 ile çarpılmasıyla elde edilen Tooth Coronal Index (TCI) yöntemi (11) kullanılacaktır. Çalışmanın temel amacı, bu üç yöntemin yaş tahmini doğruluklarının değerlendirilmesi ve kronolojik yaş ile karşılaştırılarak birbirlerine göre üstünlüklerinin belirlenmesidir.

1.1. HİPOTEZLER

“CVMI yöntemi, büyüme-gelişim değerlendirilmesi ve yaş tahmininde oldukça güvenilir sonuçlar vermektedir. “

“Cameriere’nin C4 vertebranın anterior ve posterior yüksekliğini oranladığı yöntemin, büyüme ve gelişimini tamamlamamış bireylerde yaş tayininde güvenilir sonuçlar verdiği öngörülmektedir. “

“TCI Benindra yönteminin dişsel yaş tahmininde güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilir olduğu hipotez edilmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. KRONOLOJİK VE BİYOLOJİK YAŞ

Kronolojik yaş kişinin doğumundan itibaren geçen zamandır. Sayısal olarak yıl sayısıyla hesaplanır. Kronolojik yaşla birlikte gerçekleşen değişimin değerlendirilebileceği kesin kriterler yoktur çünkü büyüme ve gelişim kişiye özgüdür; toplumlara, cinsiyetlere ve birçok faktöre göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle kronolojik yaş, bireyin biyolojik yaşını belirlemede tek başına yeterli değildir.

Biyolojik yaş, fizyolojik yaş olarak da bilinir. Biyolojik yaş; boy, kilo, diş, kemik ve ikincil cinsiyet özellikleri gibi birçok farklı sistemin fiziksel gelişim aşamaları ve bu sistemlerde meydana gelen ilerleme, yaşlanma gibi değişikliklerle belirlenir. Çeşitli klinik bulgular sonucu iskelet yaş aralığı tespiti bireyin o an içinde bulunduğu zamana ait göreceli iskelet maturasyonu hakkında bilgi verir. Göreceli iskelet maturasyonu; normal, göreceli ileri veya göreceli geri maturasyon hakkında bilgi verir. Normal koşullarda iskelet yaşı ile kronolojik yaşı arasındaki fark %10 oranında olmalıdır (6,12,13). Adli açıdan elde edilmesi beklenen yaş, biyolojik yaş tayini aracılığıyla kronolojik yaştır. Biyolojik ve kronolojik yaş arasında genelde belirgin bir ilişki vardır. Diş ve kemik yaşı da biyolojik yaşın farklı göstergeleridir (14).

2.2. KEMİK YAŞI

Kemik yaşı; kemiklerin boyut, şekil ve mineralizasyonunun ilerlemesinin değerlendirilmesiyle tahmin edilmektedir. Büyüme ve gelişim süreci boyunca kemiklerde oluşan değişiklikler bireylerden yaş tayini yapılmasına imkân sağlamaktadır. Kemikleşme merkezleri ve kıkırdak yapıların şekil ve boyut gibi özellikleri, diafiz ve epifizlerdeki füzyon miktarı gibi parametreler yardımıyla kişinin kemik yaşı hesaplanmaktadır. Kemik yaşı hesaplanmasında radyografilerden büyük oranda yararlanılır. (15,16)

Dişlerin oluşum ve mineralizasyon safhaları çevresel faktörlerden daha çok genetik etkenlerle kontrol edildiğinden dental yaş tayini yöntemleri, iskeletsel yaş tayini yöntemlerinden daha güvenilir bulunmuştur (17).

2.3. DİŞ YAŞI

Dişlerin sürme zamanları, kalsifikasyon aşamaları ve kök gelişimi üzerinden dişlenmesini henüz tamamlamamış bireylerde diş yaşı belirlenebilmektedir (18). Yaş tayini dişler üzerinden biyokimyasal, histolojik, morfolojik ve radyografik olarak yapılabilmektedir. Histolojik ve biyokimyasal yöntemler oldukça zaman alıcı olması, gelişmiş laboratuvar ekipmanları ve çekilmiş diş üzerinden değerlendirme gerektirmesi nedeniyle uygulanması zor yöntemlerdir (17). Atrizyon, kök transparanlığı, sement apozisyonu, periodontal çekilme, kök rezorpsiyonu, diş renginin koyulaşması, sekonder dentin apozisyonu, aspartik asit rasemizasyonu, telomer kısalması, radyoaktif karbon 14 gibi parametreleri içeren yöntemler histolojik ve biyokimyasal yöntemlere örnektir (19). Radyografik yöntemler ise en sık başvurulan tekniklerdir. Materyal bütünlüğünün korunması, canlı bireylerin değerlendirilmesine olanak sağlaması, uygulanmasının kolay, hızlı ve ekonomik olması avantajlarındandır. Ayrıca dental radyogafilerin çekilmesi sırasında hastanın maruz kaldığı radyasyon dozunun minimal olması da radyografik tekniklerin kullanımını yaygın ve güvenli hale getirmiştir (20). Dental radyografi üzerinden yaş tespiti çok sayıda araştırmacı tarafından güvenilir bulunmuştur.

2.3.1. Dişlerin Oluşumu

Diş gelişimi, erken diş gelişimi dönemi ile başlayan ve dişlerin apekslerinin kapanmasına kadar devam eden bir süreçtir. Gelişimi devam eden dişlerde birtakım histolojik ve morfolojik değişiklikler görülür. Diş gelişimi memelilerin çoğunda benzer şekilde ilerlemekte olup genetik sinyallerle kontrol edilmektedir (21). Yaklaşık 40 hafta süren intrauterin dönemin, üçüncü haftasında ilkel ağız (Stomedium) oluşur. Üçüncü haftanın sonunda stomediumun içi, çift katlı epitel ile örtülüdür. Epitel tabakayı oluşturan hücreler üst tarafta kübik, alt tarafta silindirik şekillidir. Bu epitel tabakadan daha sonra mine organı oluşurken, kapladığı mezenşim doku ise dental papillayı oluşturur. Yani mine ektodermden köken alırken, dişin diğer bütün dokuları mezenşimden köken alır. Diş gelişimi ise altıncı haftada epitelyal ve mezenşimal dokular arasında karşılıklı indükleyici sinyaller yoluyla başlar

(22). Ektoderm hücreleri ağız epiteline farklılaşır ve ağız epiteli çoğalarak at nalı biçiminde primer epitelyal bant oluşturur. 7. haftada dental arkların oluşacağı bölgede, bu epitelyal bant bölünerek bukkal vestibular lamina ve lingual dental laminayı oluşturur. Vestibular laminadan dişeti ve dudak, dental laminadan dental arklar şekillenir (23–25). Diş gelişimi süt ve daimî dişler için temel olarak benzerdir ve şu aşamalar altında incelenebilir.

- Başlangıç (Tomurcuk) Dönemi

Dental lamina alttaki mezenşimden bazal membran ile ayrılır. 8. haftada dental laminalarda her kadranda 5'er tane olacak şekilde toplam 20 adet küçük bölgesel kalınlaşma görülür. Bu bölgeler süt dişi tomurcuklarını oluşturur.

- Proliferasyon (Takke) Dönemi

9. ve 10. haftalarda tomurcuklar mezenşim içine doğru büyür ve dış yüzü ağız boşluğuna bakan bir takke şeklini alır. Takkenin tümsek olan dış yüzünü dış mine epiteli, çukur iç yüzünü ise iç mine epiteli örter. İç mine epitelinin altında kalan mezenşim dental papillayı, dış mine epitelini saran mezenşim ise dental folikülü oluşturur. İç ve dış mine epiteli arasında stratum intermedium ve stellat retikulum denen hücre katmanları mevcuttur. Bu katmanlar mine oluşumunda rol alır. İçten dışa doğru iç mine epiteli, stratum intermedium, stellat retikulum ve dış mine epiteli mine organını; mine organı, dental papilla ve dental folikül birlikte diş germini oluşturur. Mine organından mine, dental papilladan pulpa ve dentin, dental folikülden sement, periodontal ligament ve alveolar kemik oluşacaktır.

- Histodiferansiyasyon ve Morfodiferansiyasyon (Çan) Dönemi

10. haftada dental laminada süt dişleri için oluşan değişikliklerin aynısı daimî dişler için de oluşmaya başlar. 11. ve 12. haftada mine organının kep biçimi derinleşerek çan biçimine dönüşür (çan evresi). Bu sırada mine organını ağız epiteline bağlayan dental lamina kopar. Çan evresinde histodiferansiyasyon başlar ve ileri aşamalarda iç mine epiteli tarafından dişin kron formu, büyüklüğü ve mine-dentin birleşimi belirlenir. İç mine epitelini dental papilladan ayıran bazal lamina mine-dentin birleşimini simgeler. Bu dönemde dış ve iç mine epitelinin beraber oluşturduğu ve alttaki mezenşime doğru büyüyen iki tabakalı hertwig epitel kök kını oluşur ve kök şekli belirlenir.

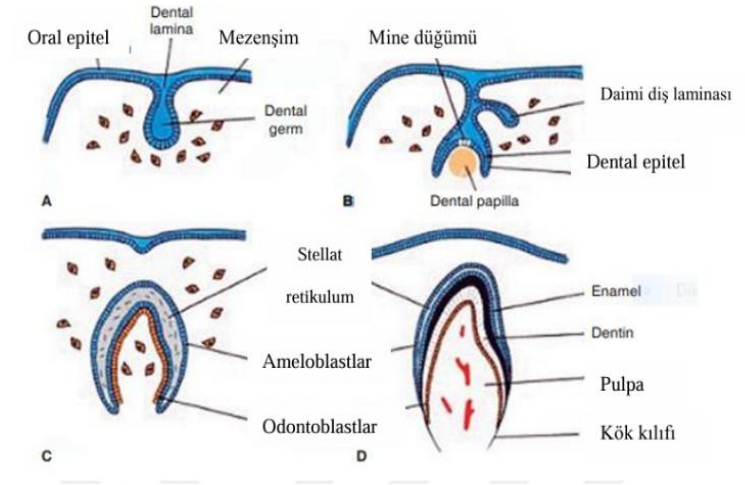
- Apozisyon ve Kalsifikasyon (Mineralizasyon) Dönemi

Mine, dentin ve sement ardı ardına tabakalar şeklinde ekstrasellüler matriks olarak salgılanır ve sonra kalsifiye olur. Tabakalar şeklinde oluşuma apozisyonel büyüme denir ve materyalin ritmik eklenmesi ile karakterizedir. Belli zaman aralıklarında eklenme ve durma dönemleri birbirini izler. Kalsifikasyon ise mineral tuzlarının çökelmesi ile daha önce oluşturulan matriksin sertleştiği, dişlerin tüberkül tepeleri ve kesici kenarlarından başlayan yavaş ve kademeli bir süreçtir.

Kök gelişimi başladığında ise diş germi ağız içerisine doğru hareket etmeye başlar. Süt ve daimî dişler oral epitele yaslanır. Epitel rezorbe olduktan sonra kesici dişlerde insiziv kenarlar, küçük ve büyük azı dişlerde ise tüberküller ağız içerisinde gözlenmeye başlar (24–29).

Diş sürmesi çoğunlukla beş evrede incelenir;

- Preerüptif hareketler: Gelişim sırasında diş germi çene kemiği içerisinde bazı hareketlere maruz kalır. Bu hareketler aktif hareketler olarak adlandırılan diş germinin kendi hareketleri ve pasif hareketler olarak adlandırılan çene kemiğinin büyümesinden kaynaklanan hareketler olmak üzere iki çeşittir. Bu hareketlerin amacı diş germini sürme öncesinde uygun pozisyona getirmektir.
- İntraosseöz evre: Kron oluşumu tamamlandıktan sonra diş kemik içinde sürmeye başlar. Temel olarak aksiyel hareketlerden oluşur.
- Mukozal penetrasyon evresi: Dişin dış mine epitelinin oral epitelle birleştiği ve dişin ağız boşluğuna çıktığı evredir.
- Fonksiyon öncesi evre: Dişin ağız boşluğunda görülmesi ile başlayan ve çiğneme fonksiyonuna katılmasına kadar geçen zamandır. Bu dönemde diş çevresel kuvvetlere maruz kalır. Bunlar dişin arktaki konumunu bulmasına yardım eder.
- Fonksiyon evresi: Dişin çiğneme düzlemine ulaştığı ve antagonisti ile temas ettikten sonraki dönemdir (30–32).



Şekil 2.1. *Dişlerin gelişim evreleri(33)*

2.3.2. Diş Anatomisi ve Histolojisi

2.3.2.1. Mine

Dişin kron kısmını örten insan vücudundaki en sert dokudur. Minenin translusent yapısı kalsifikasyon derecesi ve kalınlığına bağlıdır. Dişin rengi ise bu translusensiye ve dentinin rengine göre sarı-gri, gri-mavi arasında değişir. Dentinin sarı rengi, dişe açık sarı rengini verir. Dentinin derinde olması nedeniyle mavi renk daha çok anterior dişlerin kesici kenarlarında görülür. Minenin kalınlığı, densitesi ve sertliği kesici kenar ya da kasp tepelerinden servikal bölgeye doğru azalır. Ağırlık olarak %96-97 inorganik madde, %1'den azı organik madde ve %3-4 sudan oluşur. İnorganik içerik apatit yapısındadır ve başlıca hidroksiapatit şeklindedir [Ca10(PO4)6(OH)2]. İnorganik elementler ağırlık olarak %37 kalsiyum (Ca), %55,5 fosfat (PO4), %3,5 karbonat (CO3), %0,5 sodyum (Na), %0,5 magnezyum (Mg) ve diğer eser elementlerden oluşur. Organik içerik ise çeşitli aminoasitleri içerir. Peptit, sitrik asit, çözünen ve çözünemeyen proteinlerden oluşur. Minede kollajen bulunmaz (24,25).

İlerleyen yaş ile minede geçirgenlik azalır, kırılganlık artar, nitrojen artışıyla birlikte kahverengi renk değişikliği gözlenir ve çeşitli aşınmalar meydana gelir. Çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle dişlerin birbiriyle temasından kaynaklanan fizyolojik aşınmaya atrizyon denir.

Atrizyona bağlı olarak kronda şekil değişikliği meydana gelir ve dentin açığa çıkabilir. Dişlerde fizyolojik mobilite ve meziale migrasyon eğilimi nedeniyle temas noktaları, yüzey haline dönüşür. Dişlerde yabancı cisimlerin neden olduğu aşınmalara ise abrazyon denir. Hatalı diş fırçalama, hatalı diş ipi kullanımı ya da dişler arasında yabancı cisimlerin tutulması abrazyona neden olabilir. Dişlerin asit nedeniyle kimyasal olarak aşınması ise erozyondur ve buna asitli yiyeceklerin fazla tüketilmesi veya sürekli kusma yol açabilir. Abrazyon, erozyon ve bruksizm nedeniyle gelişen atrizyon patolojik aşınmalardır. Diyet alışkanlıkları, ağız kuruluğu, mesleki ortamlar, bruksizm, kullanılan diş macunu ve fırçasının özellikleri, fırçalama kuvveti, pipo sapının devamlı dişler arasında tutulması ve dişlerle iplik koparılması gibi faktörlerle aşınmalarda bireyler ve populasyonlar arasında farklılıklar gözlenir (33–35).

2.3.2.2. Dentin

Dişin ana kitlesini oluşturan ve pulpa boşluğunu çevreleyen, kronda mine, kökte sementle kaplı olan, vücuttaki en mineralize ikinci dokudur. Rengi sarıdır. Sertliği kemik ve sementten daha fazla, mineden daha azdır. Dentinin sertliği farklı derinliklerinde değişiklik gösterir ve elastikliği yüksektir (24,25). Ağırlık olarak %18 organik madde, %70-75 inorganik madde ve %12 sudan oluşur. İnorganik yapısını başlıca hidroksiapatit olmak üzere apatit kristalleri, amorf kalsiyum fosfat ve eser elementler oluşturur. Florür konsantrasyonu minedekinden daha fazladır ve mine-dentin birleşiminden predentine doğru gittikçe artar. Organik içeriğinin %93'ü kollajen, %0,2'si glikozaminoglikan ve %0,2'si lipitlerden oluşur (25).

Dentin üretimi canlılığını koruyan bir dişte hayat boyu devam eder. Başlıca iki tip dentin mevcuttur. Erüpsiyon öncesinde dişin oluşumu sırasında dental papilladan oluşan dentine primer dentin, erüpsiyon sonrası yavaşça pulpa tarafından üretilen dentine ise sekonder dentin denir. (36)

2.3.2.2.1. Sekonder Dentin

Sekonder dentin, fonksiyon gibi herhangi bir uyaran olmasa da pulpal duvarlarda oluşarak pulpa boşluğunun giderek daralmasına neden olur. Erüpsiyon tamamlandıktan sonra

pulpa boynuzlarında ve pulpa odasının tabanında oluşmaya başlayan sekonder dentin, primer dentin ile aynı yapıdadır ve regüler sekonder dentin olarak isimlendirilir. Regüler sekonder dentinde tübül sayısı primer dentinden daha azdır ancak, her iki dentinin ayırt edilmesi zordur. Kök oluşumu tamamlandıktan sonra ilerleyen yaşlarda, muhtemelen pulpal dolaşımdaki değişiklikler nedeniyle odontoblastların azalması sonucu sekonder dentin irregüler hale gelir. İrregüler sekonder dentindeki tübüller, regüler sekonder dentinin tübüllerine göre daha düzensiz yapıdadır bu sayede ayırt edilmeleri histolojik olarak kolaydır. İrregüler sekonder dentin, irritanlara (çürük, atrizyon, abrazyon, erozyon, travma, restorasyon vb.) yanıt olarak da oluşabilir ve bu durumda reperatif, tersiyer, koruyucu dentin, irritasyon dentini ya da stimülasyon dentini olarak adlandırılır (24,25,34,36).

Çeşitli çalışmalarda sekonder dentin oluşumunun yaş ile ilişkisi gösterilmiş ve üretim hızının yaş ile birlikte azaldığı bildirilmiştir (37,38). Dişteki sekonder dentin oranı pulpanın farklı noktalarında değişik bulunmuştur. Genel olarak sekonder dentinin başlangıçta patolojik olarak geliştiği düşünülmektedir. İlerleyen yaşla birlikte sekonder dentinin tabana doğru daha fazla ilerlediği ve primer dentinle sınırının çizgi şeklinde olduğu bildirilmiştir (39). Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT) ile yapılan bir çalışmada ise 20-40 yaş aralığında pulpa hacmindeki azalma miktarının, 40-60 yaş aralığına göre daha fazla olduğu rapor edilmiştir (40). Nitzan ve ark. olası çevresel etkileri ortadan kaldırarak sadece yaşlanma faktörünün sekonder dentin oluşumu üzerine etkisini değerlendirmek için gömülü diş kesitlerini incelemiş ve sekonder dentini mine-sement birleşiminde, apekste ve kök orta üçlüsünde ölçmüşlerdir. Tam gömülü dişlerde sekonder dentin oluşumu ilk olarak apikal bölgede görülmüş ve koronal bölgeye doğru ilerlemiştir. Sekonder dentinin 39 yaşından sonra artış gösterdiği, yaşla doğrusal bir ilişkide olmadığı saptanmış ve bu nedenle çevresel faktörlerin etkili olduğu bildirilmiştir (41). Philippas ise irregüler sekonder dentin üretiminin yaşla ilişkili olduğunu, atrizyondan daha az miktarda etkilendiğini ve atrizyonun irregüler sekonder dentinin özellikle lokalizasyonunu etkilediğini rapor etmiştir (42).

2.3.2.3. Sement

Dişin tüm kök yüzeyini kaplayan, yapısal olarak kemiğe benzeyen vaskularize olmayan, kalsifiye bir bağ dokudur. Açık sarı renktedir. Sement, mineralize diş dokuları içinde sertliği en

az olan dokudur ve bu bakımdan kemiğe benzer (25,43). Ağırlık olarak %65 inorganik içerik, %23 organik içerik, %12 su içerir. İnorganik elementlerin büyük kısmını oluşturan kalsiyum tuzları, genelde apatit yapısındadır. Mineralize dokular içinde florür konsantrasyonu en yüksek olan dokudur. Organik matriks proteoglikan ara maddesi içinde kollajen fibrillerden oluşur. Sementin başlıca fonksiyonu periodontal ligament liflerine yapışma ortamı sağlayarak dişi sokette tutmaktır (24,25).

İlerleyen yaşla birlikte periodontal ligamentteki fibroblastların sementoblastlara farklılaşmasıyla, başlıca apikal bölgede olmak üzere sement oluşumu artar. Hipersementoz hayat boyu devam eden yavaş bir süreçtir (38). Periodontal olarak sağlıklı dişlerde sement kalınlığının 11-76 yaş aralığında üç kat artış gösterdiği bildirilmiştir (44). Bir başka çalışmada ise sementin birikim hızının ilerleyen yaşlarda, muhtemelen çiğneme kuvvetinin azalması sonucu yavaşladığı rapor edilmiştir. Gömülü dişler üzerinde yapılan çalışmalarda, fonksiyon gören dişlerden daha az miktarda olmak üzere sement kalınlığında artış görüldüğü ve bu artışın yaşlanma süreciyle ilgili olduğu bildirilmiştir (41,45). Fonksiyon, sement birikiminde başlıca etkili faktör olarak gösterilmesine rağmen, karşıt diş kaybının da sement birikimine yol açtığı gösterilmiştir. Travmatik okluzyonun ise bu birikimde rolü olmadığı belirtilmiştir (38).

2.3.2.4. Pulpa

Pulpa; ana madde (matriks), hücreler, lifler, sinir lifleri, kan ve lenf damarlarından oluşan gevşek bağ dokudur. Periapikal dokularla apikal foramen aracılığıyla bağlantılıdır. Ana maddesi mukopolisakkarit (glikozaminoglikan, dermatan ve kondroitin sülfat) ve glikoproteinlerden oluşur. Kan ve lenf damarları, sinir lifleri başlıca apikal foramenden girer. Lateral kanallardan ve furkasyon bölgelerinden ise minör destek gelir (25,43).

Yaşlanma ile pulpanın apikal bölgesinde sekonder dentin ve sement birikiminin artmasıyla apeks daralır. Apikal forameni destekleyen arterler, pulpadaki vaskuler dallanmalar azalır. Kan damarlarında yaşlanma ile arteriosklerotik değişiklikler olur. Tüm bu süreçler pulpanın kanlanmasını azaltır (25,43,46). Yine yaşlanma ile birlikte pulpa kalsifikasyonları da artış gösterir. Yapılarına göre dentikeller ve diffüz kalsifikasyonlar olarak sınıflandırılabilir. Dentikeller pulpa dokusunda serbest bir şekilde, dentin duvarına yapışık veya dentine gömülü olarak bulunabilir; yapılarına göre gerçek ve sahte olarak sınıflandırılabilir. Gerçek dentikeller nadiren görülür ve irregüler dentin yapısındadır. Sahte dentikeller ise pulpanın konsantrik bir biçimde kalsifikasyonuyla oluşur ve dentin yapısı göstermez. Diffüz kalsifikasyonlar küçük, düzensiz birikimlerdir. İnce çizgiler şeklinde başlayıp birleşebilir (25,39,47).

2.4. KEMİK VE DİŞ YAŞI TAYİN METOTLARI

İnsan büyüme ve gelişimi genellikle kronolojik yaş ile ifade edilir. Ancak yapılan çalışmalar aynı kronolojik yaştaki bireylerin gelişimsel farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Yöntem olarak boy, ağırlık, puberte belirtileri, ruhsal ve mental gelişim, dişlerin ve kemiklerin gelişimi dikkate alınmaktadır. Özellikle adli bilimlerde ve ortodontik tedavi planlamasında bireylerin büyüme ve gelişim evreleri büyük önem taşır. Bu nedenle vücudun sert doku ve organlarının olgunlaşma evrelerine göre büyüme ve gelişimin belirlenmesi giderek oldukça yaygınlaşmıştır.

Kemiklerin epifiz ve metafiz gelişim süreleri, füzyon ve kaynaşmanın tamamlanması dönemlere göre değişiklik göstermektedir. Bu parametreler dikkate alınarak 22 yaşa kadar olan olgularda özellikle kemiklere dayanarak yaklaşık bir tespit yapılabilmektedir. Ancak ileri yaşlar

için özellikle 25-40 yaş arası olgularda epifiz ve metafizler gelişimini tamamladığı, füzyon ve kaynaşma son şeklini aldığı için kemiklerden yaş tespitinin yapılması zordur. Bu yüzden yetişkinlerde yaş tayini yapılırken dişlerin kullanılması popüler hale gelmiştir (48–50). Yaş tayini dişler üzerinden histolojik, morfolojik ve radyografik olarak yapılabilmektedir. Histolojik ve biyokimyasal yöntemlerin kullanılması fazla ekipman ve personel gerektirmesi, pahalı ve zahmetli olması ve genelde çekilmiş dişlerde uygulanabilirliği sebepleriyle oldukça zordur.

2.4.1. Histolojik ve Biyokimyasal Yöntemler

2.4.1.1. Telomer Kısalması

Hücre bölünmesiyle uzunluğu azalan kromozomların ucunda bulunan telomerlerin boyutu da yaş tayininde kullanılmıştır. Dental pulpadan çıkarılan DNA'yı inceleyen Takasaki ve ark. telomer uzunluğu ve yaş arasında bir ilişki tespit etmiştir (51).

2.4.1.2. Karbon-14 Yöntemi

Minede bulunan Karbon-14 izotopunun (C14) bileşimdeki oranı, minede ‘’turn-over’’ olmadığı dönemde sabit kalır ve minede “turn-over”ın olduğu dönemde atmosferde bulunan miktarı yansıtır. 1955 yılına kadar C14, atmosferde sabit miktarda kalmıştır, daha sonra nükleer denemeler sonucunda miktarı yüksek oranda artmaya başlamıştır. Minedeki C14 oranı ölçülüp farklı yıllarda bilinen atmosfer konsantrasyonlarıyla eşleştirilerek minenin oluşum yılı belirlenir (52).

2.4.1.3. Aspartik Asit Rasemizasyonu

Helfman ve Bada 1976 yılında yaş tayininde en güvenilir yaş belirleme yöntemi olarak görülen aspartik asit rasemizasyonuna dayalı biyokimyasal bir yöntem geliştirmiştir. Proteinlerdeki L-aspartik asitin zamanla D-aspartik aside dönüşme oranını temel alır. Bu dönüşüm, yaşla birlikte birikim gösterir ve genellikle dentin ya da mine proteini analiz edilerek ölçülür. Özellikle yetişkinlerde, kronolojik yaşın tahmini için doğruluk oranı oldukça yüksektir (53).

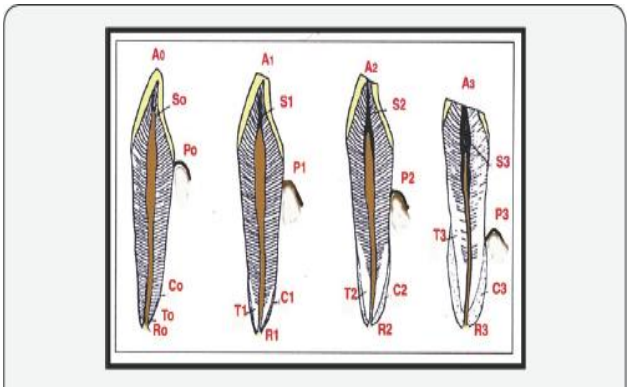
2.4.1.4. Gustafson Yöntemi

Gustafson (1950) dişlerde meydana gelen değişikliklerin tek başına kronolojik yaş ile ilgisinin az olduğunu ancak hep beraber değerlendirildiklerinde yaş tayininde yararlanılabileceğini rapor etmiştir. Bunun sonucunda da regresyon modeli kullanılarak kimliği belirsiz cesetlerin yaşlarının belirlenebileceği fikrini savunmuştur (54). Bu yöntemde atrizyon (A), sekonder dentin birikimi (S), periodontal çekilme (P), sement oluşumu (C), kök rezorbsiyonu (R), kök transparanlığı (T) gibi yaşa bağlı gelişen değişiklikler "0, 1, 2, 3" şeklinde dörtlü puanlama yapılarak diş kesitlerinde değerlendirilir (55).

- Atrizyon (A): Normalden fazla gelen çiğneme kuvveti (bruksizm) veya yaşlanma sonucunda düzenli olarak dişleri okluzal ve kesici yüzeylerinden madde kaybı olmasıdır (20). Özetle; dişlerin sürtünme sonucu aşınması olup dişlerin temas yüzeyleriyle sınırlıdır. Bu değişiklik hem mikroskobik hem de makroskopik olarak görülebilmektedir (56).
- Periodontal durum (P): Diş eti çekilmesi enfeksiyona bağlı olarak gelişir ve daha sonra da kemiği etkiler. Bazı soru işaretlerinin olmasıyla beraber periodontal değişiklerle yaş arasında bağlantı vardır (57). Fakat periodontal rahatsızlıklarda bu yöntemin güvenilirliği tartışmalıdır.
- Sekonder dentin birikimi (S): Pulpa, dentin ve mine olarak adlandırılan sert yapılarla çevrelenmiş bir yumuşak dokudur. Bu yapılar pulpayı çeşitli irritanlara karşı korumakla

görevlidir. Yaşın ilerlemesiyle pulpa çemberinin etrafında sekonder dentin birikimi artar ve pulpa kavitesi daralır (58).

- Sement Oluşumu (C): Yaşın ilerlemesiyle sement kalınlığının arttığı görülmüştür (57). Ancak artan yaşla birlikte semen birikim hızında azalma gözlenir (44).
- Kök rezorbsiyonu (R): Sement ve dentin dokusunun her ikisinde de görülebilir. Yaş ile ilişkisi zayıf bulunmuştur (57).
- Kök transparanlığı (T): Kök dentini genellikle otuz yaşından itibaren kök ucundan olmak üzere transparanlaşmaya başlar ve bu transparanlaşma yaşın ilerlemesiyle beraber kurona doğru ilerler (57). Kök transparanlığının yaş ile arttığı; tedaviler ve patolojik durumlar sonucunda değişkenlik göstermediği yapılan araştırmalar sonucunda rapor edilmiştir (54,55). Bu yöntemde incelenecek olan dişlerin mezial ve distal yüzeylerinden 0,1-0,25 mm kalınlığında preparatlar hazırlanıp bu preparatlarda belirtilen kriterler mikroskop altında değerlendirilir. Daha sonra bu kriterlere verilen puanlar toplanır ve elde edilen puanlara uygun yaş, önceden belirlenmiş tablolara bakılarak belirlenir (57). Transparan bölge sement kalınlığının artmış olduğu dişlerde daha koyu, renklenmiş dişlerde ve kadınların dişlerinde daha geniş bulunmuştur. Yaş artışıyla beraber transparanlığın neredeyse doğrusal olarak arttığı ve periodontal yıkımdan etkilenmediği belirlenmiştir (59).



Şekil 2.2. *Gustafson yönteminin şematik gösterimi (60)*

2.4.2. Radyolojik Yöntemler

Histolojik ve biyokimyasal yöntemlerin dışında diş hekimliğinde teşhis ve tedavide; adli tıpta ise kimlik belirleme gibi işlevlerde önemli bir rol oynayan radyolojik inceleme de yaş tayininde büyük ölçüde yardımcı bir yöntemdir (61). Büyüme ve gelişim dönemini belirlemek için kullanılan radyolojik yöntemlere panoramik, sefalometrik radyografiler ve el-bilek radyografileri örnek gösterilebilir (62). Radyolojik görüntülerde her döneme ve evreye ait değişiklikler kolaylıkla gözlemlenebilir. Ayrıca radyolojik incelemeler invaziv olmadıkları ve materyal bütünlüğüne zarar vermedikleri için biyokimyasal ve histolojik incelemelerden daha üstündür (17,20). Radyolojik incelemelerle yaş tayini yapılırken kullanılan bazı görüntüleme yöntemleri aşağıda belirtilmiştir.

- **Periapikal Radyografiler**

Çenelerin sınırlı bölgelerinin düzlemsel görüntüsünü veren reseptörün ağız içinde olduğu geleneksel bir görüntüleme yöntemidir. Dişin çevre kemik dokusundan kök ucuna kadar tam boyutunun görüntülenmesini sağlar. Periapikal görüntülemede yaygın olarak kullanılan iki teknik; paralel teknik ve açıortay tekniğidir. Paralel teknik, diğer tekniklere kıyasla daha az distorsiyon ile dişlerin görüntüsünü sağlar ve hem analog hem de dijital görüntüleme için idealdir (63,64).

- **Panoramik Radyografiler**

Maksiller ve mandibular dental arklar ile destekleyen yapıları tek bir imaj üzerinde görüntülenmesini sağlayan tekniktir. Bu teknik, tomografi prensibine dayanmakta olup; cihazlar, objenin sabit kaldığı bir sistem üzerinden işlev göstermektedir. Görüntüleme sırasında ışın kaynağı ve reseptör, objenin bulunduğu daire merkezi etrafında aynı hızla ve ters yönlerde döner. Kaynaktan gelen ışınlar kolimasyon ile sınırlandırılır ve yapıların kesit görüntüleri film üzerine düşürülerek görüntü oluşturulur. Panoramik radyografilerde görüntülenecek alan önceden belirlenir ve bu bölgeye “focal trough“adı verilir. Bu bölge at nalı şeklinde olup içinde kalan bölgelerin görüntüsü oldukça net izlenir.

Panoramik radyografilerin kullanımı, diş hekimliğinde oldukça geniş bir anatomik sahanın izlenebilmesini sağlar (63). Bu tür radyograflarda fog ve distorsiyon en az düzeyde tutulur, özellikle focal trough içerisinde bu sorunlar minimal görülür. Bu bölgenin dışında kalan

yapıların görüntüsünde netlikte azalma görülür. Bu özellikler, panoramik radyografi tekniğinin çene ve diş yapılarını genel bir bakış açısıyla değerlendirmede etkin bir araç olmasını sağlar (64).

Panoramik radyografide, obje-film mesafesinin artması nedeniyle görüntüde bir magnifikasyon (büyütme) etkisi meydana gelir. Bu magnifikasyon, özellikle çenelerin posterior bölgesinde daha belirgindir. Ayrıca, bu radyografi tekniği geometrik distorsiyonlara da sebep olabilir. Bu distorsiyonlar, çeşitli anatomik yapıların doğru oranlarını ve konumlarını bozarak, bazı diagnostik zorluklara yol açabilir (63).

Panoramik radyografi alınırken hasta pozisyonlandırılması çok önemlidir. Doğru açı ve pozisyon ayarlanmadan çekilen grafilerde yapılacak değerlendirmeler hatalı olacaktır. Panoramik radyografi çekilirken ısırma çubuğunun ön kısmında bulunan çentiğin ön dişlerle ısırılması sağlanmalıdır. Frankfurt horizontal düzlemi (tragus tepesini infraorbital kenara birleştirdiği varsayılan hayali çizgi) yere paralel olacak biçimde hasta konumlandırılır. Anterior bölgede servikal vertebraların süperpozisyonunu engelleyerek daha net bir görüntü elde etmek için hastanın baş ve boynunun konumu sabit kalarak ayakların 20 cm kadar ileri alınmasıyla baş ve boynun gergin olması sağlanır. Bu konumlandırmaya 'ski pozisyonu' denir. Hastaya röntgen çekimi boyunca dilini damağına değdirmesi komutu verilerek üst kesici dişlerinin kök kısımlarında havayolu süperpozisyonu en aza indirilerek optimal görüntü elde edilir (65).

Panoramik radyografinin kullanım endikasyonları arasında;

- ✓ Süt, karışık ve daimî dişlenme dönemindeki bireylerde sürme ve gelişimin izlenebilmesi,
- ✓ 20 yaş dişlerinin durum değerlendirilmesi,
- ✓ Dişsiz hastalarda total protezin planlanması,
- ✓ Travmalar sonrasında fraktür olup olmadığının belirlenmesi varsa fraktür hattının değerlendirilmesi,
- ✓ Çene kemiklerindeki lezyonların teşhis edilmesi, cerrahi girişimler öncesi ve sonrasında tedavinin değerlendirilmesi,
- ✓ Temporamandibuler eklemin kemik komponentlerinin görüntülenmesi ve rahatsızlıklarının teşhis edilmesi,
- ✓ Dental implant girişimlerinde tedavi planlanması ve sonrasında tedavinin değerlendirilmesi

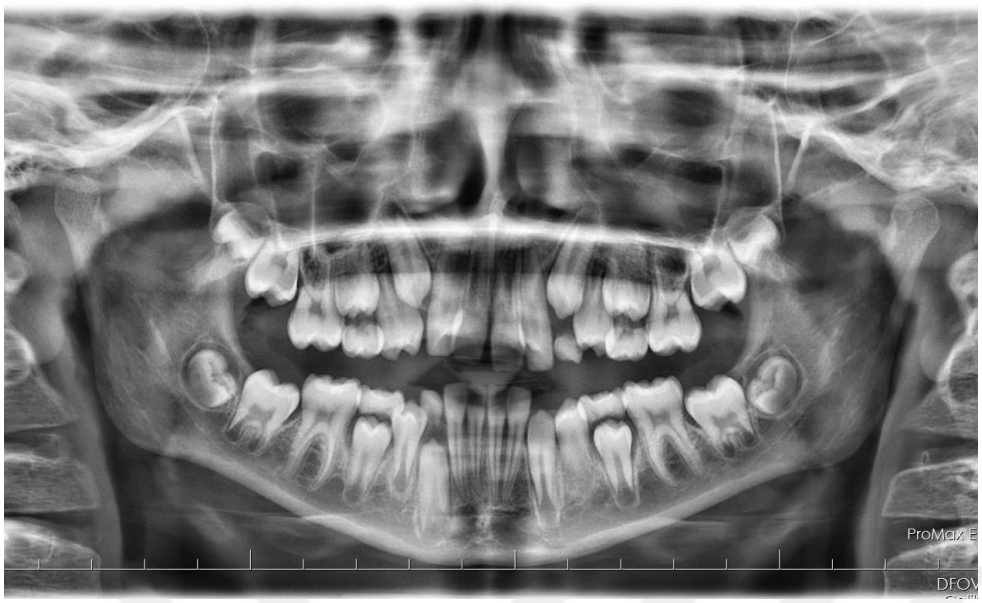
- ✓ İntraoral filmleri tolere edemeyen hastalarda alternatif olarak kullanılması yer alır.

Avantajları ise;

- ✓ Hem alt, hem üst çeneyi aynı anda değerlendirmeyi mümkün kılan oldukça geniş bir görüntüleme alanının olması,
- ✓ Uygulama kolaylığı
- ✓ Non-invaziv oluşu,
- ✓ Trismuslu hastalarda kullanılabilirliği
- ✓ Intraoral filmleri tolere edemeyen hastalarda iyi bir alternatif olarak kullanılabilmesi olarak özetlenebilir.

Dezavantajları ise şunlardır:

- Görüntüler intraoral radyografilerdeki kadar keskin değildir, periodontal hastalıklar ve apikal lezyon gibi durumlarda netliği yeterli olmayabilir.
- Focal trough sınırlı bir alandır ve bu alanın dışındaki oluşumların netliği azalır.
- Magnifikasyon ve distorsiyonlar sebebiyle yeterli keskinlikte ölçümler yapılamaz.
- İntraoral radyografi cihazlarına göre daha maliyetlidir (66,67).



Şekil 2.3. *Panoramik radyografi örneği*

- **Sefalometrik Radyografiler**

Sefalometrik radyografiler, panoramik radyografilerden sonra diş hekimliğinde en çok kullanılan ekstraoral görüntüleme yöntemidir. İlk kez 1931 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Broadbent ve Almanya'da Hofrath tarafından geliştirilen lateral sefalometrik radyografi tekniği, bu tarihten itibaren ortodontik değerlendirme ve tedavi planlaması için standart haline gelmiştir (68). Baş ve boyun anatomisi hakkında teşhise yönelik oldukça kritik bilgi verir. Belirli referans noktaları rehber alınarak kafa ile ilgili birçok ölçümün yapılmasına imkân veren bu teknik, kemiğin yanı sıra yumuşak doku profili ile ilgili gözlemleri de kapsayan, yüzün büyüme paterni ve maturasyonunu değerlendirmek için özellikle ortodontide çok sık kullanılır (67). Aynı zamanda lateral sefalometrik grafilerde servikal vertebralar da izlenir. Servikal vertebraların izlenebilmesi; el- bilek grafisi gibi ek bir radyografi gerektirmeden en uygun tedavi zamanının planlanmasına ve hastanın maturasyon evresinin belirlenmesine olanak sağlar (9). Sefalometrik radyografi görüntüleri, görüntüleme sırasında kafatası, film ve x-ışını demetinin sabit olarak kalmasına yardımcı olan sefalostat ile elde edilir. Sefalostattaki kulak çubuğu hastanın dış kulak yolu içine, orbita çubuğu orbitaların orta kısmına ve burun çubuğu burun kemerine yerleştirilir. Reseptör hastanın sagittal düzlemine paralel ve yer düzlemine dik olacak şekilde hasta konumlandırılır (66,67). Hastanın doğru pozisyonlandırılması tanısal

değeri yüksek bir radyografi elde edilmesi ve görüntülemede ortaya çıkabilecek hataların en aza indirilmesi açısından büyük önem taşır.

Sefalometrik görüntülemenin amacı, yüzün majör fonksiyonel bileşenleri arasındaki horizontal ve vertikal yöndeki ilişkileri değerlendirmektir. Bu bileşenler; kafa-kafa kaidesi, maksilla-mandibula, maksiller dentisyon-alveolar proçes ve mandibular dentisyon-alveolar proçes'tir (68–71).

Endikasyonları arasında;

- Maloklüzyonların teşhis ve tedavi planlamasının yapılması
- Kafatası ve orta-yüz kırıklarının tespiti ve değerlendirilmesi
- Cerrahi tedavilerin planlanması, takip edilmesi
- Obstrüktif uyku apnesi olan hastalarda patofizyoloji ve kroniyofasiyal karakterin değerlendirilmesi bulunur.

Avantajları arasında şunlar sayılabilir:

- Maloklüzyonların dental mi veya iskelet mi olduğuna karar verilebilmesi
- Kemik komponentlerin yanı sıra yumuşak doku profilinin de değerlendirilebilmesi
- Görüntüler üzerinden yeterli ölçümlerin yapılabilmesi,
- İlerleyen yaşlarda ve tedavi takibinde görüntülerin çakıştırılmasıyla ilerlemenin kolaylıkla değerlendirilebilmesi
- Servikal vertebraların da görüntüye girmesi sayesinde ek radyasyon dozu olmadan maturasyon aşamasının belirlenebilmesi. (66)

Üç boyutlu objenin iki boyutlu incelenmesi, görece daha uzun sürede görüntü elde edilmesi, standardizasyonun zorluğu ve güvenilirliğinin sınırlı olması gibi dezavantajları vardır. (72)



Şekil 2.4. *Sefalometrik radyografi örneği*

- **El-Bilek Radyografileri**

El bilek radyografileri, ortodontide büyüme ve gelişim süreçlerinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir tanı aracıdır. Bu radyografiler, bireyin iskeletsel olgunluk seviyesini belirlemek için özellikle el ve bilek bölgesindeki kemiklerin gelişim durumunu analiz etmekte kullanılır. Bireyin sağ el ve bileği özel bir pozisyonda yerleştirilerek standart bir radyograf elde edilir. Bu görüntü, el ve bilek bölgesindeki kemiklerin ossifikasyon ve füzyon durumlarını inceleyerek iskeletsel maturasyon seviyesini belirlemeye olanak tanır (73). Ortodontide büyüme atağı dönemlerinin tespiti, verim alınabilecek en iyi tedavi zamanlamasına karar verilmesi ve bireyin biyolojik yaşı ile iskeletsel yaşının karşılaştırılması gibi amaçlarla kullanılır. Ayrıca, düşük radyasyon dozu ve kolay uygulanabilirliği nedeniyle hem rutin olarak klinikte hem de bilimsel araştırmalarda önemli bir tanı aracı olarak yer almaktadır. El-bilek radyografilerinin yorumlanmasında konuyla ilgili geliştirilmiş olan atlaslar kullanılır. Bu atlaslardan olan Greulich ve Pyle (GP), Tanner-Whitehouse (TW) Atlası (1962, 1975, 2001-TW1, TW2, TW3 Versiyonları) tarihsel olarak en yaygın kullanılan ve ortodontik büyüme analizlerinde standart hâline gelmiş olanlarıdır (73,74).



Şekil 2.5. *El-bilek radyografisi örneği*

- **Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)**

Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri, dairesel bir cihaza yerleştirilen X ışını üreten bir kaynak ile onun karşısına konumlandırılan algılayıcının hastanın çevresinde dönerek elde ettiği verilerin bilgisayar algoritmaları kullanarak işlenmesiyle elde edilirler. BT cihazları, X ışınının yayılım geometrisine göre, fan-beam (yelpaze biçiminde) ve cone-beam (konik biçimde) olarak ikiye ayrılır (75). Konvansiyonel fan-beam kullanan BT cihazlarında, X ışını kaynağını ve algılayıcıları taşıyan dairesel metal iskelet (gantri) hastanın çevresinde döner. KIBT'ın BT'den ayrılan iki önemli özelliği; dedektör kaynaklı görüntüleme farklılığı ve veri sağlayan özelliklerin farklılığıdır (76). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi cihazları, geleneksel bilgisayarlı tomografi sistemlerinin belirli sınırlamalarını gidermek amacıyla tasarlanmıştır. Bu yöntem ayrıca dental volumetrik tomografi (DVT) olarak da adlandırılmaktadır. BT'e X-ışını kaynağı yüksek verimle dönen anot jeneratörü olmasına rağmen, KIBT'da X ışını kaynağı dental panoramik cihazlarda olduğu gibi düşük enerjili anot tüpüdür. KIBT hacimsel tomografi kavramına dayanır. Bu sistemde kullanılan algılayıcılar (flat panel) iki boyutludur. Konik yayılımlı X-ışını bölgeye düştüğünde gantrinin tek bir dönüşünde geniş bir alan taranabilmektedir. Cone-beam tekniği; dedektörün ve X-ışını kaynağının, başı bir tutucuyla

sabitlenen hastanın çevresinde eş zamanlı olarak 360°'lik bir tarama yapmasıyla uygulanır (77). Bu dönüş sırasında belirli açılarla izdüşümleri elde edilir. Daha sonra bu izdüşümleri, bilgisayar yazılımlarıyla işlenir. Multislice BT'lerde X-ışını fan-beam şeklinde yayıldığı için hastadan görüntünün alınabilmesi ancak hastanın kademeli olarak cihazın içinde hareket ettirilmesi ile mümkündür. KIBT'larda ise cone-beam X-ışını kullanıldığı için tek bir dönüşte geniş bir alan taramak ve çok sayıda kesit alabilmek mümkündür (78).

2.4.2.1. El-Bilek Radyografileri ile Yaş Tayini

El bilek radyografileri kullanılarak kemik yaşının tespit edilmesinde birçok metot geliştirilmiştir. Kemiklerin gelişim evrelerini belirleyerek bireyin büyüme ve gelişiminin hangi dönemde olduğunu saptayan Fishman ve Björk'ün metotları, kemiklerde alan ölçümü ve bu ölçümlerin oranlanması sonucu alınan verilerin oluşturulmuş formülde yerine yazılmasıyla kemik yaşının elde edildiği Cameriere' nin el bilek yöntemi, bir topluluktaki bireylerden düzenli aralıklarla alınan seri radyografilerin kemik gelişimi ve kalsifikasyon açısından değerlendirilmesi sonucu oluşturulan standartlar üzerinden hazırlanan atlastaki görüntülerle karşılaştırma yapılarak kemik yaşının belirlendiği Greulich-Pyle (GP), Gök Atlası metotları, bireyin gelişim evrelerinin skorlanması, toplanan skorların önceden belirlenmiş değerlerle karşılaştırılması sonucunda kemik yaşının elde edildiği Tanner- Whitehouse (TW) metodu örnek gösterilebilir (79).

Günümüzde en sık kullanılan Fishman tarafından ortaya atılan yöntemdir. Fishman'a göre iskeletsel olgunluk göstergeleri (Skeletal Maturity Indicators: SMI) 4 basamak ve 11 aşamada değerlendirilir. Bu basamak ve aşamalar aşağıda belirtilmiştir (80).

1. Basamak- Epifiz-Diafiz Genişliği Eşittir:

SMI 1: 3. parmak proksimal falanksında epifiz ve diafiz genişlikleri eşit

SMI 2: 3. parmak medial falanksında epifiz ve diafiz genişlikleri eşit

SMI 3: 5. parmak medial falanksında epifiz ve diafiz genişlikleri eşit

2. Basamak- Kemikleşme:

SMI 4: Başparmak adduktör sesamoidinde kemikleşme (ossifikasyon)

3. Basamak- Epifiz Kepping Yapar:

SMI 5: 3. parmak distal falanksı epifizinin kapsülleşmesi (kepping)

SMI 6: 3. parmak medial falanksı epifizinin kapsülleşmesi

SMI 7: 5. parmak medial falanksı epifizinin kapsülleşmesi

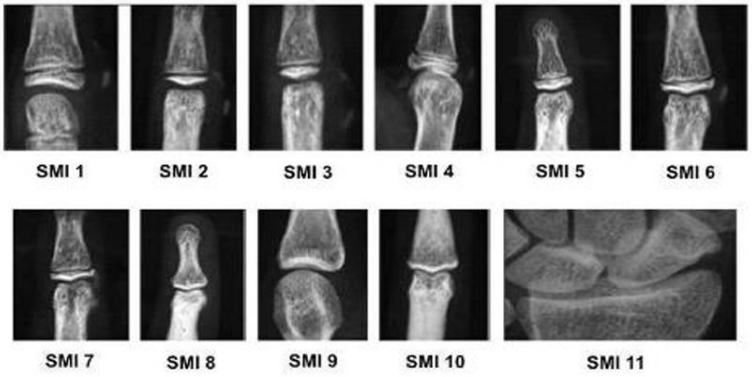
4. Basamak- Epifiz ile Diafiz Birleşir (Füzyon):

SMI 8: 3. parmak distal falanksında epifiz ve diafizin füzyonu

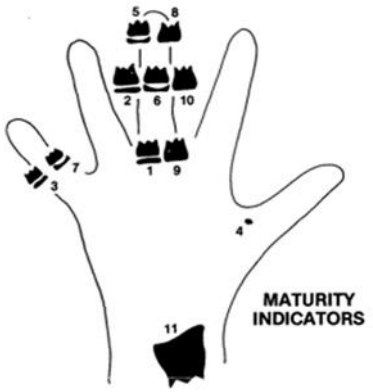
SMI 9: 3. parmak proksimal falanksında epifiz ve diafizin füzyonu

SMI 10: 3. parmak medial falanksında epifiz ve diafizin füzyonu

SMI 11: Radiusdaki epifiz ve diafizin füzyonu evresi belirlenmiştir.



Şekil 2.6. *Fishman metodundaki 11 aşamanın radyografik görüntüleri (81)*



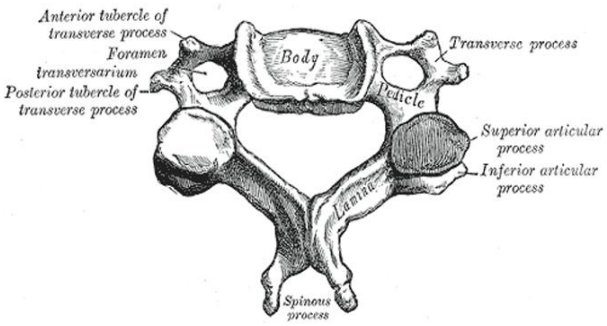
Şekil 2.7. *Fisman yöntemindeki 11 aşamanın el-bilek üzerinde şematik gösterimi(81)*

2.4.2.2. Sefalometrik Grafilerden Yaş Tayini

2.4.2.2.1. Servikal Vertebraların Anatomisi

Tipik servikal vertebraların genel özellikleri

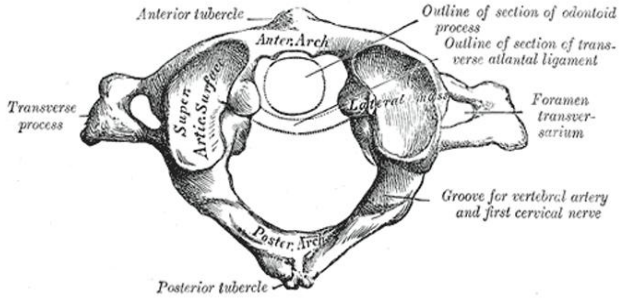
Tipik servikal vertebralar 3(C3), 4(C4), 5(C5) ve 6(C6) numaralı servikal vertebralardır. Tipik bir servikal vertebra geniş ve küçük vertebral gövdeye sahiptir. Önde yuvarlak hatlardan oluşan vertebrae corpus, arkada ise vertebrae arcus bulunur. Vertebrae corpus ile arcus ve vertebranın diğer arka elemanlarını birbirine bağlayan geçiş bölümünde kemik yapıdaki pediküller posterolateral olarak uzanır. Üçgen biçiminde olup geniş boyuttaki foramen vertebraleyi çevreleyen laminaların uzanımı ise posteromedial yöndedir. Arka yönde uzanan processus spinosuslar, çift başlı ve kısadır. Yedinci servikal vertebra hariç tüm servikal vertebralara ait foramen transversiumun içerisinden vertebral arter, vertebral ven ve servikotorasik ganglionun bir dalı geçer, yedinci servikal vertebradan ise sadece vertebral ven geçer (82–85).



Şekil 2.8. *Tipik servikal vertebra örneği (86)*

C1 Atlas

Atlas kafatasını destekleyen ilk servikal vertebradır. Kendine özgü bir anatomik biçimi vardır, vertebral gövdesinin olmaması ve halka biçiminde görüntüsüyle diğer servikal vertebralardan ayrılır. Atlasın massa lateralis adı verilen yan parçaları oldukça gelişmiştir. Fovea articularis superior yüzeyleri oksipital kemik ile eklem yapar. Sulcus arteria vertebralis adlı çukurun içerisinden arteria vertebralis ve birinci nervus servikalis geçer (82–85,87).

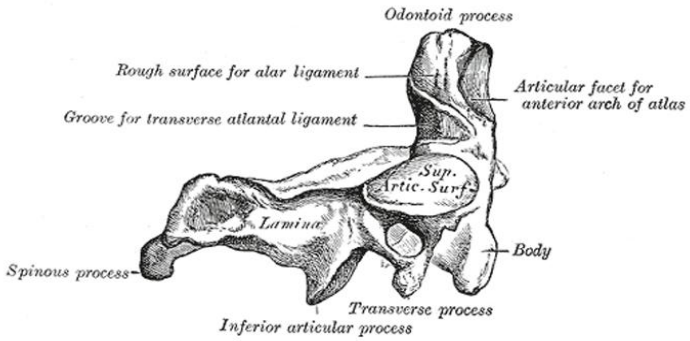


Şekil 2.9. *C1 vertebra (Atlas) (86)*

C2 Aksis

İkinci servikal vertebra olan aksis, atlasın rotasyonu için aks görevi görür. Aksis, diğer servikal vertebralardan farklı olarak, gövdesinde konik şekilli ve yetişkinlerde boyu ortalama 15mm uzunluğunu bulan, dens aksis adı verilen çıkıntı bulunur (82). Dens aksis gövdeden

kartilaj özellikteki diskle ayrılır, diskin etrafı kemikleşirken merkezi ileri yaşlara kadar kartilaj yapıda kalabilir (84,85).



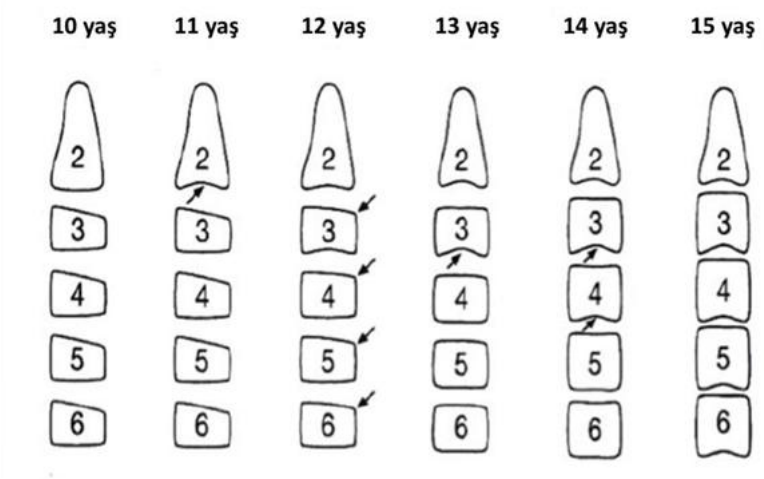
Şekil 2.10. *C2 vertebra (Aksis) (86)*

C7 Yedinci Vertebra

Yedinci servikal vertebranın ensenin alt kısmından görülebilen uzun processus spinosusu vardır. Foramen transveriumları diğerlerine göre daha küçüktür hatta nadiren foramen transverium bulunmayabilir (83,85).

2.4.2.2.2 Servikal Vertebraların Yaş Tayininde Kullanımı

Kemik yaşı tayininde el-bilek radyografisi kullanımının hastalara ek bir radyasyon dozu verilmesini gerektirmesi göz önünde bulundurularak, rutin lateral sefalometrik grafilerde görülen servikal vertebralar, iskelet maturasyonunu belirlemek için kullanılmıştır. (88) İlk kez 1972 yılında Lamparski tarafından iskeletsel değerlendirmelerde puberte döneminde servikal vertebralardaki değişim tanımlanmıştır. Lamparski, 10- 15 yaş aralığındaki Kafkas kökenli 72 kız ve 69 erkek üzerinde yaptığı çalışmasında servikal vertebraların iskelet yaş tayininde el-bilek kemikleri kadar güvenilir olduğunu ileri sürmüştür (89).



Şekil 2.11. *Lamparski'nin tanımladığı servikal vertebra maturasyon aşamaları (89)*

1. aşama (10 yaş): Tüm vertebra gövdelerinin alt kenarları düzdür. Üst kenarlar posteriordan anteriora eğimlidir. 2. aşama (11 yaş): 2. servikal vertebranın alt kenarında konkavite belirmiştir. Vertebra gövdelerinin anterior yükseklikleri artmıştır. 3. aşama (12 yaş): 3. vertebranın alt kenarında konkavite belirmiştir. 4. aşama (13 yaş): C3'ten C6'ya tüm servikal vertebraların gövdeleri dikdörtgen formundadır. 4. Vertebranın alt kenarında konkavite oluşmaya başlamaktadır. C5 ve C6'nın konkaviteleri yeni oluşmaya başlamaktadır. 5. aşama (14 yaş): Gövdeler kare formuna yaklaşmıştır, vertebralar arası boşluklar azalmıştır. 6 servikal vertebranın tamamında alt kenardaki konkaviteler belirgin bir şekilde izlenebilmektedir. 6. aşama (15 yaş): Tüm servikal vertebraların gövdelerinde vertikal yükseklik artmış ve konkaviteler derinleşmiştir. (89)

Hassel ve Farman ise daha sonra Lamparski'nin bu metodunu geliştirmiştir. 8- 18 yaş aralığındaki Kuzey Avrupa kökenli 110 kız ve 110 erkekten oluşan bir çalışma grubunda oluşturulan metodda; ikinci, üçüncü ve dördüncü servikal vertebralar değerlendirilerek iskeletsel büyüme ve gelişme 6 safhada kategorize edilmiş ve "Cervical Vertabra Maturation Indeks" (CVMI) olarak adlandırılmıştır. Bu servikal vertebra görüntüleri seçilirken öncelikli olarak sefalometrik grafilerde tiroid koruyucu kullanılmakla beraber dördüncü vertebra alt sınırının görüntülerde net şekilde izleniyor olması göz önünde bulundurulmuştur (9).

Hassel ve Farman yönteminde kullanılan 6 safha aşağıdaki gibidir:

CVMI 1: Başlama evresi olarak adlandırılır. Tüm servikal vertebraların alt sınırları düzdür, vertebralar kama formundadır, üst sınırları ise posteriordan anteriora doğru eğimlidir. Büyüme yeni başlamıştır, bu evrede %80 ile %100 arası büyüme beklenir.

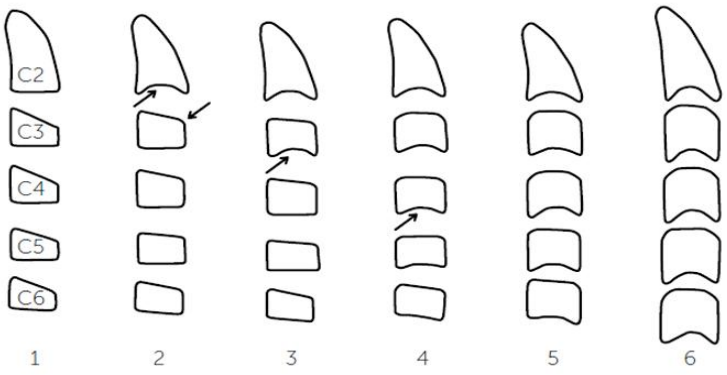
CVMI 2: Hızlanma evresi olarak adlandırlır. İkinci ve üçüncü servikal vertebraların alt sınırında konkavite başlar, dördüncü servikal vertebra alt sınır hala düz olarak görülür, C3 ve C4'ün gövdeleri dikdörtgen forma yaklaşmaktadır**.** Büyüme bu evrede hızlanır, bu evrede %65 ile %85 arası büyüme beklenir.

CVMI 3: Geçiş evresi olarak adlandırılır. Dördüncü servikal vertebra alt sınırında sığ konkavite başlar, üçüncü ve dördüncü servikal vertebra yatay dikdörtgen şeklinde izlenir. Bu evrede %25 ile %65 arası büyüme beklenir.

CVMI 4: Yavaşlama evresi olarak adlandırılır. İkinci, üçüncü ve dördüncü servikal vertebra alt sınırlarında konkavite derinleşir, üçüncü ve dördüncü servikal vertebra kareye yakın görünümdedir. Bu evrede %10 ile %25 arası büyüme beklenir.

CVMI 5: Olgunlaşma evresi olarak adlandırılır. İkinci, üçüncü ve dördüncü servikal vertebra alt sınırlarında konkavite daha fazlalaşır, üçüncü ve dördüncü servikal vertebra tam kare biçiminde görülür. Bu evrede %5 ile %10 arası büyüme beklenir.

CVMI 6: Tamamlanma evresi olarak adlandırılır. Üçüncü ve dördüncü servikal vertebra artık dikey dikdörtgen biçimde görülür. Bu evrede ya büyüme beklenmez ya da çok az büyüme beklenir.

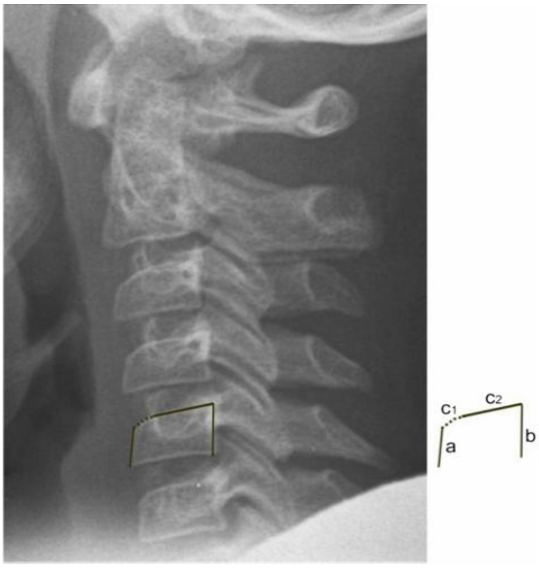


Şekil 2.12. *Hassel ve Farman'ın tanımladığı servikal vertebra maturasyon aşamaları (90)*

Baccetti ve ark. servikal vertebra gelişim dönemlerini “Servikal Vertebra Gelişim Safhaları-Cervical Vertebra Maturation Stage (CVMS)” adıyla 5 evre tanımlamıştır. Bu evreleme sisteminde C2, C3 ve C4 vertebraların izlenebildiği lateral sefalometrik radyografiler kullanılabilmektedir. Safhalarda 1. ve 2. aşamanın ayırt edilmesinin zor olduğunu öne sürerek bu seviyelerin birleştirmiş tek bir safha olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir. (58) Fakat ilerleyen yıllarda Bacetti ve ark. kendi çalışmalarını modifiye ederek, C2, C3 ve C4 ün net olarak gözlendiği lateral sefalogramları değerlendirmede kullanmışlar ve servikal vertebralara göre büyüme atılımını yine 6 evrede incelemişlerdir(91).

Mito ve ark. yaptıkları bir çalışmada sefalometrik radyografilerde 3. ve 4. servikal vertebralar üzerinde vertebraların arka yüksekliği, ön yüksekliği, orta kısmından vertikal yüksekliği ve antero-posterior yöndeki genişliği olmak üzere ölçümler yapmış; bu ölçümler üzerinden regresyon analizi ile istatistiksel olarak kronolojik yaşla karşılaştırma yapmıştır (92).

Cameriere ve ark. yaptıkları birçok çalışmada diş hekimliğinde kullanılan radyografiler aracılığıyla çeşitli yaş tayini yöntemleri geliştirmişlerdir. Bunlardan biri de sefalometrik radyografilerde görülen 4. vertebranın arka (Vb) ve ön (Va) yüksekliğinin birbirine oranının (Vba) değerlendirilmesidir. Ölçümler üzerinden regresyon analizi yapılarak kronolojik yaşla karşılaştırılmıştır (10).



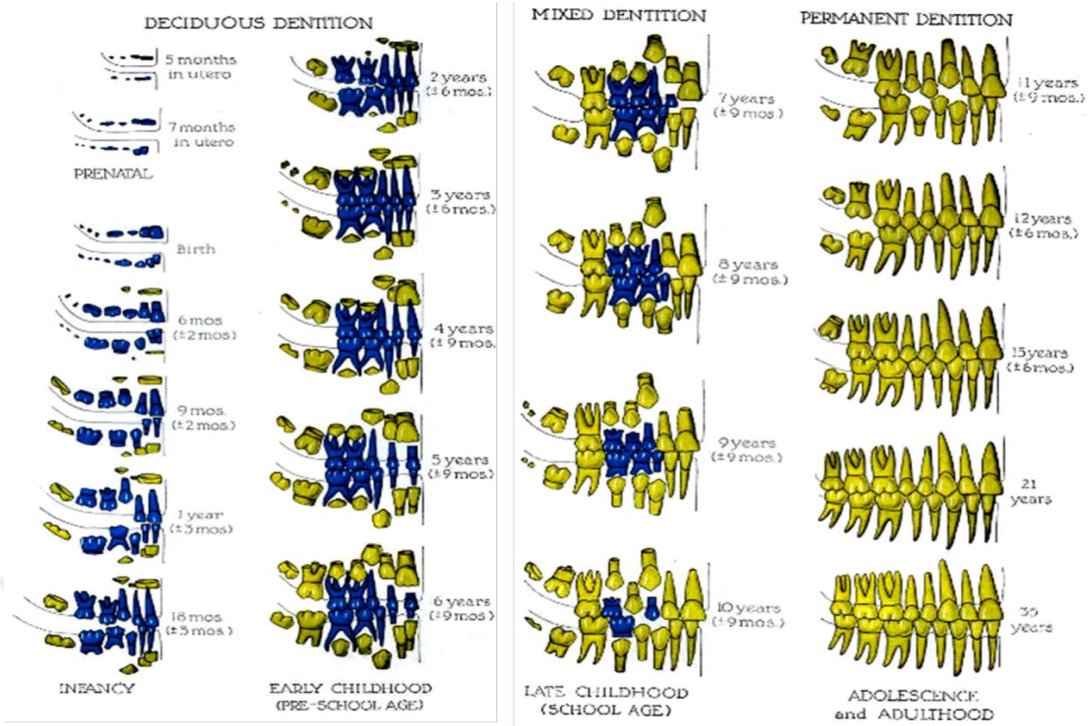
***Şekil 2.13**. Cameriere'nin Vba yöntemine ait ölçümler (10)*

El-bilek radyografileri ve sefalometrik radyografiler özellikle gelişimini henüz tamamlamamış hastalarda büyüme ve gelişimi değerlendirmek, kemik yaşını tayin etmek gibi amaçlarla kullanılır. Bu metotlarda dişler üzerinden değerlendirme yapılmaz, bu radyografiler yalnızca kemik yaşının tahmini için kullanılır.

2.4.2.3. Dişlerden Yaş Tayini Metotları

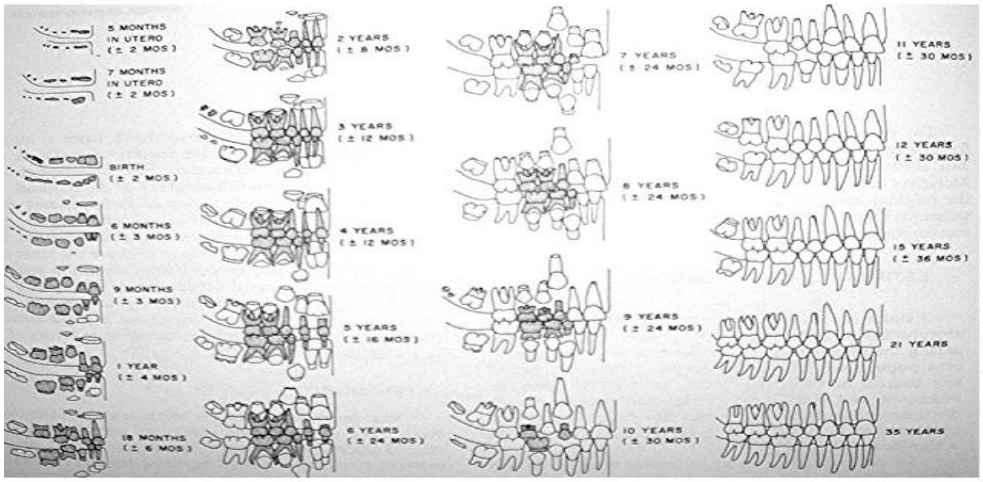
2.4.2.3.1. Dişlerin Erupsiyon Durumuna Göre Yapılan Yaş Tayin Metotları

Schour ve Massler'in atlası, bu alandaki en tanınmış çalışmalardan biridir. Bu atlas, intrauterin dönemden yetişkinliğe kadar olan süreçte, çenelerin bir tarafını ve dişlerin gelişim evrelerini gösteren 21 çizimden oluşmaktadır. Her bir çizimde, gelişmekte olan dişlerin konturları, muhtemelen gingival bir çizgiye göre dizilimi ve ilgili yaş grubu belirtilmiştir. Yaş kategorileri 12 yaşına kadar ardışık olarak sıralanmış, ardından bir sonraki kategori 15 yaş olarak belirlenmiştir. Atlasın son iki çizimi ise 21 ve 35 yaşlarında tamamen oluşmuş ve sürmüş dişleri göstermektedir (93–95). Amerikan Diş Hekimliği Birliği (ADA), düzenli olarak bu tabloyu güncellemektedir. En güncel tablo 1982 yılında ADA tarafından yayınlanmıştır.



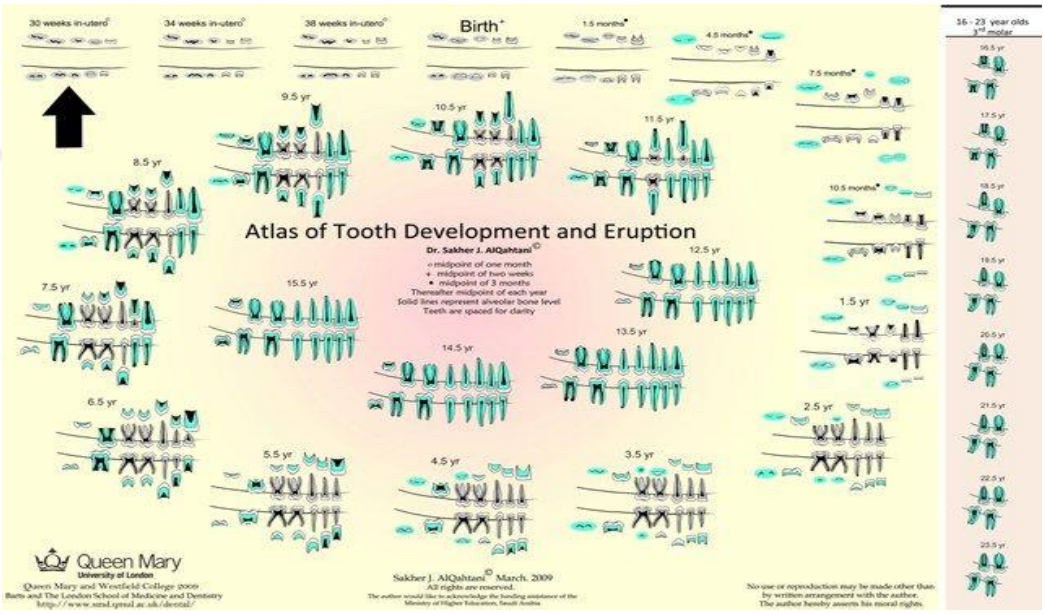
Şekil 2.14. *Schour ve Massler'in dişsel gelişim şeması (96)*

Ubelaker, 1984 yılında süt ve daimî diş gelişimini değerlendirmek amacıyla Amerikalı bireyleri kullanmıştır; fakat yerli Amerikan halkının diş gelişim ve erupsiyonunun diğerlerinden erken sonlandığı gösterilmiştir. Atlasta, intrauterin 5. aydan başlayıp 35. yaşa kadar olan dentisyonun şematik çizimleri yer almaktadır. (97)



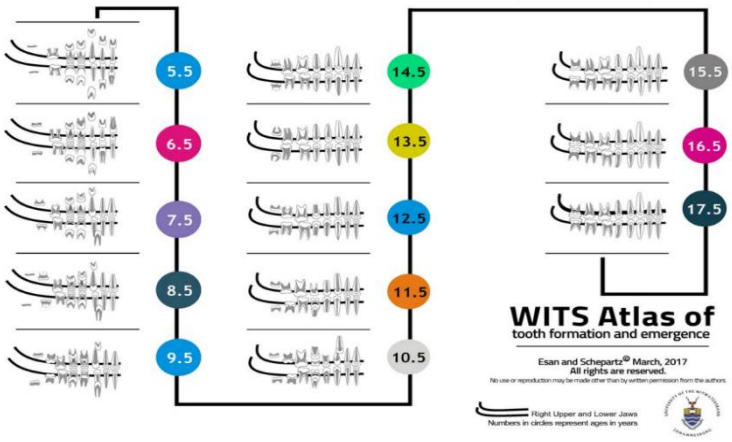
Şekil 2.15*.Ubelaker'in dental gelişim tablosu (98)*

Alqahtani ve ark. ise 2010 yılında “Londra Atlası” adlı bir çalışma yayınlamıştır. Çalışma için, İngiltere Kraliyet Cerrahi Üniversitesi ve Londra Doğal Tarih Müzesi’ nde bulunan koleksiyondan 176 insan iskeleti kalıntılarından ve 528 canlı kişiden alınmış toplam 704 radyografi kullanılmıştır. Atlas, intrauterin 30. haftadan başlayarak 23,5 yaşına kadar süt ve daimî dişlerin gelişim ve sürme süreçlerini ayrıntılı bir şekilde gösteren kapsamlı bir tablo sunmaktadır. Atlasta 31 diyagram bulunmaktadır (99).



Şekil 2.16. *Londra Atlası (100)*

Güney Afrikalı siyahi bireyler için de 2017 yılında WITZ Atlası adında bir atlas yayınlanmıştır (101). Büyüme ve gelişim etnik kökenlere ve yaşanılan bölgeye göre değiştiği için farklı bölgelerde çeşitli atlaslar ve şemalar yayınlanmıştır. (102)



Şekil 2.17. *WITS Atlası (101)*

Londra Atlası, günümüzde halen adli ve antropolojik vakalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünya genelinde kullanılabilmesi amacıyla üretilmiş bir atlas oluşu yararlanılan materyallerin çok sayıda farklı etnik kökenden (Portekizli, Hollandalı, Kanadalı, Fransız, Bangladeşli ve İngiliz) alınmış olmasından anlaşılmaktadır. Alqahtani ve ark. yaş tayini için kullanım açısından Schour & Massler ve Ubelaker'in tablolarından daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. (95) Londra Atlası konusundaki tartışma farklı etnik kökenlerin farklı büyüme ve gelişme paternine sahip olduğu bilgisinin dışına çıkarak farklı etnik kökene sahip bireylerin çalışmaya dahil edilmiş olmasıdır (79). Örneğin, Afrika'daki siyahi çocuklarda Avrupa ve Asya toplumlarına göre diş sürmesi ve gelişimi oldukça ileridir (101).

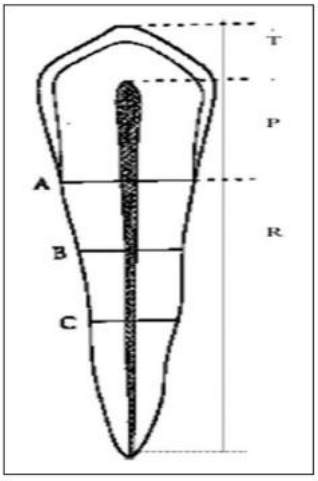
2.4.2.3.2. Dişlerin Kalsifikasyon Durumuna Göre Yapılan Yaş Tayini Metotları

Kök gelişimi tamamlandıktan sonra, sekonder dentin hayat boyunca birikmeye devam eder ve bu durum pulpa odasının boyutlarında azalma ile kendini gösterir. Pulpa odasının boyutunun, kronolojik yaş ilerledikçe azaldığı ve diğer çevresel faktörlerden en az etkilendiği bilinmektedir (103). Sekonder dentin birikimini ölçmek için radyografilerin incelenmesi hem yaşayan hem de ölmüş bireylerde uygulanabilir, non-invaziv ve uygulanması kolay bir yöntemdir (104). Yapılan çalışmalarda, sekonder dentin birikiminin gözlemlenebildiği

oranların hesaplanmasında farklı dişler üzerinde çeşitli radyografik ölçümler tanımlanmış ve bu oranların kronolojik yaşla ilişkilendirilebileceği gösterilmiştir(103–106).

2.4.2.3.2.1. Kvaal Metodu

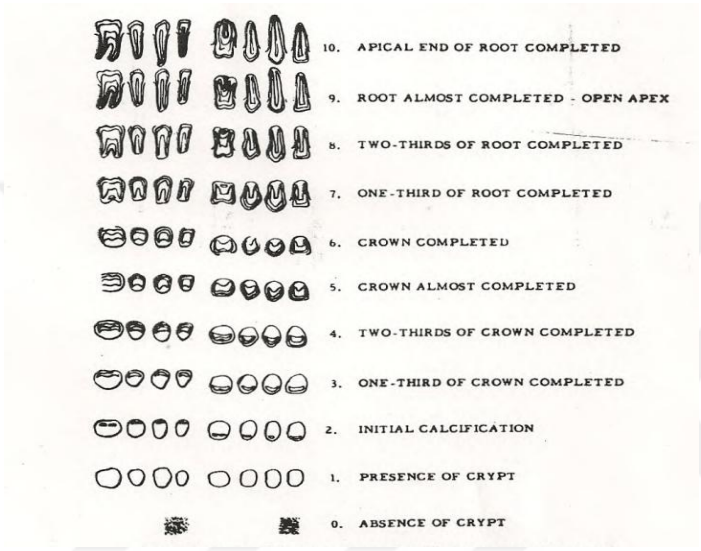
Kvaal ve ark. 1995 yılında full-mouth periapikal radyografilerde 6 adet dişte (mandibuler lateral kesici, kanin, birinci premolar; maksiller santral, lateral kesici, ikinci premolar) diş ve pulpanın tam boyutlarını, mine-sement birleşiminden sonraki boyutlarını ölçmüş ve bunu değerlendirmiştir. Çalışmada tek köklü rotasyon olmayan dişler incelenmiş ve değerlendirme zorlukları ve ölçüm hataları nedeniyle çok köklü dişler çalışma dışında bırakılmıştır. Radyograflardaki potansiyel magnifikasyon ve açılama hatalarını elimine etmek amacıyla pulpa yüksekliği/kök yüksekliği, pulpa yüksekliği/diş yüksekliği ve üç seviyede pulpa genişliği/kök genişliği gibi oran hesaplamaları yapılmıştır(20). Kvaal'ın metodu sonraki yıllarda birçok kez panoramik radyografilere ve KIBT görüntülemelerine uyarlanmıştır.



Şekil 2.18. *Kvaal metodunda yapılan ölçümler (58)*

2.4.2.3.2.2. Nolla Metodu

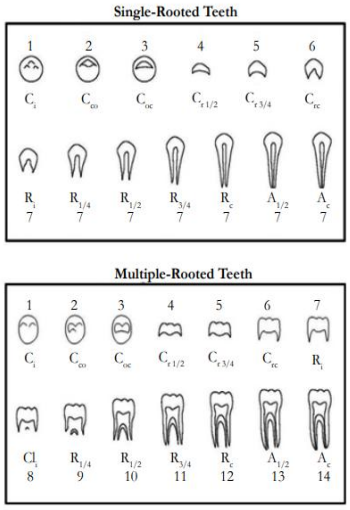
Nolla 1960 yılında dişlerin mineralizasyonunu ve gelişim aşamalarını belirlemek için 10 temel gelişim evresi tanımlamıştır. 8 adet daimi diş üzerinde çalışmıştır. Ekstraoral radyografiler, oklüzal ve periapikal radyografiler ile değerlendirme yapmıştır (107).



Şekil 2.19. *Nolla'nın evreleme sistemi (107)*

2.4.2.3.2.3. Moorrees Metodu

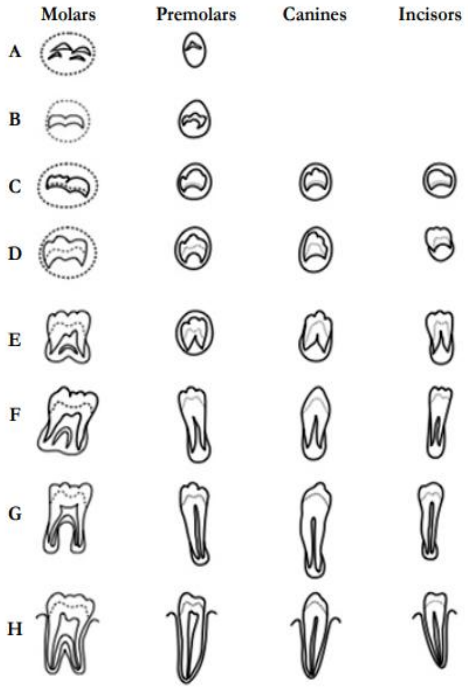
1963 yılında Moorrees, Fanning ve Hunt'ın 1963 yılında yayımladıkları çalışmada, 10 adet kalıcı dişte ekstraoral ve periapikal radyografileri değerlendirerek evreler belirlemiş ve bu evreleri kodlayarak yaşla ilişkilendirmiştir (108).



Şekil 2.20. *Moorrees'in evreleme sistemi (109)*

2.4.2.3.2.4. Demirjian Metodu

1973 yılında oluşturulmuş bir metot olan Demirjian metodu halen yaş tahmininde en sık kullanılan metotlardan biridir. Dişler gelişim evrelerine göre 8 safhaya (A-H) ayrılmıştır. Bu metoda göre, her diş için ayrı ayrı bu 8 gelişim safhasından biri belirlenir. Bu safhalara denk gelen skorlar Demirjian' ın kadın ve erkek bireyler için ayrı ayrı hazırladığı tablolarla eşleştirilerek elde edilen sayısal değerler toplanır ve böylece bireyin olgunluk skoru elde edilir. Toplam skor, bireyin cinsiyetine ait olgunluk skoru tablosunda bulunur ve eşleştirilen yaş aralığı dikkate alınarak tahmini diş yaşı belirlenmiş olur. Sağ ve sol mandibuler 7 diş arasında yüksek oranda korelasyon saptandığından herhangi bir dişin değerlendirilmediği durumlarda o dişin sağ alt çenedeki simetriğinin de kullanılabileceği bildirilmiştir (110).



Şekil 2.21. *Demirjian yönteminde tanımlanan aşamalar (110)*

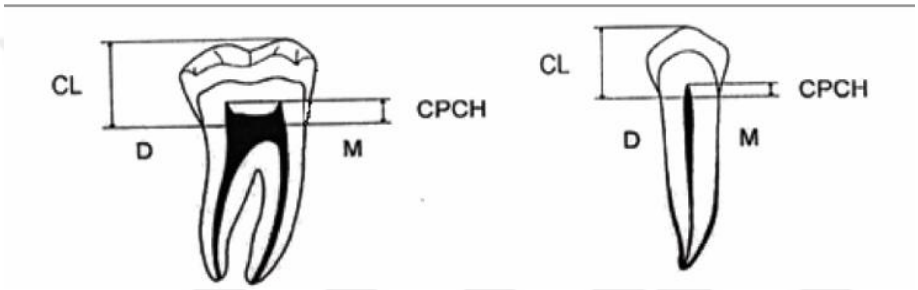
2.4.2.3.2.5. . Willems Metodu

Willems ve ark, Demirijian metoduyla yapılan yaş tayinlerinin kronolojik yaşa göre büyük sonuçlar verdiği için Demirjian metodunu ANOVA testi kullanarak geliştirmişlerdir. Bu yöntemde yine mandibuladaki sol 7 dişin mineralizasyon evrelerinden faydalanılmaktadır. Demirjian tarafından tanımlanmış olan A-H evreleri kullanılır. Dişler, Willems'in her cinsiyet için ayrı olarak hazırladığı skor tablolarında skorlanır ve bu sayısal değerlerin toplamı bireyin tahmini diş yaşını verir (111).

2.4.2.3.2.6. Drusini Metodu

Drusini, ilk olarak 1993 yılında periapikal radyograflardan çektiği fotoğraflarda kumpasla mandibuler premolar ve 3. Molar dişler haricindeki molar dişlerde kron pulpasının ve kronun yüksekliğinin ölçümlerinden elde edilen diş koronal indeksini (TCI) geliştirmiştir (112). Bu indeksin, yaşla korelasyonunun yüksek olduğunu saptamıştır. 1997 yılında başka bir

çalışmasında 433 panoramik radyograftan çektiği fotoğraflarda 846 sağlam premolar ve molar diş üzerinde ölçümler yapılmıştır. Ancak özellikle anterior bölge için periapikal teknikle kıyaslandığında detay kaybının fazla olduğunu belirtmiş, bu nedenle de pulpa kavitesi daha net izlenen sağlıklı posterior dişleri çalışma kapsamına almıştır. Sağ veya sol diş seçiminde ise pulpanın daha net izlendiği taraftaki dişler dahil edilmiştir. İki gözlemci tarafından kron pulpa yüksekliği(CPCH) ve kron yüksekliği(CH) ölçülmüştür. Kron pulpa yüksekliği 100 ile çarpılıp kron yüksekliğine bölünerek koronal indeks belirlemişlerdir. İstatistiksel analiz sonucunda aşağıda verilen regresyon modelleri elde edilmiştir (113).



Şekil 2.22. *Drusini yönteminde kron pulpası ve kron yüksekliği ölçümleri (113)*

Premolar dişlere ait regresyon modelleri:

Y = 77.617-1.4636X (kombine model)

Y = 79.679-1.5356X (erkek bireylere ait model)

Y = 75.523-1.3896X (kadın bireylere ait model)

Molar dişlere ait regresyon modelleri:

Y = 76.073-1.4576X (kombine model)

Y = 77.747-1.5066X (erkek bireylere ait model)

Y = 73.846-1.3906X (kadın bireylere ait model)

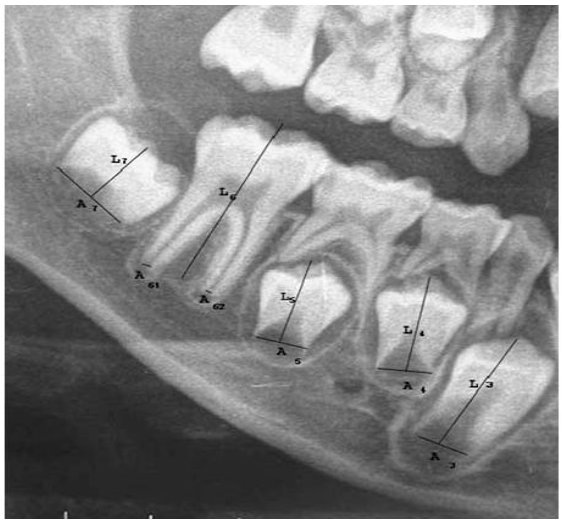
(X: Dişlerden ölçülen diş koronal indeksi, Y: Hesaplanan yaş) (114)

2.4.2.3.2.7. Cameriere Açık Apeks Metodu

Cameriere ve ark 2006 yılında, 5-15 yaş arasında 242 kız ve 213 erkek toplamda 455 beyaz İtalyan çocuğun panoramik radyografisinde, dişlerin apekslerinin kapanma hızını radyomorfometrik ölçümlerle ilişkilendirdikleri açık apeks yöntemini bulmuşlardır. Araştırıcılar bu yöntemde doğru pozisyonla çekilen panoramik radyografide sol alt çenedeki 7 diş üzerinde ölçüm yapmışlardır. Bu metodun uygulanması ise şu şekildedir: Sol alt çenedeki 7 dişin her birinin apikal açıklığı ölçülür ve magnifikasyon miktarını elimine etmek amacıyla diş uzunluğuna bölünerek bir oran elde edilir. Çok köklü dişler için ise her bir apikal açıklık ayrı ayrı ölçülüp toplanır. Ölçümü yapılan bütün dişler için ortalama indeksleri hesaplanarak formüldeki yerlerine yazılır. (115)

Yaş = 8,971 + 0,375 g + 1,631 X5 + 0,674 N0 -1,034 s – 0,176 s N0

Buradaki; g = cinsiyete özgü sabiti, (kızlarda 0, erkeklerde 1 olarak yazılır) X5 = 5. dişin ortalama indeksini, N0 = gelişimini tamamlamış diş sayısı, s = normalize edilmiş açık apekslerin toplamını ifade etmektedir.



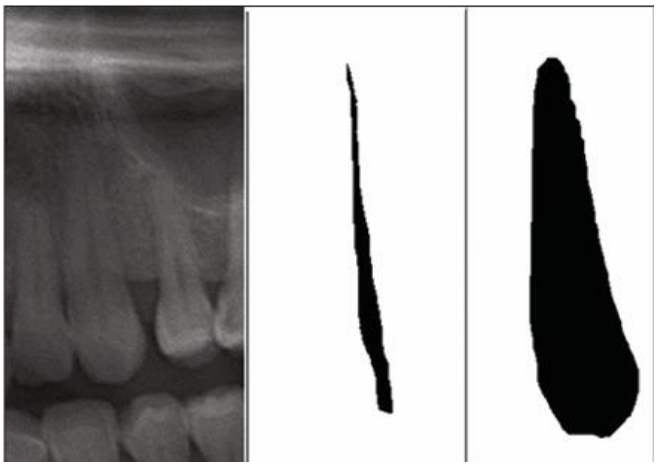
Şekil 2.23. *Açık Apeks Yönteminde Yapılan Ölçümler (115)*

2008 yılında ise üçüncü molar dişlerin açık apeks ölçümlerine dayalı olarak 18 yaş tahmini için Üçüncü Molar Olgunluk İndeksi (I3M) yöntemini geliştirmiştir. I3M ≤ 0.08 olduğunda, bireyin 18 yaşından büyük olma olasılığı %98 olarak bulunmuştur. Demirjian aşamalarıyla karşılaştırıldığında, daha yüksek doğruluk (%83) ve özgüllük (%98) sağlamıştır, bu da yöntemin özellikle adli tıpta yaş tespiti için güvenilir olduğunu göstermektedir (116).

2.4.2.3.2.8. Cameriere'in Diş/Pulpa Alanlarını Oranladığı Yöntemleri

2004 yılından bu yana, Cameriere ve arkadaşları yaş tahmini için sekonder dentin birikimini nicel bir şekilde değerlendirmek amacıyla pulpa/diş alan oranını kullanarak farklı dişleri incelemiştir. Bu çalışmalardan birinde, pulpa/diş alan oranı ölçümlerinin özellikle kanin dişlerde daha hassas olduğu belirtilmiştir; çünkü kanin dişlerin pulpa alanları daha geniştir ve oklüzyondaki yerinin spesifikliği nedeniyle aşınmaları diğer dişlere göre çok daha az orandadır. Ayrıca ağızda en uzun süre dayanan, ileri yaşlardaki hastalarda dahi çoğunlukla bulunan bir diş olması da kanin dişlerin kullanılmasında önemli bir faktördür. (117,118)

Kanin dişler, önceki çalışmalarda oldukça güvenilir olarak değerlendirilmiş olmasına rağmen, daha sonra alt premolar dişler de incelenmiş ve bu tek köklü dişlerin pulpa boyutlarının diğer dişlere göre daha belirgin olması nedeniyle kanin dişlerle karşılaştırılabilir özellikler taşıdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, yanak yumuşak dokusu tarafından örtüldüğü için kesici veya kanin dişlere göre doğrudan ısıya veya travmaya karşı daha dayanıklıdır ve kuru maksilla ve mandibulada diğer tek köklü ön dişler kadar kolay kaybolmadığı görülmüştür. Alt premolarlar, pulpanın daralması ile artan yaş arasında iyi bir korelasyon göstermektedir (119).



Şekil 2.24. *Cameriere'nin pulpa ve diş alan ölçümleri (114)*

Kanin ve premolarlar üzerinde yapılan analizlerin ardından, 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada Cameriere ve ark. diğer tek köklü dişler olan santral ve lateral dişlere odaklanmıştır. Üst ve alt kesici dişlerin (hem santral hem lateral) periapikal röntgen görüntülerini inceleyerek pulpa/diş alan oranının yaş göstergesi olarak uygulanabilirliğini araştırmışlardır (120).

2.4.2.3.2.9. Tooth Coronal Index (TCI)-Benindra Yöntemi

2012 yılında Benindra tarafından yapılan çalışmada (11) Endonezya popülasyonunda Tooth Coronal Index (TCI) yönteminin 9-21 yaş arası bireylerde yaş tahmini için uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Drusini'nin yöntemi modifiye edilerek 148 bireyin yalnızca birinci premolar dişlerine ait dental radyografiler incelenmiş, koronal yükseklik (CH) ve koronal pulpa kavitesi yüksekliği (CPCH) ölçülmüş ve TCI yöntemi kullanılarak yaş tahmini yapılmıştır. Elde edilen tahmini yaş ile kronolojik yaş karşılaştırılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma için Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 05.11.2024 tarihinde 2024-524 rapor numarasıyla etik kurul onayı alınmıştır.

Çalışma grubu, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi'ne başvurmuş ve her birinden hem lateral sefalometrik hem de panoramik grafi alınmış olan 87 kadın, 59 erkek olmak üzere toplam 146 bireyden oluşturulmuş ve çalışmada bu görüntüler retrospektif olarak incelenmiştir. Örneklem büyüklüğü "Power Analizi" ile belirlenmiş olup raporu aşağıdaki gibidir.

Çalışmada kullanılacak örneklem büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla G*Power 3.1 yazılımı kullanılarak tek örneklem t testi için a priori power analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde etki büyüklüğü d = 0,25 (küçük-orta düzey), birinci tip hata olasılığı $\alpha = 0,05$ ve test gücü $1-\beta = 0,85$ olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerle yapılan hesaplama sonucunda, çalışmada en az 146 bireylik bir örneklem ile analiz yapılmasının yeterli olacağı saptanmıştır. Hesaplama sonucunda serbestlik derecesi 145**,** kritik t değeri 1,976**,** noncentrality parametresi (δ) 3,021 ve gerçek güç 0,851 olarak elde edilmiştir.

3.1. GÖRÜNTÜLERİN DAHİL EDİLME KRİTERLERİ;

- Hasta hareketi veya metalik artefaktların olmaması,
- Anatomik yapıların sınırlarının yeterli doğruluğu göstermesi,
- Süperpozisyonların en alt düzeyde izlenmesi,
- İlk dört servikal vertebranın net olarak izlenmesi,
- Birinci premolar dişlerde çürük olmaması ve bu dişte herhangi bir tedavi yapılmamış olması olarak belirlenmiştir.

3.2. HASTALARIN DAHİL EDİLME KRİTERLERİ

- Dişlerde ve kemiklerde yapısal ve kazanılmış bozuklukların olmaması
- Baş-boyun bölgesinde travma, operasyon, kist tümör vb patoloji geçmişi olmaması
- Hastaların 9-22 yaş aralığında olması olarak belirlenmiştir.

Toplam 874 sefalometrik ve panoramik görüntü incelenmiş ve belirlenen kriterleri sağlayan 146 görüntü analize dahil edilmiştir. Örneklem grubunu oluşturacak bireylerin yaş aralığının belirlenmesinde, kliniğe ortodontik tedavi için başvurmuş; sefalometrik ve panoramik grafisi çekilmiş hastalar dikkate alınmıştır. Çalışmada örneklem grubu için yeterli birey sayısına 9 yaş itibarıyla ulaşılmıştır ve bu nedenle alt sınır olarak 9 yaş belirlenmiştir. 22 olarak belirlenmesinin nedeni ise, 22 yaşa kadar kemiklerde büyüme bölgelerinin her yaş için tespit edilebilir olması, ancak 23 yaş ve sonrasında iskeletsel gelişimin büyük ölçüde tamamlanmasıyla birlikte kesin yaş tayinini sağlayacak belirgin bir kriterin bulunmamasıdır. Pubertal dönem sonrası ve ileri yaşlarda kesin yaş tahmini güçleşmekte ve hata payı artmaktadır (48). Ancak taradığımız aralıktaki hasta gruplarında en büyük 20 yaşına rastlanmıştır. Bu nedenle yaş tahmini için en uygun aralık 9-20 yaş olarak belirlenmiştir. Panoramik ve sefalometrik görüntüler PLANMECA marka PROMAX 3D model dijital Panoramik radyografi cihazı (Planmeca Oy, 00880 Helsinki, Finlandiya) kullanılarak (Şekil 22, Şekil 22.1), her bir panoramik görüntü 15.8 saniyede 8 mA ve 66 kV; her bir sefalometrik grafi 6,7 saniyede 10 mA ve 66 kV ışın değerleri ile elde edildi. Çekim sonrasında elde edilen görüntüler, Lenovo Thinkcentre Neo30a 24 Gen 3 i5 işlemcili 21,5 inç LCD Monitör Bilgisayar (Pekin, Çin) kullanılarak (Şekil 23) değerlendirildi. Dijital panoramik radyografiler üzerinde yapılan ölçümler FONET DICOM Viewer v4.1 yazılım programı kullanılarak yapılmıştır. Görüntülerin tümü standardizasyonu sağlamak için aynı monitörde iki ayrı gözlemci tarafından değerlendirilmiştir. Sefalometrik grafilerde izlenen vertebralar üzerinde Hassel ve Farman evreleme sistemi (CVMI) kullanılmıştır (9). Sefalometrik grafilerde kullanılan bir diğer yöntem ise Cameriere ve ark. nın servikal dördüncü vertebra üzerinde anterior (Va) ve posterior yüksekliği (Vb) ölçerek bunları birbirine oranladığı (Vba) çalışmasıdır (10). Panoramik grafilerde ise Benindra'nın Drusini metodundan yola çıkarak premolar dişlere uyarladığı kron pulpasının uzunluğu ile kron boyu uzunluğunun oranlanıp 100 ile çarpılmasıyla "tooth coronal

index” (TCI) elde edilen çalışma baz alınmıştır (11). Sağ ve sol dişler arasında grafilerde en net görünen bölge tercih edilmiştir.



Şekil 3.1. *Ortopantomografi Cihazı*



Şekil 3.2. *Sefalometrik radyografi ünitesi*



Şekil 3.3. *Monitör*

Hastaların kronolojik yaşları, grafinin alındığı tarih ile kişinin doğum tarihi arasındaki yıl sayısı hesaplanarak elde edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerin kolaylığı için ondalıklı hale getirilmiştir.

Tablo 3.1. *Yaşların ondalık karşılığı*

Kronolojik Yaş	Ondalık Yaş	Kronolojik Yaş	Ondalık Yaş
13 yıl 1 ay	13,08	13 yıl 2 ay	13,16
9 yıl 3 ay	9,25	9 yıl 4 ay	9,33
12 yıl 5 ay	12,41	12 yıl 6 ay	12,5
11 yıl 7 ay	11,58	11 yıl 8 ay	11,75
10 yıl 11 ay	10,91	10 yıl 12 ay	11

3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmamızda yaş tahmini doğruluğunu değerlendirmek amacıyla çeşitli istatistiksel testler uygulanmıştır. İlk olarak, doğrusal regresyon modelleri oluşturularak tahmin edilen yaş ile kronolojik yaş arasındaki ilişki incelenmiştir. Regresyon modellerinde bağımsız değişken olarak panoramik ve sefalometrik grafiler üzerinden yapılan ölçümler, bağımlı değişken olarak ise kronolojik yaş kullanılmıştır. Modelin doğruluk düzeyini ve güvenilirliğini değerlendirmek için Pearson korelasyon analizi (r), belirleme katsayısı (r^2) ve Intraclass Correlation Coefficient (ICC) hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısı, yaş tahmini ile gerçek yaş arasındaki ilişkinin

yönünü ve gücünü belirlerken, belirleme katsayısı regresyon modelinin açıklayıcılık düzeyini göstermektedir. ICC analizi ise yaş tahmin modellerinin güvenilirliğini ölçmek amacıyla kullanılmıştır. Tahmin edilen yaşların hata oranlarını değerlendirmek için Mean Squared Error (MSE) ve Root Mean Squared Error (RMSE) hesaplanmıştır. Bu hata metrikleri, modelin tahmin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmış olup, daha düşük değerler daha iyi bir tahmin performansına işaret etmektedir. Regresyon modelinin temel varsayımlarından biri olan hata terimleri arasındaki otokorelasyonun değerlendirilmesi için Durbin-Watson testi uygulanmıştır. 0 ile 4 arasında değişen test sonucunda, 1,5 ile 2,5 arasında bir değer otokorelasyonun olmadığını göstermektedir. Cinsiyetin yaş tahmini üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Ayrıca, yaş tahminleri belirli yaş gruplarına göre kategorize edildiği Hassel ve Farman yöntemi için gruplar arasındaki farkların anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla Ki-Kare testi kullanılmıştır.

Tüm analizler SPSS V22 programı ile gerçekleştirilmiş olup, anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3.3.1. Regresyon Analizi

- Yaş tahminini gerçekleştirmek için doğrusal regresyon modelleri oluşturulmuştur.
- Bu modeller, bağımsız değişken olarak panoramik ve sefalometrik ölçümleri, bağımlı değişken olarak ise kronolojik yaşı kullanarak yaş tahmini yapmayı amaçlamıştır.
- Cinsiyetin yaş tahmini üzerindeki etkisini değerlendirmek için kadın ve erkek bireyler için ayrı regresyon modelleri oluşturulmuştur.

3.3.2. Pearson Korelasyon Analizi

- Yaş tahmini ile gerçek yaş arasındaki ilişkinin güçlü ve anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için Pearson Korelasyon Katsayısı (r) hesaplanmıştır.
- Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişir; +1'e yaklaştıkça pozitif, -1'e yaklaştıkça negatif bir ilişki olduğunu gösterir.

- Ayrıca, regresyon modellerinin açıklayıcılığını değerlendirmek için Belirleme Katsayısı (r^2) hesaplanmıştır. r^2 değeri ne kadar yüksekse, modelin bağımlı değişkendeki (yaş) varyansı açıklama gücü o kadar yüksektir.

3.3.3. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)

- Yaş tahmin modellerinin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendirmek için ICC analizi uygulanmıştır.
- ICC değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir; 0,75 ve üzeri değerler yüksek güvenilirlik olarak kabul edilir.

3.3.4. Durbin-Watson Testi

- Regresyon modellerinin hata terimlerinde otokorelasyon olup olmadığını test etmek için kullanılmıştır.
- Test sonucu 0 ile 4 arasında değişir; 1,5 ile 2,5 arasındaki değerler otokorelasyonun olmadığını gösterir.

3.3.5. Bağımsız t-Testi

- Gerçek yaş ile tahmin edilen yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş (paired) t-testi kullanılmıştır.
- Cinsiyetler arasındaki yaş tahmini farklarını incelemek için bağımsız örneklem t-testi (independent samples t-test) uygulanmıştır.

3.3.6. Ki-Kare Testi

- Yaş tahmini sonuçlarının belirli yaş grupları arasında farklılık gösterip göstermediğini analiz etmek için kullanılmıştır.
- Kategorik veriler arasındaki ilişkiyi test eden bu yöntem, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur.

Intraobserver ve interobserver güvenilirlik analizleri sonuçlarına göre, ölçümlerin hem aynı gözlemci tarafından iki hafta sonrasında yapılan tekrarları arasında; hem de farklı bir gözlemci arasında yüksek tutarlılık gösterdiği bulunmuştur. Intraobserver güvenilirlik analizinde elde edilen ICC değerleri 0,91, 0,87 ve 0,93 aralığında değişmekte olup, bu sonuçlar aynı gözlemcinin yaptığı ölçümlerin oldukça tutarlı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, interobserver güvenilirlik analizinde elde edilen ICC değerleri de 0,88, 0,85 ve 0,90 olarak hesaplanmış, farklı gözlemciler arasındaki ölçümlerin de yüksek düzeyde güvenilir olduğunu ortaya koymuştur.

4. BULGULAR

Bu çalışmaya toplam 146 birey dahil edilmiştir. Katılımcıların %59,6'sı (n=87) kadın, %40,4'ü (n=59) erkektir. Çalışmaya dahil edilen bireyler 9 ile 20 yaş aralığındadır.

Tablo 4.1. *Kronolojik yaş dağılım tablosu*

Cinsiyet	Mean	Median		Min	Max	Ss
Kadın	13,02	12,66		9,25	20,08	2,51
Erkek	12,14	12,00		9,08	18,00	1,98
Total	12,67	12,46		9,08	20,08	2,34
Min: Minimum, Max: Maksimum, Ss: Standart sapma						

Tablo 4.1'de erkek, kadın ve tüm bireyler için kronolojik yaş dağılımlarını içermektedir. Ortalama yaş, yaşın ortanca değeri, gözlemlenen en küçük ve en büyük yaş değerleri ile yaş değişkeninin standart sapması belirtilmiştir. Kadınlarda ortalama yaş erkeklerden biraz daha yüksek olup (13,02'ye karşı 12,14), yaşların değişkenliği (standart sapma) de kadınlarda daha fazladır (2,51'e karşı 1,98).

4.1. TAMAMLAYICI İSTATİSTİKLER

4.1.1. CVMI Yöntemi için Tamamlayıcı İstatistikler

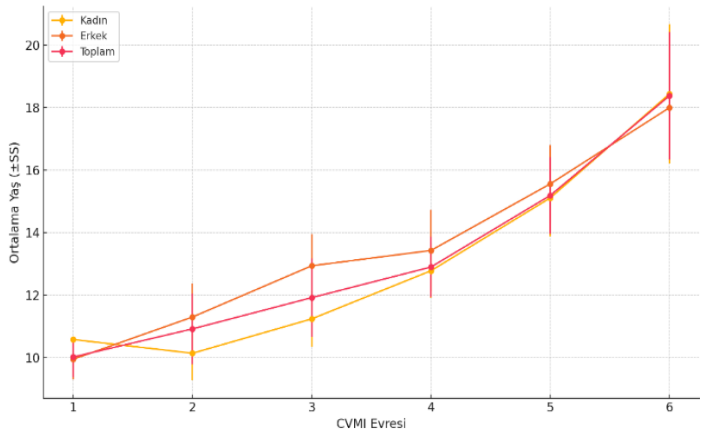
Hassel ve Farman'ın sefalometrik radyografilerde izlenen vertebraları şekil, konum, konkavite gibi parametrelere göre sınıfladığı evreleme sistemine göre hastaların evreleri belirlenmiş ve bu evrelere göre hastaların yaş dağılımı Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.2. *CVMI evreleme sistemine göre hastaların yaş dağılımı*

		Yaş					
		N	Mean	Median	Min	Max	Ss
Erkek	Evre 1	8	9,95	9,88	9,08	10,91	0,65
	Evre 2	27	11,30	11,25	9,08	13,25	1,07
	Evre 3	12	12,94	12,63	11,91	15,41	1,01
	Evre 4	6	13,43	13,71	11,08	14,75	1,30
	Evre 5	5	15,56	16,08	13,58	16,58	1,24
	Evre 6	1	18,00	18,00	18,00	18,00	
Kadın	Evre 1	1	10,58	10,58	10,58	10,58	
	Evre 2	13	10,14	10,08	9,25	12,50	0,87
	Evre 3	18	11,24	11,25	9,50	12,83	0,88
	Evre 4	27	12,78	13,00	11,16	14,83	0,87
	Evre 5	22	15,11	15,25	12,00	16,66	1,23
	Evre 6	6	18,44	19,58	14,66	20,08	2,23
Toplam	Evre 1	9	10,02	10,00	9,08	10,91	0,65
	Evre 2	40	10,92	10,79	9,08	13,25	1,14
	Evre 3	30	11,92	12,00	9,50	15,41	1,25
	Evre 4	33	12,90	13,00	11,08	14,83	0,97
	Evre 5	27	15,19	15,41	12,00	16,66	1,22
	Evre 6	7	18,38	19,41	14,66	20,08	2,04

Hassel ve Farman'ın evreleme sistemi olan CVMI'ya göre yaş dağılımı incelendiğinde, bireylerin yaş ortalamalarının evreler ilerledikçe düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir. Erkeklerde en erken büyüme evresi olan CVMI 1'de yaş ortalaması 9,95 yıl iken, bu değer CVMI 6'da 18,00 yıla ulaşmaktadır. Kadınlarda ise yaş ortalaması başlangıçta erkeklerden daha düşük olmasına rağmen, büyüme sürecinde yaş ortalaması daha hızlı ilerleyerek CVMI 6'da 18,44 yıl seviyesine çıkmaktadır. Kadınların yaş ortalamasının erkeklerden daha düşük olduğu erken evrelerde (CVMI 1-2), yaş farklılıklarının belirgin olduğu, ancak ilerleyen evrelerde bu farkın azaldığı gözlenmiştir. Özellikle CVMI 5 ve 6 evrelerinde yaş dağılımında daha büyük

farklılıklar olduğu, standart sapma değerlerinin artış göstermesiyle belirginleşmektedir. Bu durum, iskeletsel gelişimin ileri evrelerinde bireyler arasındaki biyolojik olgunlaşma farklılıklarının arttığını göstermektedir. Genel olarak, CVMI evrelerinin yaş tahmininde önemli bir belirleyici olduğu görülmekte ve cinsiyetin büyüme sürecindeki etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiği anlaşılmaktadır. (Tablo 4.1)



Şekil 4.1. *CVMI evrelerine göre ortalama yaş dağılımı*

Şekil 4.1'de, CVMI (Cervical Vertebral Maturation Index) evrelerine göre kadın, erkek ve toplam örneklemdeki ortalama yaş değerleri ve bu yaşlara ait standart sapmalar (±SS) görselleştirilmiştir. Tüm gruplarda, CVMI evresi ilerledikçe yaş ortalamalarının belirgin biçimde arttığı gözlenmektedir. Bu durum, yönteminin iskeletsel maturasyonla birlikte seyreden kronolojik yaş artışını başarıyla yansıttığını ortaya koymaktadır. Kadın bireylerde yaş ortalamalarının erken evrelerde erkeklerden daha düşük olduğu, ancak büyüme sürecinin daha hızlı ilerlemesiyle özellikle CVMI 5 ve 6 evrelerinde erkek bireyleri geçtiği görülmektedir. Bu bulgu, kadınlarda iskeletsel gelişimin daha erken başladığını ve daha hızlı tamamlandığını desteklemektedir. Grafikte yer alan standart sapma çubukları, her bir evredeki yaş varyasyonunu görsel olarak yansıtmaktadır. İleri evrelere doğru hata çubuklarının belirgin biçimde uzaması, yaş dağılımındaki heterojenliğin arttığını göstermektedir. Özellikle CVMI 5 ve 6 evrelerinde bireyler arası biyolojik gelişim farklılıklarının daha fazla olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum, geç evrelerde bireysel farklılıkların yaş tahminindeki önemi artırdığını göstermektedir.

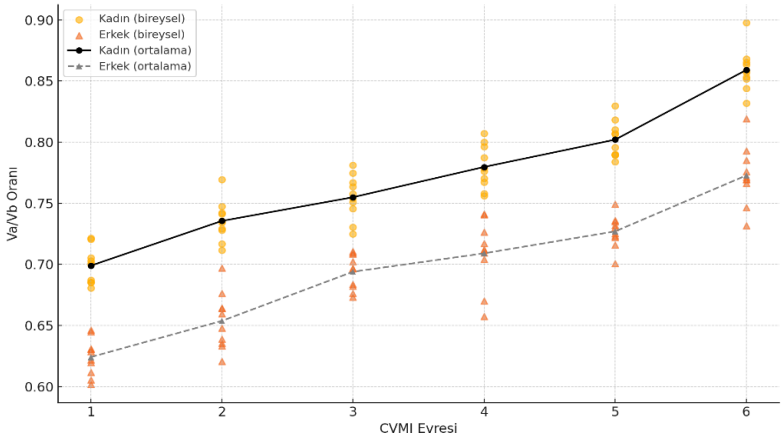
4.1.2. Cameriere Vba Yöntemi için Tamamlayıcı İstatistikler

Cameriere C4 Vertebra yönteminde ise sefalometrik görüntülerde izlenen C4 vertebranın ön (Va) ve arka yüksekliği (Vb) birbirine oranlanmış ve bu oran üzerinden yaş tayini yapılmıştır.

Tablo 4.3. *Vba oranlarının dağılımı*

Cinsiyet	N	Mean	Median	Min	Max	Ss
Kadın	87	0,777	0,78	0,495	0,992	0,101
Erkek	59	0,679	0,66	0,484	0,959	0,111
Total	146	0,737	0,72	0,484	0,992	0,115

Tablo 4.3'te Vba oranının ölçüldüğü yöntem ile elde edilen ölçümlerin cinsiyete göre dağılımı sunulmaktadır. Kadın bireylerde ortalama Vba oranı (0,78), erkek bireylere (0,68) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Minimum ve maksimum değerler incelendiğinde, her iki cinsiyette de benzer aralıklarda dağılım gözlemlenmesine rağmen, kadın bireylerde değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu bulgular, kadın ve erkek bireyler arasında iskeletsel büyüme ve gelişim süreçlerinde farklılıklar olduğunu desteklemektedir.



Şekil 4.2. *CVMI evrelerine göre Vba oranlarının bireysel dağılımı ve ortalama değerleri*

Şekil 4.2'de, CVMI evrelerine göre kadın ve erkek bireylerin Vba oranları bireysel düzeyde sunulmuş, her cinsiyet grubuna ait ortalama değerler ise çizgilerle birleştirilerek görselleştirilmiştir. Scatter dağılımı, her bir CVMI evresinde bireyler arası iskeletsel farklılıkları yansıtırken; çizgisel eğilimler, bu oranların evre ilerledikçe sistematik olarak arttığını göstermektedir. Özellikle Evre 1 ve 2 gibi erken gelişim evrelerinde Vba oranlarının daha düşük düzeylerde yoğunlaştığı, ileri evrelere doğru ise belirgin bir artış gösterdiği dikkat çekmektedir. Cinsiyet karşılaştırmaları incelendiğinde, kadın bireylerin her evrede erkek bireylere kıyasla daha yüksek Vba oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, kadınların iskeletsel maturasyon sürecine daha erken ve hızlı ulaştığını desteklemekte; Vba oranının cinsiyete bağlı gelişimsel farklılıkları yansıttığını göstermektedir. Grafikte aynı zamanda, Vba oranının yalnızca yaş ile değil, CVMI evresi ve cinsiyet gibi biyolojik faktörlerle de anlamlı düzeyde ilişkili olduğu vurgulanmaktadır.

4.1.3. TCI-Benindra için Tamamlayıcı İstatistikler

Benindra'nın kron pulpası ve kron yüksekliğini oranlayıp yüzde olarak ifade ettiği ve TCI adını verdiği indexler alt premolar dişlerden yapılan ölçümler sonucu elde edilmiştir.

Tablo 4.4. *TCI ölçümlerinin dağılımı*

Cinsiyet	N	Mean	Median	Min	Max	Ss
Kadın	87	36,662	36,842	31,081	42,857	2,863
Erkek	59	37,917	38,235	30,769	42,667	2,789
Total	146	37,169	37,333	30,769	42,857	2,89

Kadın ve erkek bireylerde Tooth Coronal Index (TCI) değerlerinin istatistiksel dağılımı incelenmiş ve temel istatistiksel ölçümler hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, erkek bireylerde ortalama TCI değerinin kadınlara kıyasla biraz daha yüksek olduğunu ve dağılımın daha az değişkenlik gösterdiğini (standart sapmanın daha düşük olması ile ifade edilir) ortaya koymaktadır. Kadın bireylerde ise maksimum TCI değeri erkek bireylere göre daha yüksek bulunmuştur, ancak genel dağılım erkeklere kıyasla daha geniş bir varyasyon göstermektedir (Tablo 4.4).

4.2. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Cinsiyetler arasında anlamlı bir fark olup olmadığını değerlendirmek amacıyla CVMI, Va/Vb (Vba) ve TCI değişkenleri üzerinde çeşitli istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenler olan Vba ve TCI için öncelikle normallik varsayımı test edilmiş; dağılımın normal olduğu durumlarda parametrik testler (Bağımsız Örneklem t-Testi), normal dağılım göstermeyen durumlarda ise parametrik olmayan testler (Mann-Whitney U Testi) uygulanmıştır. CVMI değişkeni ise kategorik olduğundan, cinsiyet ile olan ilişkisi Ki-Kare testi ile değerlendirilmiştir. Değişkenler arası ilişkileri incelemek için Pearson korelasyon analizi; yaş tahmini için ise doğrusal regresyon analizleri uygulanmıştır. Model uygunluğu Durbin-Watson, MSE, RMSE ve ICC değerleriyle değerlendirilmiştir.

4.2.1. CVMI Yöntemi İçin İstatistiksel Analizler

Bağımsız değişkenler ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla Ki-Kare testi uygulanmıştır.

Tablo 4.5. *Cinsiyete bağlı CVMI evre dağılımı: ki-kare analizi bulguları*

		Cinsiyet						Ki-Kare Analizi	
		Erkek		Kadın		Toplam			
		n	%	N	%	N	%	Ki-Kare*	P
CVMI	Evre 1	8	13,6	1	1,1	9	6,2	34,7	0,0001
	Evre 2	27	45,8	13	14,9	40	27,4		
	Evre 3	12	20,3	18	20,7	30	20,5		
	Evre 4	6	10,2	27	31,0	33	22,6		
	Evre 5	5	8,5	22	25,3	27	18,5		
	Evre 6	1	1,7	6	6,9	7	4,8		
	Toplam	59	100,0	87	100,0	146	100,0		

Tablo 4.5, cinsiyetler arasındaki CVMI dağılımını ve bu dağılımın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmektedir. Elde edilen bulgular, CVMI evrelerinin cinsiyetler arasında belirgin şekilde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır ($\chi^2 = 34,7$, $p = 0,0001$). Bu sonuç, cinsiyetin CVMI evrelerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

- Evre 1 ve 2: Erken evreler daha çok erkeklerde görülmektedir. Özellikle Evre 2, erkeklerde %45,8 oranında gözlenirken kadınlarda yalnızca %14,9 oranında bulunmuştur. Bu durum, erkeklerin iskeletsel gelişim açısından daha geç olgunlaştığını gösterebilir.

- Evre 4 ve 5: Geç evrelerde ise kadınların oranı belirgin şekilde daha fazladır. Evre 4 kadınlarda %31 oranında gözlenirken, erkeklerde yalnızca %10,2 oranında

bulunmuştur. Benzer şekilde, Evre 5 kadınlarda %25,3 iken erkeklerde %8,5 olarak tespit edilmiştir.

- Evre 6: Hem kadın hem de erkeklerde düşük oranda görülmekle birlikte, kadınlarda biraz daha fazla oranda bulunmaktadır (%6,9'a karşı %1,7).

Bu sonuçlar, iskeletsel olgunlaşmanın kadınlarda daha erken gerçekleştiğini desteklemektedir. Kadınlar, erkeklere kıyasla daha yüksek oranda ileri CVMI evrelerinde bulunurken, erkekler daha çok erken evrelerde yoğunlaşmaktadır. Bu durum, ergenlik dönemi büyüme atılımının kadınlarda daha erken başladığını ve tamamlandığını göstermektedir.

Bu çalışmada Ki-Kare (χ^2) testi, CVMI evreleri ile cinsiyet arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Ki-Kare testi, yalnızca kategorik değişkenler arasındaki bağımsızlık durumunu değerlendirdiği için, diğer sürekli değişkenlere uygulanmamıştır. Bunun yerine cinsiyetler açısından anlamlı fark olup olmadığını değerlendirmek için sürekli değişkenlerde t testi uygulanmıştır. Sürekli değişkenler arasındaki diğer ilişkileri değerlendirmek için korelasyon ve regresyon analizleri de uygulanmıştır. Ayrıca, regresyon modellerinin doğruluğunu test etmek için Durbin-Watson testi kullanılmıştır.

Tablo 4.6. *Cinsiyete göre CVMI ile yaş arasındaki Pearson korelasyon sonuçları*

Cinsiyet	R(Korelasyon Katsayısı)	p-Değeri	r^2(Belirleme Katsayısı)
Erkek	0,816	0,0001	0,666
Kadın	0,902	0,0001	0,814

Tablo 4.6'da gösterildiği gibi CVMI değişkeni ile yaş arasındaki ilişki erkekler ve kadınlar için ayrı ayrı incelenmiştir. Erkeklerde CVMI arttıkça yaş da artmakta olup, bu ilişki güçlü bir pozitif korelasyon göstermektedir ($r = 0,816$; $p = 0,0001 < 0,05$). CVMI evreleri, yaş değişkeninin %66,5'ini açıklamaktadır ($R^2 = 0,665$), yani erkeklerde yaş tahmininde önemli bir belirleyicidir. Kadınlarda ise korelasyon katsayısı daha yüksek ($r = 0,902$; $p = 0,0001 < 0,05$) olup, CVMI evreleri yaş değişkeninin %81,3'ünü açıklamaktadır ($R^2 = 0,813$). Bu sonuç,

kadınlarda CVMI değişkeninin yaş tahmini açısından daha güçlü bir belirleyici olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7. *Yaş tahmini için CVMI ve cinsiyetin bağımsız değişken olarak alındığı regresyon analizi*

	B	Standart hata	T	p	R	F	p	Durbin-Watson
Sabit	9,052	0,354	25,6	0,000	0,741	208,1	0,0001	2,21
CVMI(Evre 1- Evre 6)	1,652	0,083	19,9	0,000				
Cinsiyet(0 Erkek, 1 Kadın)	-1,196	0,227	-5,3	0,000				

Tablo 4.7'de gösterildiği gibi yaş değişkeni bağımlı değişken olarak ele alınmış ve cinsiyet ile CVMI değişkenleri bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir. Elde edilen regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F = 208,1$; $p = 0,0001 < 0,05$), bu da modelin yaş tahmini için kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Modelin açıklayıcılığına bakıldığında, cinsiyet ve CVMI değişkenlerinin yaş değişkeninin %54,9'unu açıkladığı görülmektedir ($r = 0,741$; $R^2 = \%54,9$). Bu oran, modelin orta-güçlü bir açıklayıcılığa sahip olduğunu ve yaş tahmini için önemli değişkenler içerdiğini göstermektedir.

Regresyon modelinin varsayımlarını kontrol etmek için Durbin-Watson testi uygulanmış ve DW = 2,21 olarak hesaplanmıştır. DW değeri 1,5 ile 2,5 aralığında olduğu için hata terimlerinin bağımsız olduğu ve otokorelasyon sorunu bulunmadığı kabul edilebilir. Bu da modelin güvenilir olduğunu gösterir.

Regresyon katsayıları incelendiğinde:

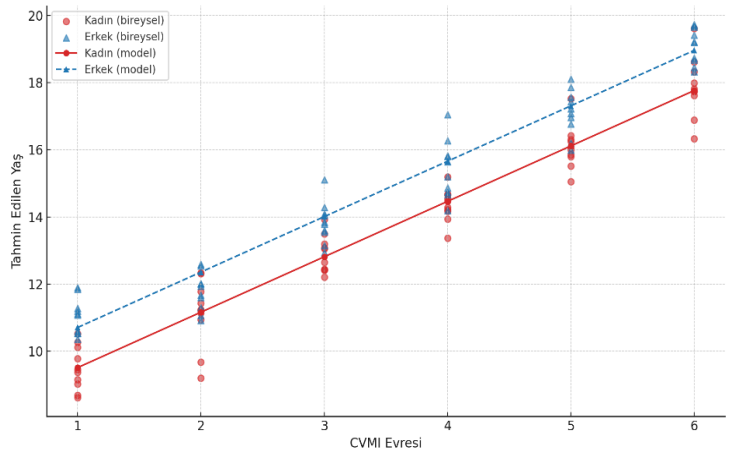
- CVMI evresi bir birim arttığında, yaş ortalama 1,652 yıl artmaktadır.
- Cinsiyet değişkeni (Kadın = 1, Erkek = 0) için, bireyin kadın olması yaşı ortalama 1,196 yıl azaltmaktadır. Bu da kadınların yaşının aynı CVMI evresinde erkeklerden daha küçük olduğunu göstermektedir.

- Bu bulgu, kadınların iskeletsel gelişim sürecine erkeklerden daha erken ulaştığını göstermektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, yaş tahmini için oluşturulan regresyon modeli aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$\text{Yaş} = 9{,}052 + (1{,}652 \times \text{CVMI}) - (1{,}196 \times \text{Cinsiyet})$$

Bu model, CVMI evresi ve cinsiyet değişkeninin birlikte kullanılmasıyla bireyin yaşını tahmin etmede önemli bir araç olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.3. *CVMI ve cinsiyet bağımsız değişkenleri kullanılarak oluşturulan regresyon modeline göre yaş tahminleri*

Şekil 4.3'te, yaşın bağımlı değişken; CVMI evresi ve cinsiyetin ise bağımsız değişkenler olarak kullanıldığı birleşik regresyon modeline ait tahminler görselleştirilmiştir. Kadın ve erkek bireylerin her bir CVMI evresine karşılık gelen yaş tahminleri ayrı ayrı çizgi ile gösterilmiş, bu çizgiler modelin doğrusal formuna göre hesaplanmıştır. Ek olarak, her evre-cinsiyet grubuna ait bireysel yaş tahminleri scatter noktaları ile belirtilmiş; böylece modelin açıklayıcılığı ile bireyler arası varyasyon birlikte sunulmuştur. Regresyon çizgilerinin paralel ancak farklı sabit değerlerle ilerlemesi, cinsiyetin yaş tahmininde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bireysel veri noktalarının çizgiler etrafında düzenli şekilde dağılması, modelin genel uyumunun yüksek olduğunu görsel olarak da desteklemektedir.

Tablo 4.8. *Erkeklerde CVMI evreleri ile yaş tahmini: regresyon analizi sonuçları*

	B	Standart hata	T	p	R	F	P	Durbin-Watson
Sabit	8,528	0,327	26,048	0,000	0,717	147,6	0,0001	1,945
CVMI(Evre 1- Evre 6)	1,393	0,115	12,155	0,000				

Tablo 4.8, erkek bireyler için CVMI evrelerinin yaş tahminindeki etkisini göstermektedir. Modelin genel anlamlılık testi ($F = 147,6$, $p < 0,001$) istatistiksel olarak anlamlı olup, CVMI evrelerinin yaş tahmininde güçlü bir değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Bağımsız değişkenin katsayısı (1,393, $p < 0,001$) CVMI evresinde her bir artışın tahmin edilen yaşta ortalama 1,393 yıllık bir artışa yol açtığını göstermektedir. Modelin açıklayıcılık gücü oldukça yüksektir ($R^2 = 0,514$), yani yaş değişkenindeki varyansın %51,4'ü CVMI evreleri tarafından açıklanmaktadır. Sabit terim (8,528, $p < 0,001$) ve Durbin-Watson katsayısı (1,945) modelin tutarlılığını desteklemektedir. CVMI erkeklerde yaş tahmini için güçlü ve anlamlı bir prediktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Erkekler için elde edilen regresyon modeli

$$(\text{Yaş} = 8,528 + 1,393 \times \text{CVMI})$$

Tablo 4.9. *Kadınlarda CVMI evreleri ile yaş tahmini: regresyon analizi sonuçları*

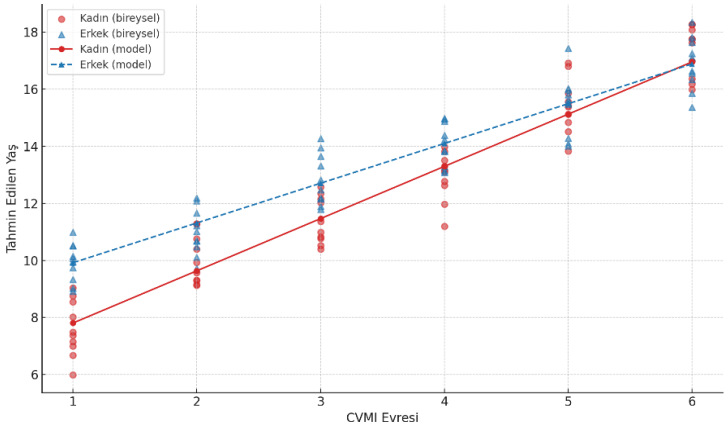
	B	Standart hata	T	p	R	F	P	Durbin-Watson
Sabit	5,977	0,451	13,246	0,000	0,756	267,1	0,0001	1,945
CVMI(Evre 1- Evre 6)	1,830	0,112	16,344	0,000				

Tablo 4.9, kadın bireyler için CVMI evrelerinin yaş tahminindeki etkisini göstermektedir. Modelin genel anlamlılık testi ($F = 267,1$, $p < 0,001$) istatistiksel olarak anlamlı olup, CVMI evrelerinin yaş tahmininde güçlü bir değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Bağımsız değişkenin katsayısı (1,830, $p < 0,001$) CVMI evresinde her bir artışın tahmin edilen yaşta ortalama 1,830 yıllık bir artışa yol açtığını göstermektedir. Modelin açıklayıcılık gücü oldukça yüksektir ($R^2 = 0,571$), yani yaş değişkenindeki varyansın %57,1'i CVMI evreleri tarafından açıklanmaktadır. Sabit terim (5,977, $p < 0,001$) ve Durbin-Watson katsayısı (1,945) modelin tutarlılığını desteklemektedir. CVMI kadınlarda da yaş tahmini için güçlü ve anlamlı bir prediktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kadınlar için oluşturulan regresyon modeli

(Yaş = 5,977 + 1,830 × CVMI)

Kadınlarda CVMI evresi yaş üzerinde daha güçlü bir belirleyici olup, yaş tahmini açısından erkeklere kıyasla daha yüksek bir açıklayıcılığa sahiptir. Ayrıca, kadınların başlangıç yaşının (sabit değer = 5,977) erkeklerden (sabit değer = 8,528) daha düşük olması, kadınların iskeletsel olgunlaşmaya erkeklerden daha erken başladığını desteklemektedir. Bu sonuçlar, CVMI evrelerinin yaş tahmininde güçlü bir belirleyici olduğunu ve yeni bireyler için yaş tahmini yapmada güvenilir bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.4. *Kadın ve erkek bireyler için CVMI temelli regresyon modellerine göre yaş tahminleri*

Şekil 4.4'te, kadın ve erkek bireyler için ayrı ayrı oluşturulan CVMI tabanlı doğrusal regresyon modelleri sunulmuştur. Her bireyin tahmin edilen yaş değeri scatter (nokta) şeklinde gösterilmiş, cinsiyet gruplarına ait ortalama regresyon çizgileri model formüllerine göre çizilmiştir. Modelin eğimi ve cinsiyetler arası sabit farklar görsel olarak izlenebilmektedir. Başlangıç yaşlarının ve CVMI evresine karşılık gelen yaş artış hızının kadınlarda daha farklı seyrettiği görülmektedir. Kadınlarda eğim daha dik olup, CVMI evresi arttıkça yaşın daha hızlı yükseldiği gözlenmektedir. Bu durum, kadınların iskeletsel gelişim süreçlerinin erkeklere kıyasla daha erken başladığını ve daha hızlı ilerlediğini desteklemektedir. Ayrıca bireysel veri noktalarının regresyon çizgilerine yakın dağılması, modellerin iyi bir uyum sergilediğini ve yaş tahmininde yüksek doğrulukla çalıştığını ortaya koymaktadır.

4.2.1. Cameriere Vba Yöntemi İçin İstatistiksel Analizler

Tablo 4.10. *Cinsiyete göre Vba ile yaş arasında Pearson korelasyon sonuçları*

Cinsiyet	r (Korelasyon Katsayısı)	p-Değeri	r^2 (Belirleme Katsayısı)
Erkek	0.659	0.0001	0.434
Kadın	0.784	0.0001	0.614

Tablo 4.10'da Vba ile yaş değişkeni arasındaki ilişkinin erkekler ve kadınlar için ayrı ayrı incelendiği korelasyon ve regresyon analizi sonuçları değerlendirilmiştir, Vba oranı ile yaş arasında erkeklerde ve kadınlarda anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Erkeklerde $r = 0{,}659$ ($p < 0{,}001$) olup, bu değişken yaşın %43,4'ünü açıklamaktadır ($r^2 = 0{,}434$). Kadınlarda ise korelasyon katsayısı $r = 0{,}784$ ($p < 0{,}001$) olarak bulunmuş ve Vba oranının yaş değişkeninin %61,4'ünü açıkladığı görülmüştür ($r^2 = 0{,}614$). Bu sonuçlar, Vba oranının kadınlarda daha belirleyici olduğunu göstermektedir. Erkeklerde Vba oranı arttıkça yaşın arttığı görülmektedir ve bu model yaş tahmininde anlamlı bir açıklama sunmaktadır. Kadınlarda ise Va/Vb oranının yaş ile ilişkisi daha güçlü olup, yaş değişkeninin daha büyük bir kısmını açıklamaktadır. Hassel ve Farman yöntemi yaş tahmininde en güçlü değişken olarak öne çıkarken, Vba oranı da yaş tahmini için önemli bir parametre olarak değerlendirilebilir. Özellikle kadınlarda belirleme katsayısının daha yüksek olduğu göz önüne alındığında, Vba oranının kadınlarda yaş tahmininde daha belirleyici bir değişken olduğu söylenebilir.

Tablo 4.11. *Cinsiyetin Vba üzerindeki etkisinin bağımsız örneklem t-testi ile değerlendirilmesi*

		Cinsiyet						t testi	
		n	Mean	Median	Min	Max	Ss	T	P
Vba	Erkek	59	0,679	0,66	0,484	0,959	0,111	-5,5	0,0001
	Kadın	87	0,777	0,78	0,495	0,992	0,101		
	Total	146	0,737	0,72	0,484	0,992	0,115		

Tablo 4.11'de cinsiyetler arasındaki farklılıkları değerlendirmek için sürekli değişkenlerde uygulanan t-testi sonuçları gösterilmiştir. Vba değerleri açısından anlamlı bir

fark bulunmuş olup ($p < 0,05$), kadınlarda bu oran anlamlı derecede daha yüksek olarak görülmüştür (kadın: $0,777 \pm 0,101$; erkek: $0,679 \pm 0,111$).

Tablo 4.12. *Cinsiyet bağımsız değişkeninin dahil edildiği regresyon analizi sonuçları*

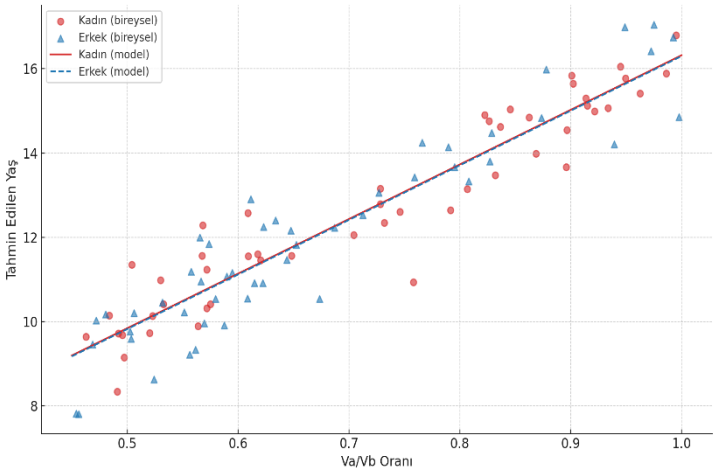
	B	Standart hata	T	P	R	F	P	Durbin-Watson
Sabit	1,232	0,875	1,408	0,161				
Vba	16,062	1,253	12,823	0,000				
Cinsiyet (Erkek 0, Kadın 1)	-0,687	0,294	-2,341	0,021	0,544	87,66	0,0001	2,27

Tablo 4.12'de Vba oranının yaş tahmini üzerinde güçlü ve anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir ($B = 16,062$, $p < 0,001$). Yani, Vba oranında meydana gelen her bir birimlik artış, tahmin edilen yaşın yaklaşık 16 yıl artmasına neden olmaktadır. Cinsiyet değişkeni de modelde anlamlı bulunmuştur ($p = 0,021$). Buna göre, kadınlar erkeklere kıyasla ortalama 0,687 yıl daha genç tahmin edilmektedir. Ancak sabit terimin ($B = 1,232$, $p = 0,161$) anlamlı olmadığı görülmüştür, yani modelde önemli bir rol oynamamaktadır.

Modelin genel geçerliliğini değerlendirdiğimizde, F istatistiğinin 87,66 ve $p < 0,001$ olması, modelin bağımsız değişkenlerinin yaş tahmini üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısı ($R = 0,544$), bağımsız değişkenler ile yaş tahmini arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, Durbin-Watson testi (2,27) hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığını ve modelin güvenilir olduğunu desteklemektedir.

Sonuç olarak, model istatistiksel olarak anlamlıdır ve Vba oranının yaş tahmininde belirleyici bir faktör olduğu görülmektedir. Cinsiyet de yaş tahmini üzerinde etkili bir değişkendir ve kadınlar, erkeklere göre biraz daha genç tahmin edilmektedir. Modelin düşük hata payına sahip olması ve otokorelasyon içermemesi, tahmin sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir. Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

Yaş=1,232+16,062 Vba+(-0,687) x Cinsiyet (Cinsiyet 1 veya 0)



Şekil 4.5. *Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği Vba temelli regresyon modeline göre yaş tahminleri*

Şekil 4.5'te bireysel yaş tahminleri scatter (nokta) şeklinde gösterilmiş, aynı modele ait iki farklı cinsiyet değeri (kadın = 1, erkek = 0) üzerinden elde edilen tahmin çizgileri ayrı renk ve biçimlerle sunulmuştur. Bireysel veri noktalarının çizgiler etrafında düzenli bir dağılım göstermesi, modelin temelinde yaş tahmininde güçlü bir doğruluk sağladığını göstermektedir.

Tablo 4.13. *Erkekler için oluşturulan modelin regresyon analizi sonuçları*

	B	Standart hata	T	P	R	F	P	Durbin-Watson
Sabit	3,3	1,1	3	0,004	0,524	64,8	0,0001	2,27
Vba	13,06	1,6	8,1	0,000				

Tablo 4.13'te gösterildiği gibi erkekler için oluşturulan regresyon modelinde, Vba oranının yaş değişkeni üzerinde güçlü ve anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur (B = 13,0, p < 0,001). Bu, Vba oranındaki artışın yaş tahmininde önemli bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Ayrıca, modelde yer alan sabit terim de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup (B = 3,3, p = 0,004), yaş tahmininde belirli bir başlangıç noktası olduğunu ifade etmektedir.

Modelin genel uyumu incelendiğinde, korelasyon katsayısı (R = 0,524), bağımsız değişkenler ile yaş değişkeni arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Regresyon modelinin genel anlamlılığı F testi ile doğrulanmış olup (F = 64,8, p < 0,0001), modelin istatistiksel olarak güçlü olduğu görülmektedir.

Ayrıca, Durbin-Watson testi sonucu (2,27), hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığını ve modelin güvenilir olduğunu göstermektedir. Erkekler için kurulan regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

Tahmin edilen yaş =3,338 + Vba x 12,962

Tablo 4.14. *Kadınlar için oluşturulan modelin regresyon analizi sonuçları*

Kadınlarda	B	Standart hata	T	P	R	F	P	Durbin-Watson
Sabit	-1,4	1,4	-1,0	0,313	0,554	107,7	0,0001	2,27
Vba	18,6	1,8	10,4	0,000				

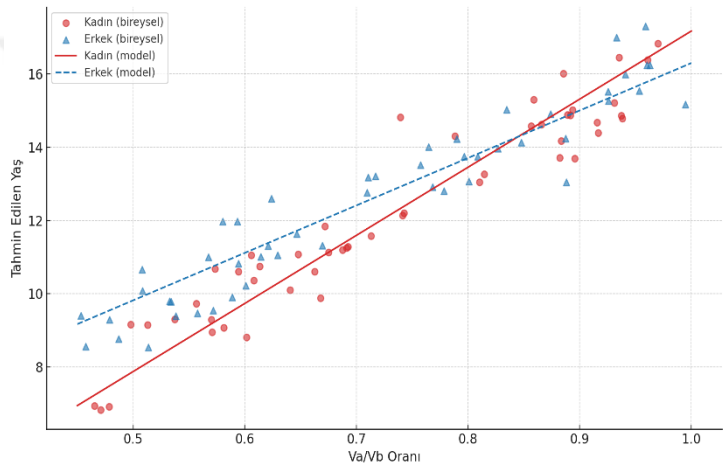
Tablo 4.14'te izlendiği gibi kadınlar için oluşturulan regresyon modelinde, Vba oranının yaş değişkeni üzerinde güçlü ve anlamlı bir etkisi olduğu bulunmuştur (B = 18,6, p < 0,001). Bu, Vba oranındaki artışın yaş tahmininde önemli bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Modelde yer alan sabit terim (B = -1,4, p = 0,313) anlamlı değildir ve modelin başlangıç noktasına önemli bir katkısı yoktur.

Modelin genel uyumu incelendiğinde, korelasyon katsayısı (R = 0,554), bağımsız değişkenler ile yaş değişkeni arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Regresyon modelinin genel anlamlılığı F testi ile doğrulanmış olup (F = 107,7 p < 0,0001), modelin istatistiksel olarak güçlü olduğu görülmektedir.

Ayrıca, Durbin-Watson testi sonucu (2,27), hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığını ve modelin güvenilir olduğunu göstermektedir. Kadınlar için kurulan regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

Tahmin edilen yaş = -1,424 + Vba x 18,598



Şekil 4.6. *Kadın ve erkek bireyler için Vba temelli regresyon modellerine göre yaş tahminleri*

Şekil 4.6'da, Vba oranı kullanılarak kadın ve erkek bireyler için ayrı ayrı oluşturulan doğrusal regresyon modelleri sunulmuştur. Her bireyin yaş tahminine ait veriler scatter (nokta) ile gösterilmiş, cinsiyet gruplarına ait ortalama regresyon eğrileri ise çizgilerle görselleştirilmiştir. Bu grafik, Vba oranının yaş üzerindeki etkisinin cinsiyete göre farklılaştığını hem eğim hem de başlangıç değeri açısından açık bir şekilde ortaya koymaktadır. İki model karşılaştırıldığında, kadınlara ait regresyon çizgisinin daha dik bir eğime sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, Vba oranı arttıkça yaşın kadınlarda erkeklere göre daha hızlı arttığını, dolayısıyla bu değişkenin kadınlarda yaş tahmininde daha güçlü bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda sabit terim farkı, aynı Vba oranına sahip bireylerin cinsiyete göre farklı yaşlarda olabileceğini ortaya koymaktadır. Bireysel verilerin regresyon çizgileri etrafında düzenli biçimde dağılması, her iki modelin de yaş tahmini açısından yüksek

uyum gücüne sahip olduğunu göstermekte ve yöntemin cinsiyet ayrımı ile uygulanmasının doğruluğu artırabileceğini desteklemektedir.

4.2.2. TCI- Benindra Yöntemi İçin Bulgular

Tablo 4.15. *Cinsiyete göre TCI ile yaş arasında Pearson korelasyon sonuçları*

Cinsiyet	R	P	r^2
Erkek	-0,871	0,0001	0.759
Kadın	-0,831	0,0001	0.691

Tablo 4.15'te belirtildiği gibi yaş ile TCI değişkeni arasındaki ilişki cinsiyete göre incelenmiş ve Pearson korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, tüm gruplarda güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyonlar olduğunu göstermektedir (Erkekler: r = -0,871, Kadınlar: r = -0,831, Toplam: r = -0,845; p = 0,0001). Bu bulgu, yaş arttıkça TCI değerinin sistematik olarak azaldığını ortaya koymaktadır. Cinsiyete göre yapılan karşılaştırmada, yaş ile TCI arasındaki ilişkinin hem erkeklerde hem de kadınlarda güçlü olduğu, ancak erkeklerde daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Erkek grubunda korelasyon katsayısı r = -0,871 iken, kadınlarda r = -0,831 olarak hesaplanmıştır. Genel korelasyon katsayısı (r = -0,845), her iki grubun ortak eğilimini yansıtarak yaş ile TCI arasında oldukça güçlü bir negatif ilişki olduğunu desteklemektedir. Bu sonuçlar, yaşın artmasıyla TCI değerlerinin belirgin biçimde belirgin bir azalma eğilimi gösterdiğini bu eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Elde edilen bulgular, TCI'nin yaşa bağlı olarak düşüş gösterdiğini ve bu ilişkinin cinsiyetten bağımsız olarak güçlü bir şekilde korunduğunu ortaya koymaktadır.

Cinsiyete göre yaş ve TCI değişkenlerinin farklılık gösterip göstermediği bağımsız gruplar t-testi ile değerlendirilmiştir.

Tablo 4.16. *TCI değerlerinin cinsiyete göre farklılığı: t-Testi bulguları*

		Cinsiyet						t testi	
		n	Mean	Median	Min	Max	Ss	T	P
TCI	Erkek	9	37,92	38,24	30,77	42,67	2,79	2,62	0,011
	Kadın	7	36,66	36,84	31,08	42,86	2,86		

Erkeklerin ortalama TCI değeri 37,92 (SS = 2,79), kadınların ise 36,66 (SS = 2,86) olarak hesaplanmıştır. Erkeklerin TCI değeri kadınlardan yaklaşık 1,26 puan daha yüksek olup, bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($t = 2,62$, $p = 0,011 < 0,05$). Standart sapma değerlerinin birbirine yakın olması, her iki grupta da TCI dağılımındaki değişkenliğin benzer olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kadınların yaş ortalamasının anlamlı şekilde daha yüksek olduğunu, ancak erkeklerin TCI değerlerinin kadınlara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuçlar, yaş ve TCI değişkenleri arasındaki farklılıkların cinsiyet açısından belirgin ve anlamlı olduğunu göstermektedir. (Tablo 4.16)

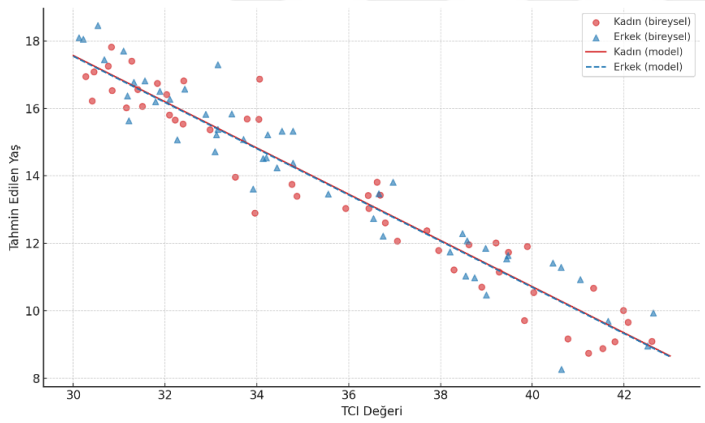
Tablo 4.17. *Cinsiyet ve TCI değişkenlerinin yaş tahminindeki rolü: regresyon modeli sonuçları*

	Yaş bağımlı değişken								
		Unstandardized Coefficients							
		B	Standart hata	T	P	R	F	P	Durbin-Watson
Toplam	SABİT	38,092	1,495	25,472	0,000	0,711	179,1	0,000	1,859
	Cinsiyet	0,022	0,218	0,100	0,921				
	TCI	-0,685	0,037	-18,471	0,000				

Yaş değişkeninin bağımlı değişken olduğu ve cinsiyet ile TCI'nin bağımsız değişkenler olarak modele dahil edildiği doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.17). Regresyon modeli genel olarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($F = 179,1$; $p = 0,000 < 0,05$). Model yaş değişkenindeki toplam varyansın yaklaşık %50,5'ini açıklamakta olup, orta-yüksek düzeyde bir açıklayıcılığa sahiptir ($R = 0,711$, $R^2 = 0,505$). Durbin-Watson istatistiği

(1,859), hata terimlerinde otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin etkileri incelendiğinde, cinsiyet değişkeninin (B = 0,022; p = 0,921) yaş üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmadığı, dolayısıyla yaşın cinsiyete bağlı olarak değişmediği görülmüştür. Buna karşılık, TCI değişkeni yaş üzerinde güçlü ve negatif bir etkiye sahiptir (B = -0,685; p = 0,000 < 0,05). TCI'deki her 1 birimlik artış, yaşta 0,685 birimlik bir azalmaya neden olmaktadır, bu da yaş ile TCI arasında güçlü bir negatif korelasyon olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, cinsiyetin yaş üzerindeki etkisi anlamlı bulunmazken, TCI'nin yaş ile güçlü bir negatif ilişkisi olduğu ve modelin yaş tahmininde yüksek açıklayıcılığa sahip olduğu belirlenmiştir. Regresyon modeli aşağıdaki gibidir.

Tahmin edilen yaş=38,092 + Cinsiyet(Erkek 0/Kadın 1) X(0,022)+TCI(-0,685)



Şekil 4.7. *Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği TCI temelli regresyon modeline göre yaş tahminleri*

Şekil 4.7'de, TCI (Tooth Coronal Index) değeri ve cinsiyet değişkeni kullanılarak oluşturulan doğrusal regresyon modeline ait yaş tahminleri görselleştirilmiştir. Kadın ve erkek bireylerin bireysel yaş tahminleri scatter noktalarıyla gösterilmiş; modelin tahmin ettiği yaş değerleri ise her cinsiyet için ayrı regresyon çizgileriyle sunulmuştur. Model formülü doğrultusunda TCI değeri arttıkça yaş tahmininin azaldığı, yani iki değişken arasında negatif yönlü bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Cinsiyet değişkeninin modelde yer almasına rağmen katsayısının oldukça düşük olması (B = 0,022) ve istatistiksel olarak anlamlı olmaması (p > 0,05), regresyon çizgilerinin birbirine oldukça yakın olmasına neden olmuştur. Bireysel veri

noktalarının çizgiler etrafında düzenli dağılması, TCI değişkeninin yaş tahmininde genel olarak etkili bir belirleyici olduğunu göstermekte; ancak bu etkinin cinsiyetten büyük ölçüde bağımsız olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.18. *Erkekler için TCI değişkeninin yaş tahminindeki rolü: regresyon modeli sonuçları*

	Yaş bağımlı değişken								
		Unstandardized Coefficients							
		B	Standart hata	t	P	R	F	P	Durbin-Watson
Erkek	SABİT	35,517	1,762	20,161	0,000	0,752	177,0	0,000	1,530
	TCI	-0,617	0,046	-13,305	0,000				

Erkek bireyler için yaş değişkeninin bağımlı değişken olarak ele alındığı ve TCI'nin bağımsız değişken olarak modele dahil edildiği doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.18). Modelin genel uyumuna bakıldığında, determinasyon katsayısı ($R = 0,752$, $R^2 = 0,566$) modelin, yaş değişkeninin %56,6'sını açıkladığını göstermektedir, bu da güçlü bir açıklayıcılığa işaret etmektedir. Modelin genel anlamlılığı F testi ile değerlendirilmiş ($F = 177,0$; $p = 0,000 < 0,05$) ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Durbin-Watson istatistiği (1,530), modelde otokorelasyon sorunu olmadığını desteklemektedir.

Bağımsız değişkenlerin etkileri incelendiğinde, sabit katsayı ($B = 35,517$) modelde TCI = 0 olduğunda yaşın başlangıç seviyesini temsil etmektedir. TCI'nin regresyon katsayısı ($B = -0,617$; $p = 0,000 < 0,05$) negatif ve anlamlı bulunmuş, bu da TCI arttıkça yaşın istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığını göstermektedir. TCI'deki her 1 birimlik artışın yaşta 0,617 birimlik azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak, model erkekler için oldukça güçlü olup, yaş değişkenini büyük ölçüde açıklamaktadır. Hata oranının düşük olması ve modelin istatistiksel olarak anlamlı olması, TCI'nin yaş tahmininde önemli bir değişken olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, erkeklerde yaş ile TCI arasında güçlü ve negatif bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

Tahmin edilen yaş =35,517+TCI(-0,617)

Tablo 4.19. *Kadınlar için TCI değişkeninin yaş tahminindeki rolü: regresyon modeli sonuçları*

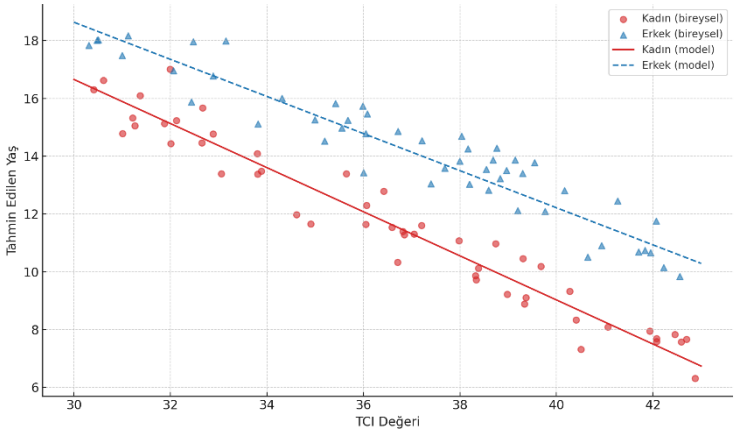
	Yaş bağımlı değişken								
		Unstandardized Coefficients							
		B	Standart hata	T	p	R	F	P	Durbin-Watson
Kadın	SABİT	39,741	1,951	20,370	0,000	0,686	188,7	0,000	1,950
	TCI	-0,729	0,053	-13,736	0,000				

Kadınlar için yaş değişkeninin bağımlı değişken olarak ele alındığı ve TCI'nin bağımsız değişken olarak modele dahil edildiği doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.19). Modelin genel uyumuna bakıldığında, determinasyon katsayısı (R = 0,686, R^2=0,471) modelin yaş değişkeninin %47,1'ini açıkladığını göstermektedir, bu da orta düzeyde güçlü bir açıklayıcılığa işaret etmektedir. Modelin genel anlamlılığı F testi ile değerlendirilmiş (F = 188,7; p = 0,000 < 0,05) ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Durbin-Watson istatistiği (1,950), modelde otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir. Bağımsız değişkenlerin etkileri incelendiğinde, sabit katsayı (B = 39,741) modelde TCI = 0 olduğunda yaşın başlangıç seviyesini temsil etmektedir. TCI'nin regresyon katsayısı (B = -0,729; p = 0,000 < 0,05) negatif ve anlamlı bulunmuş, bu da TCI arttıkça yaşın istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığını göstermektedir. TCI'deki her 1 birimlik artışın yaşta 0,729 birimlik azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Kadınlar için oluşturulan Regresyon Modeli:

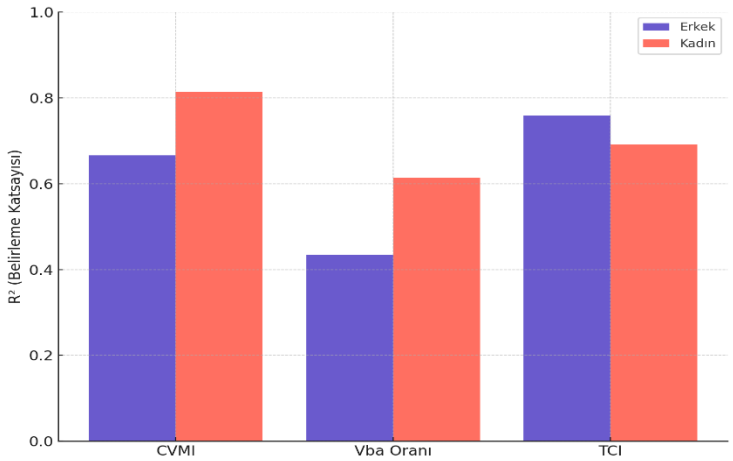
Tahmin edilen yaş =39,741+TCI(-0,729)

Erkek ve kadın modelleri karşılaştırıldığında, erkek modelinin daha güçlü olduğu (R = 0,752'ye karşılık kadınlarda R = 0,686), ancak TCI'nin yaş üzerindeki etkisinin kadınlarda daha büyük olduğu (erkeklerde B = -0,617, kadınlarda B = -0,729) belirlenmiştir.



Şekil 4.8. *Kadın ve erkek bireyler için TCI temelli regresyon modellerine göre yaş tahminleri*

Şekil 4.8'de, TCI (Tooth Coronal Index) değişkeni kullanılarak kadın ve erkek bireyler için ayrı ayrı oluşturulan doğrusal regresyon modelleri sunulmuştur. Her bireyin yaş tahmini scatter noktalarıyla gösterilmiş; bu noktalara ait ortalama eğilimler, ilgili regresyon denklemleriyle çizgisel olarak yansıtılmıştır. İki formül karşılaştırıldığında hem sabit terim hem de eğim açısından cinsiyetler arasında belirgin farklar olduğu gözlemlenmektedir. Kadınlara ait eğimin daha dik olması, TCI değerindeki her bir birim artışın yaş tahminini kadınlarda daha güçlü şekilde azalttığını göstermektedir. Bu bulgu, TCI'nın kadın bireylerde yaş tahmininde daha belirleyici bir değişken olduğunu desteklemektedir. Bireysel veri noktalarının model çizgileri etrafında düzenli bir dağılım sergilemesi ise her iki modelin de yaş tahmininde anlamlı bir uyum gücüne sahip olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.9. *Cinsiyete göre yaş tahmin yöntemlerinin açıklayıcılığı (R^2 karşılaştırması)*

Şekil 4.9'da CVMI, Vba ve TCI yöntemlerinin erkek ve kadın gruplarında elde edilen belirleme katsayısı (R^2) değerleri karşılaştırılmıştır. CVMI yöntemi her iki cinsiyette de yüksek açıklayıcılığa sahipken, erkeklerde TCI yöntemi diğer yöntemlere göre daha yüksek R^2 değeri göstermektedir. Buna karşılık, kadın grubunda en yüksek açıklayıcılık CVMI yöntemine aittir. Vba oranı yöntemi ise her iki cinsiyette de görece daha düşük R^2 değerleriyle en az açıklayıcılığa sahiptir.

4.3. UYUM İSTATİSTİKLERİ VE HATA METRİKLERİ

4.3.1. CVMI Yöntemi İçin Uyum İstatistikleri

Tablo 4.20. *Cinsiyetin bağımsız değişken olduğu modele ait uyum istatistikleri*

			Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval	
MSE	RMSE	P	ICC	Lower Bound	Upper Bound
1,40	1,18	0,0001	0,921	0,891	0,943

CVMI evreleri ve cinsiyet değişkeni kullanılarak oluşturulan modelin performansına ilişkin uyum istatistikleri, modelin yaş tahmininde oldukça başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir (Tablo 4.20). Modelin hata varyansı olan MSE (Mean Squared Error) değeri 1,4 yıl, buna karşılık RMSE (Root Mean Squared Error) değeri ise 1,18 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu, modelin yaş tahminlerini ortalama olarak yaklaşık ±1,18 yıl sapma ile gerçekleştirdiğini göstermektedir. Modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu da p = 0,0001 değeri ile desteklenmektedir. Ayrıca, modelin uyum düzeyini gösteren ICC (Intraclass Correlation Coefficient) değeri 0,921 olup bu değer, çok güçlü bir uyuma işaret eder. ICC'nin %95 güven aralığı ise 0,891 ile 0,943 arasında yer almakta ve bu da modelin farklı örneklemlerde de tutarlı, güvenilir ve tekrarlanabilir olduğunu ortaya koymaktadır. Cinsiyetin modele dahil edilmesi, bireyler arasındaki varyasyonu daha doğru yansıtarak uyum gücünü artırmış olabilir. Sonuç olarak, bu model hem istatistiksel olarak anlamlı hem de pratikte yüksek doğrulukla çalışan bir yaş tahmin aracı olarak değerlendirilebilir.

Tablo 4.21. *Erkek modeline ait uyum istatistikleri*

			Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval	
MSE	RMSE	P	ICC	Lower Bound	Upper Bound
1,43	1,20	0,0001	0,912	0,852	0,948

Tablo 4.21'de izlendiği gibi yalnızca erkekler üzerinden oluşturulan modele ait uyum istatistikleri, CVMI temelli yaş tahmininin bu grupta yüksek düzeyde güvenilir ve tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Modelin hata miktarını gösteren MSE değeri 1,43, buna karşılık ortalama tahmin hatasını temsil eden RMSE değeri 1,20 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, modelin yaş tahminlerini ortalama ±1,20 yıl hata payıyla gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Modelin genel uyumunu değerlendiren ICC (Intraclass Correlation Coefficient) değeri 0,912 olup, bu değer çok güçlü bir uyum düzeyine işaret etmektedir. Ayrıca, ICC'nin %95 güven aralığı [0,852–0,948] arasında yer almakta, bu da modelin farklı örneklemlerde de benzer düzeyde güvenilir sonuçlar üretebileceğini göstermektedir. İlgili istatistiklerin tamamı istatistiksel olarak anlamlıdır (p < 0,001). Bu bulgular, erkek bireyler üzerinde oluşturulan

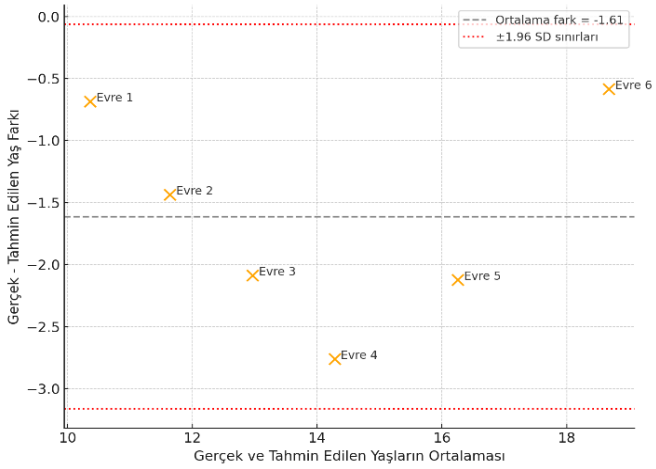
modelin hem doğruluk hem de iç tutarlılık açısından başarılı bir yaş tahmin performansı sergilediğini göstermektedir.

Tablo 4.22. *Kadın modeline ait uyum istatistikleri*

			Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval	
MSE	RMSE	P	ICC	Lower Bound	Upper Bound
1,38	1,18	0,0001	0,926	0,887	0,952

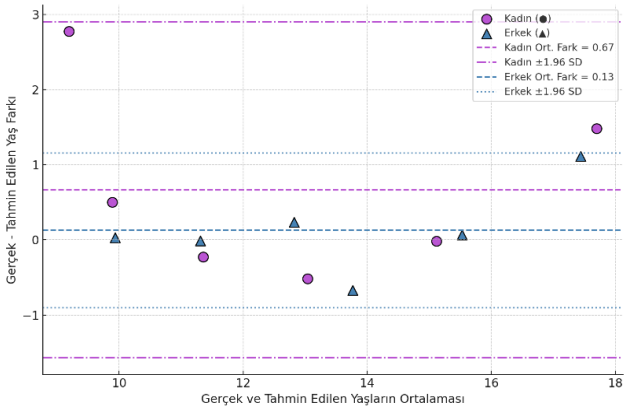
Tablo 4.22'de gösterildiği gibisadece kadınlar üzerinden oluşturulan modele ait uyum istatistikleri, CVMI evrelerine dayalı yaş tahmininin bu grupta oldukça yüksek düzeyde bir doğruluk ve güvenilirlik sunduğunu göstermektedir. Modelin hata varyansı MSE = 1,38, buna karşılık ortalama tahmin hatasını yansıtan RMSE = 1,18 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, modelin yaş tahminlerini ortalama olarak yaklaşık ±1,18 yıl sapma ile gerçekleştirdiğini göstermektedir. Modelin tahmin gücünü ve iç tutarlılığını ifade eden ICC (Intraclass Correlation Coefficient) değeri 0,926 olup, bu değer mükemmel düzeyde bir uyumu göstermektedir. Ayrıca ICC'nin %95 güven aralığı [0,887–0,952] arasında bulunmakta ve bu durum, modelin farklı örneklemlerde de benzer düzeyde güvenilir sonuçlar üreteceğini desteklemektedir. Elde edilen istatistiksel bulguların tamamı anlamlıdır ($p < 0,001$). Bu sonuçlar, kadın bireylerde oluşturulan CVMI tabanlı modelin yaş tahmini açısından hem yüksek doğruluk hem de güçlü bir içsel tutarlılıkla çalıştığını göstermektedir.

Genel olarak, CVMI evrelerinin yaş tahmini açısından güçlü bir bağımsız değişken olduğu görülmüştür. Ayrıca, modele cinsiyet değişkeninin eklenmesiyle tahmin doğruluğunda anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle kadın bireyler üzerinden yapılan analizlerde ICC değerinin 0,926 gibi yüksek bir düzeye ulaşması, modelin yaş tahmini açısından üst düzeyde güvenilir ve tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, her iki cinsiyet grubunda da MSE değerlerinin düşük olması, model tarafından tahmin edilen yaşların gerçek yaşlara yakın olduğunu ve ortalama hata düzeyinin kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.10. *CVMI kombine modeline ait Bland-Altman grafiği*

Şekil 4.10'da yer alan ortalama fark çizgisi, modelin genel olarak yaşları yaklaşık 1.6 yıl fazla tahmin ettiğini göstermektedir. ±1.96 standart sapma sınırları, tahmin hatalarının çoğunun –3 ile 0 arasında değiştiğini ortaya koymaktadır. Tüm evreler bu sınırlar içinde yer aldığı için modelin hata dağılımı istatistiksel olarak kabul edilebilir düzeydedir. Bu grafik, modelin farklı gelişim evrelerinde tutarlı mı yoksa değişken mi çalıştığını anlamaya olanak sağlar.



Şekil 4.11. *CVMI Kadın ve erkek modeline ait Bland-Altman grafiği*

Şekil 4.11, CVMI yönteminin kadın ve erkek bireylerdeki yaş tahmin performansını hata düzeyleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirmektedir. Ortalama fark ve ±1.96 standart sapma sınırları, modelin sistematik sapma yapıp yapmadığını ve tahmin hatalarının dağılım genişliğini ortaya koyar. Erkek modelinde tahmin hatalarının ±1.96 standart sapma aralığı daha dar olup, bu durum yaş tahminlerinin daha tutarlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın, kadın modelinde varyasyon daha geniş olup tahminler arasında daha fazla farklılık gözlenmiştir. Özellikle Evre 1 ve 6'da kadınlarda tahmin doğruluğu diğer evrelere göre oldukça düşük izlenmektedir. CVMI yöntemine ait regresyon modeli, kadın bireylerde yaş değişkenini daha yüksek oranda açıklamış (R^2 = 0,571) ve daha düşük hata payı (RMSE = 1,18 yıl) ile çalışarak daha güçlü bir tahmin performansı göstermiş ve erkek bireylerde modelin açıklayıcılığı biraz daha düşük kalmış (R^2 = 0,514; RMSE = 1,20 yıl) olsa da, Bland-Altman analizi bu grupta tahmin farklarının ±1.96 standart sapma aralığında daha dar dağıldığını ortaya koymuştur. Bu durum, kadınlarda modelin yaş tahminini daha doğru gerçekleştirdiğini, ancak bireysel sapmalarda erkek grubuna kıyasla daha fazla değişkenlik gösterdiğini işaret etmektedir. Buna karşılık, erkek grubunda tahminlerin gerçek yaşa kıyasla daha istikrarlı ve homojen bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, kadınlarda genel tahmin başarısı daha yüksek iken, erkeklerde tahmin farklarının daha sınırlı bir aralıkta toplanması modelin bireysel düzeyde daha tutarlı çalıştığını göstermektedir.

4.3.2. Cameriere Vba Yöntemi İçin Uyum istatistikleri

Tablo 4.23. *Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği modelde uyum istatistikleri*

		Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval		p
MSE	RMSE	ICC	Lower Bound	Upper Bound	
2,50	1,58	0,832	0,766	0,879	0,000

Cinsiyetin de bağımsız değişken olarak ele alındığı modelin performansını değerlendiren uyum istatistikleri, yaş tahmini açısından kabul edilebilir düzeyde doğruluk ve tutarlılık sunduğunu göstermektedir (Tablo 4.23). MSE = 2,50 ve RMSE ≈ 1,58 yıl olarak hesaplanmış olup, bu durum modelin ortalama olarak yaklaşık ±1,58 yıl sapma ile yaş tahmini yaptığını göstermektedir. Uyum katsayısı olan ICC (Intraclass Correlation Coefficient) değeri 0,832, modelin tahminleri ile gerçek yaşlar arasında iyi düzeyde bir uyum olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ICC'nin %95 güven aralığı [0,766–0,879] aralığında bulunmakta, bu da modelin farklı örneklemlerde de benzer tutarlılığı koruyabileceğini göstermektedir. P < 0,001 değeri ise modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.24. *Erkek modelinde uyum istatistikleri*

Erkek		Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval		P
MSE	RMSE	ICC	Lower Bound	Upper Bound	
1,86	1,36	0,823	0,702	0,895	0,000

Erkek bireyler üzerinden oluşturulan modele ait uyum istatistikleri tablo 4.24'te verilmiştir. Modelin yaş tahmini açısından istatistiksel olarak güçlü ve güvenilir bir performans sergilediğini göstermektedir. Modelin ortalama hata varyansı MSE = 1,86, buna karşılık

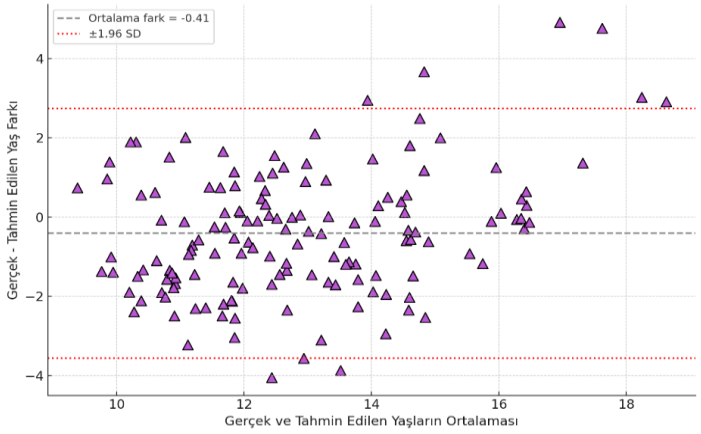
ortalama tahmin hatasını gösteren RMSE ≈ 1,36 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, modelin yaş tahminlerini gerçek yaşlara oldukça yakın bir doğrulukla, yaklaşık ±1,36 yıl sapma ile gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu düzeydeki bir tahmin hatası, özellikle biyolojik yaş tahminine yönelik çalışmalarda kabul edilebilir hata sınırları içerisinde yer almaktadır.

Tablo 4.25. *Kadın modelinde uyum istatistikleri*

Kadın		Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval		P
MSE	RMSE	ICC	Lower Bound	Upper Bound	
2,81	1,68	0,835	0,747	0,892	0,000

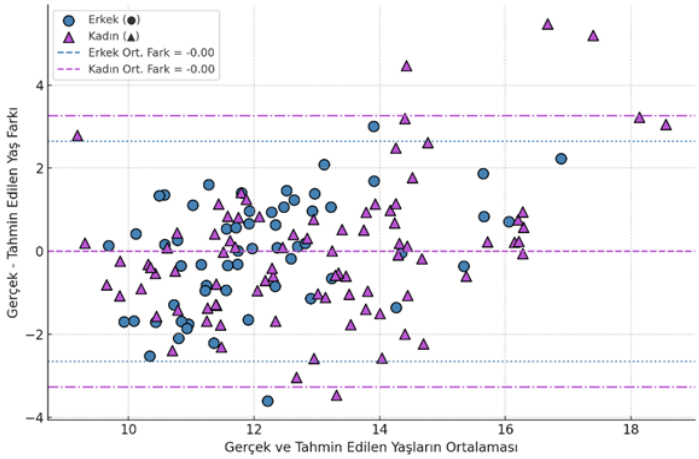
Kadın bireyler üzerinden oluşturulan modele ait uyum katsayısı, modelin yaş tahmini açısından güçlü bir doğruluk ve içsel tutarlılık sunduğunu göstermektedir (Tablo 26). Modelin uyumunu değerlendiren Intraclass Correlation Coefficient (ICC) değeri 0,835 olup, bu değer yaş tahminleri ile gerçek yaşlar arasında iyi düzeyde bir uyum olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ICC'nin %95 güven aralığı [0,747–0,892] aralığında bulunmakta, bu da modelin farklı örneklemler üzerinde de benzer düzeyde güvenilirlik ve istikrar gösterebileceğini desteklemektedir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$), bu da modelin genel olarak anlamlı ve geçerli olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, cinsiyetin modele ayrı ayrı dahil edilmesi, tahmin doğruluğunu ve uyum gücünü olumlu yönde etkilemiştir. Kadınlara ait model en yüksek uyumu gösterirken, erkeklere ait model ise en düşük hata düzeyiyle dikkat çekmektedir. Cinsiyet bağımsız model ise ortalama değerler sunmakta olup hem kadın hem erkek modellerine göre daha genel geçer ama biraz daha düşük doğrulukta tahminler üretmektedir.



Şekil 4.12. *Vba oranına dayalı kombine modele ait Bland-Altman grafiği*

Şekil 4.12, Vba oranına dayalı cinsiyet bağımsız yaş tahmin modelinin hata dağılımını değerlendirmektedir. Ortalama fark çizgisi, modelin yaş tahminlerinde sistematik bir sapma eğilimi gösterip göstermediğini ortaya koyar. Noktaların büyük kısmının ±1.96 standart sapma sınırları içinde yer alması, modelin tahminlerinin tutarlı ve kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.13. *Vba oranına dayalı kadın ve erkek modellerine ait Bland-Altman grafiği*

Şekil 4.13'te yer alan Bland-Altman grafiğine göre, erkek modelinde tahmin edilen yaş ile gerçek yaş arasındaki farklar daha dar bir dağılım göstermiştir. ±1.96 standart sapma sınırları erkeklerde yaklaşık ±2,3 birimle sınırlı kalırken, kadınlarda bu aralık ±3,2 birime kadar genişlemiştir. Bu bulgu, erkeklerde modelin bireysel düzeyde daha istikrarlı tahminler ürettiğini göstermektedir. Her iki cinsiyet için ortalama fark sıfıra oldukça yakın olsa da, kadın modelindeki daha geniş varyasyon, tahminlerin güvenilirlik açısından daha dalgalı olduğunu ve bireyler arası farkların daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

4.3.3. TCI Benindra Yöntemi İçin Uyum İstatistikleri

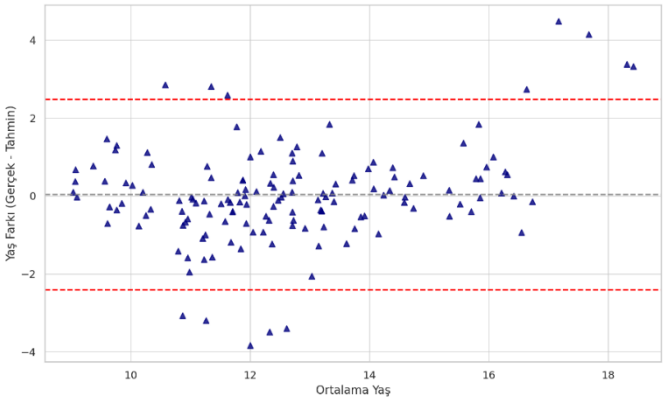
Tablo 4.26. *Cinsiyetin bağımsız değişken olarak dahil edildiği modelde uyum istatistikleri*

		Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval		p
MSE	RMSE	ICC	Lower Bound	Upper Bound	
1,59	1,26	0,909	0,874	0,935	0,000

Tablo 4.26'te gösterilen cinsiyetin bağımsız değişken olarak ele alındığı modelin uyum istatistiklerine bakıldığında, yaş tahmini açısından oldukça yüksek doğruluk ve tutarlılık sunduğu görülmektedir. Modelin ortalama hata varyansı MSE = 1,59, buna karşılık karekök hata değeri RMSE ≈ 1,26 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, modelin yaş tahminlerini gerçek yaşlara oldukça yakın bir biçimde, ortalama ±1,26 yıl hata payıyla gerçekleştirdiğini göstermektedir. Modelin iç tutarlılığını ve öngörü gücünü yansıtan Intraclass Correlation Coefficient (ICC) değeri 0,909 olup, bu değer çok güçlü bir uyumu işaret etmektedir. Ayrıca, %95 güven aralığı [0,874–0,935] aralığında bulunmakta ve bu durum modelin farklı örneklemler üzerinde de benzer düzeyde güvenilir sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Tüm istatistiksel bulgular anlamlıdır ($p < 0,001$).

Bu veriler doğrultusunda, modelin yaş tahmini sürecinde hem istatistiksel olarak anlamlı hem de uygulamada güvenilir ve düşük hatalı bir yapı sergilediği sonucuna

ulaşılmaktadır. Özellikle ICC değerinin 0,90'ın üzerinde olması, modelin tahmin performansının yüksek düzeyde güvenilir olduğunu desteklemektedir.



Şekil 4.14. *Kombine model için Bland-Altman grafiği*

Şekil 4.14'te gösterilen grafikte yer alan yatay kesikli gri çizgi ortalama farkı temsil ederken, üst ve alt kırmızı kesikli çizgiler ±1,96 standart sapma sınırlarını belirtmektedir. Verilerin büyük çoğunluğunun bu sınırlar içinde kalması, TCI yönteminin genel olarak tutarlı ve güvenilir bir yaş tahmini sağladığını göstermektedir. Ancak, grafikte görülen dağılım, tahminlerin gerçek yaşa göre hafif sistematik farklılıklar içerebileceğini ve yöntem kullanımında bu durumun göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.27. *Erkek modelinde uyum istatistikleri*

		Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval		P
MSE	RMSE	ICC	Lower Bound	Upper Bound	
0,97	0,98	0,926	0,875	0,956	0,000

Erkekler için oluşturulan regresyon modeline ait uyum istatistikleri incelendiğinde, modelin tahmin performansının oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.27). Modelde RMSE değeri, modelin tahmin ettiği yaş ile bireyin gerçek yaşı arasındaki farkın ortalama olarak yaklaşık 0,98 yıl olduğunu göstermektedir. Bu düşük hata değeri, modelin erkek bireyler için yaş tahmininde yüksek doğrulukla çalıştığını ortaya koymaktadır.

Modelin tutarlılığı ve güvenilirliği, Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) ile değerlendirilmiş olup, bu değer 0,926 olarak bulunmuştur. Bu yüksek ICC değeri, modelin erkek bireylerde yaş tahminini istikrarlı ve güvenilir şekilde gerçekleştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, %95 güven aralığı incelendiğinde, alt sınırın 0,875 ve üst sınırın 0,956 olduğu görülmektedir. Bu aralık, modelin güvenilirliğine duyulan istatistiksel güvenin yüksek olduğunu desteklemektedir. Son olarak, modelin genel anlamlılığını değerlendiren p değeri < 0,001 bulunmuş olup, bu sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Bu bulgu, modelin yaş tahmini ile gerçek yaş arasında tesadüfi olmayan, anlamlı bir ilişki kurduğunu göstermektedir.

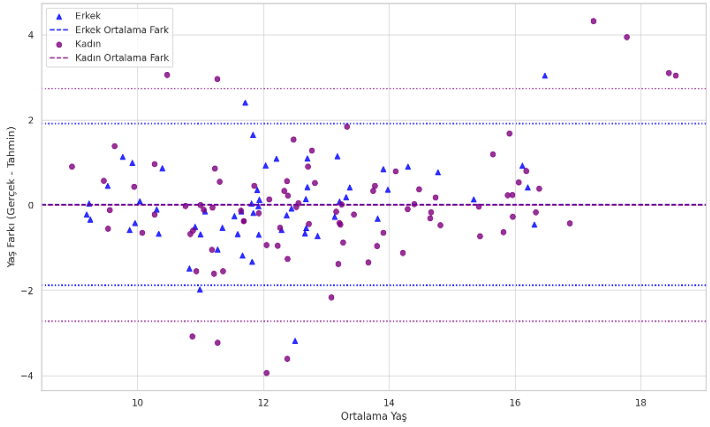
Tablo 4.28. *Kadın modeline ait uyum istatistikleri*

		Uyum İstatistiği	95% Confidence Interval		P
MSE	RMSE	ICC	Lower Bound	Upper Bound	
1,98	1,41	0,899	0,845	0,934	0,000

Tablo 4.28'de verilen kadın bireyler için oluşturulan regresyon modeline ait uyum istatistikleri değerlendirildiğinde, modelin yaş tahmini konusunda oldukça iyi bir performans sergilediği görülmektedir. Modelin RMSE değeri, modelin tahmin ettiği yaş ile bireyin gerçek yaşı arasındaki ortalama farkın yaklaşık 1,41 yıl olduğunu göstermektedir. Bu durum, modelin klinik açıdan kabul edilebilir düzeyde hata ile çalıştığını ve kadın bireylerde yaş tahmini için güvenilir bir yöntem sunduğunu göstermektedir.

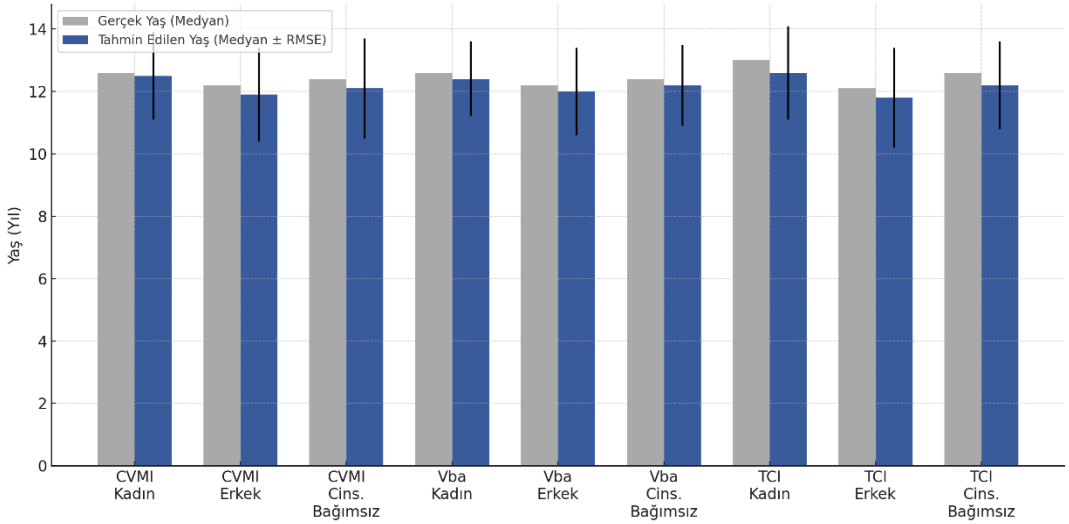
Modelin güvenilirliği, Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) ile değerlendirilmiş olup bu değer 0,899 olarak bulunmuştur. ICC değerinin 0,75'in üzerinde olması modelin yüksek derecede güvenilir olduğunu gösterirken, 0,90 sınırına oldukça yakın olması modelin tutarlılığının da güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, %95 güven aralığı, 0,845 ile 0,934 arasında değişmekte olup bu aralık, ICC değerinin istatistiksel olarak anlamlı ve güvenilir olduğunu desteklemektedir. Modelin genel anlamlılığına ilişkin elde edilen p değeri $< 0,001$ olup, bu sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Bu bulgu, modelin yaş tahmini ile gerçek yaş arasında anlamlı bir ilişki kurduğunu ve elde edilen sonuçların rastlantısal olmadığını ortaya koymaktadır.

Kadın modelinde hata oranı (MSE = 1,984) erkek modeline kıyasla daha yüksektir (MSE = 0,969), bu da erkek modelinin daha iyi tahmin gücüne sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, kadınlarda yaş ile TCI arasındaki negatif ilişki erkeklere göre daha kuvvetli bulunmuş, ancak modelin genel tahmin gücünün erkeklerde daha iyi olduğu görülmüştür.



Şekil 4.15. *Kadın ve erkek modellerine ait Bland-Altman grafiği*

Şekil 4.15'te, TCI yönteminin cinsiyete göre elde edilen tahmin farkları incelendiğinde, erkek bireylerde farkların ±1.96 standart sapma aralığında daha dar bir şekilde dağıldığı gözlenmektedir (yaklaşık ±2,1). Kadın bireylerde ise tahmin farkları daha geniş bir aralığa yayılmış olup, ±3,0 sınırlarına ulaşmaktadır. Her iki cinsiyet grubunda ortalama fark sıfıra oldukça yakın olsa da, bu dağılım farklılığı erkeklerde modelin daha tutarlı ve homojen sonuçlar verdiğini, kadınlarda ise tahmin hatalarının daha değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, TCI yönteminin erkek bireylerde bireysel düzeyde daha istikrarlı çalıştığına işaret etmektedir.



Şekil 4.16. *Yöntem ve cinsiyete göre gerçek yaş medyanı ile tahmin edilen yaşın medyan ± RMSE aralığının karşılaştırmalı gösterimi*

Şekil 4.16'da, üç farklı yaş tahmin yönteminin (CVMI, Vba oranı, TCI) kadın, erkek ve cinsiyet bağımsız modellerine göre tahmin ettikleri yaşların medyan değerleri ile gerçek yaşların medyanları karşılaştırılmış, tahmin edilen yaşlar için hata payı olarak RMSE (±) gösterilmiştir. CVMI yöntemi hem kadın hem erkek bireylerde gerçek yaşa en yakın tahminleri vermiştir (medyan farkı ≈ 0,1 yıl) ve en düşük RMSE değerlerine (kadın: 1,18; erkek: 1,20 yıl) sahiptir. Vba oranına dayalı modelde tahminler genel olarak gerçek yaştan düşük kalmakta, RMSE değerleri cinsiyet bağımsız modelde yaklaşık 1,58 yıl olarak hesaplanmıştır. TCI yöntemi ise özellikle cinsiyet bağımsız modelde daha düşük yaş tahminleri sunmuş, ancak erkek grubunda tahmin edilen yaş ile gerçek yaş arasında yüksek uyum (RMSE ≈ 0,98 yıl) elde edilmiştir. Tüm yöntemlerde, cinsiyet ayrımı yapılmış modellerin daha düşük hata payı verdiği görülmüştür.

5. TARTIŞMA

İnsan büyüme ve gelişimi genellikle o sıradaki yıldan doğum yılının çıkarılmasıyla elde edilen kronolojik yaş ile ifade edilir. Ancak aynı kronolojik yaştaki bireyler gelişimsel farklılıklar gösterebilir. Bu sebeple antropolojide, adli bilimlerde, tedavi planlamalarında vücuttaki sert dokuların büyüme ve gelişiminin takibiyle yaş tayini yapılması yaygın hale gelmiştir. Yaş tayini; özellikle hukuki süreçlerde, savaşlar, göçler ve doğal afetler gibi büyük toplumsal olaylarda kimlik belirleme, adil hukuki değerlendirmeler yapma ve doğru tıbbi tedavilerin uygulanması açısından kritik bir rol oynar. 22 yaşa kadar olan olgularda özellikle kemiklere dayanarak yaklaşık bir tespit yapılabilmektedir çünkü kemik büyüme ve gelişimi henüz tamamlanmamıştır. Ancak ileri yaşlar için özellikle 25-40 arası yaşlarda epifiz ve metafizler gelişimini tamamladığı, füzyon ve kaynaşma son şeklini aldığı için kemik dokulardan yaş tespitinin yapılması zordur. Bu yüzden yetişkinlerde yaş tayini yapılırken dişlerin kullanılması popüler hale gelmiştir. Dişler, dış etkenlere karşı diğer organlara kıyasla çok daha dayanıklıdır ve uzun süre bütünlüğünü koruyabilir, bu sebeple en eski tarihlerden beri yaş ve kimlik tayininde en değerli biyolojik materyallerden biri olarak kabul edilmektedir (2,5,14,17,57). Dişlerden yola çıkılarak yaş tahmini yapılması konusunda tarih boyunca birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin arasında histolojik, biyokimyasal ve radyografik yöntemler yer almaktadır.

Çalışmamızda radyolojik yöntemler kullanılarak panoramik ve sefalometrik grafiler üzerinden çeşitli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda regresyon modelleri oluşturulmuş ve tahmin edilen yaşlar, kronolojik yaş ile karşılaştırılarak yöntemlerin doğruluk düzeyi değerlendirilmiştir. Ayrıca, yaş tahmini sonuçlarının cinsiyete göre farklılık gösterip göstermediği analiz edilmiştir. Cinsiyetler arasında doğruluk düzeylerinin değiştiği gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda 9-20 yaş aralığındaki 146 bireyde yaş tahmini için üç farklı radyografik yöntem (CVMI, Cameriere Vba oranı ve TCI) kullanılmış ve yöntemlerin başarısı cinsiyete göre karşılaştırılmıştır. Çalışmada, cinsiyetler arasında belirli ölçümler bakımından fark olup olmadığını değerlendirmek amacıyla gruplar arası karşılaştırma testleri (t-testi ve ki-kare testi) uygulanmıştır. Bu analizler sonucunda, cinsiyetin tüm yöntemlerde istatistiksel olarak anlamlı fark yarattığı görülmüştür ($p < 0,05$). Bu durum, kadın ve erkek bireylerin ortalama değerleri

arasında anlamlı düzeyde farklılıklar olduğunu göstermektedir. CVMI yöntemi, yani sefalometrik radyograflarda servikal vertebraların evrelendirilmesi, yaşla en güçlü ilişkiyi göstermiştir. Özellikle kadınlarda bu ilişki daha belirgin olarak izlenmiş ($r = 0,902$, $R^2 = \%81$), modelin tahmin gücü yüksek (RMSE ≈ 1,18 yıl, ICC = 0,926) ve hata payı oldukça düşük çıkmıştır. Yine sefalometrik radyografilerde C4 vertebrasının ön ve arka yüksekliğinin oranlandığı Vba yöntemi de yaşla anlamlı ilişki sunmuş, özellikle kadınlarda bu oran daha yüksek ve belirleyici çıkmıştır; ancak tahmin doğruluğu CVMI'ya göre daha düşük olarak saptanmıştır (RMSE ≈ 1,58 yıl, ICC = 0,832). Panoramik radyografiler üzerinden ölçüm yapılan TCI (Tooth Coronal Index) yöntemi ise yaşla güçlü negatif korelasyon göstermiş ($r = -0,845$); erkeklerde kadınlara göre daha iyi sonuçlar vermiş (MSE = 0,97, ICC = 0,926) ve yaş arttıkça TCI değerinin anlamlı şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. CVMI ve Vba oranının ölçüldüğü yöntemlerde kurulan regresyon modellerinde cinsiyet faktörü istatistiksel olarak anlamlı çıkmış, TCI yönteminde ise cinsiyetin modele anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. CVMI ve Vba oranlarından yola çıkılarak elde edilen sonuçlar doğrultusunda kadınların genellikle daha erken olgunlaştığı ve bu yüzden aynı anatomik değerlerde yaşlarının daha küçük tahmin edildiği görülmüştür.

Genel olarak CVMI yöntemi hem doğruluk hem güvenilirlik açısından en başarılı model olarak öne çıkmış; en düşük doğruluk değerleri ise Vba oranlarından elde edilen sonuçlarda karşımıza çıkmıştır. CVMI yönteminin kullanılmasıyla ek bir radyasyon dozu olmadan büyüme gelişimin değerlendirilmesi ve yaş tahmini yapılmasının mümkün olduğu gösterilmiş; bu yöndeki hipotezimiz desteklenmiştir. TCI ve Vba oranının kullanıldığı yöntemler özellikle cinsiyet ayrımı yapıldığında etkili sonuçlar vermiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, Cameriere'nin C4 vertebranın anterior ve posterior boyutlarının oranına dayanan yönteminin, büyüme ve gelişim sürecini tamamlamamış bireylerde yaş tahmini amacıyla güvenilir bir araç olabileceği yönündeki temel varsayım desteklenmiştir. Aynı şekilde, dental radyografilere dayalı TCI-Benindra yönteminin de dişsel yaş tahmini açısından uygulanabilir ve yüksek doğrulukta sonuçlar verebilen bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında hipotez testine yönelik spesifik istatistiksel analizler yapılmamış olsa da, elde edilen regresyon modelleri ve korelasyon analizleri, her iki yöntemin de yaş tahmininde anlamlı düzeyde başarı sağladığını ortaya koymakta ve hipotezlerimizin doğruluğunu desteklemektedir.

Cinsiyetin iskeletsel olgunlaşma sürecine etkisi birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Literatürde, cinsiyetin büyüme ve gelişim süreçlerinde önemli bir belirleyici

olduğu belirtilmekte olup, kız çocuklarında pubertal büyüme atılımının erkeklere kıyasla yaklaşık iki yıl daha erken gerçekleştiği bildirilmektedir (121). Çalışmamızdaki CVMI yönteminde cinsiyetin bağımsız değişken olarak kullanıldığı modelde, bireyin kadın olmasının yaş tahminini 1,196 yıl azalttığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, kadınların iskeletsel gelişim sürecine erkeklerden daha erken ulaştığını göstermektedir. Aynı CVMI evresinde bulunan bir erkek ve bir kadın karşılaştırıldığında, modelin kadınların yaşını daha düşük tahmin ettiği görülmektedir. Vba oranına dayalı yaş tahmin modelinde de, kadınların yaşının erkeklere kıyasla daha düşük tahmin edildiği gözlemlenmiştir. Kadınlar için oluşturulan regresyon modelinde eğim katsayısının erkeklerden daha yüksek olması (18,60'a karşı 12,96), aynı Vba oranına sahip bir kadın ve erkek bireyin yaşları karşılaştırıldığında, modelin kadınların yaşını daha düşük tahmin ettiğini göstermektedir. Bu bulgu, kadınların iskeletsel gelişim sürecine erkeklerden daha erken ulaştığını ve büyüme sürecinin daha erken tamamlandığını desteklemektedir. Literatürde de kadınların iskeletsel maturasyon sürecine erkeklerden önce ulaştığı bildirilmiştir (121). Bu nedenle, CVMI ve Vba oranına dayalı yaş tahmininde cinsiyetin bağımsız bir değişken olarak dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu sonuç, literatürde bildirilen erken olgunlaşma süreciyle uyumludur.

Hassel ve Farman'ın 1995'te yayınladığı çalışmasında(9) CVMI sisteminden ilk defa bahsedilmiş; el-bilek filmi ile elde edilen sonuçlarla benzer sonuçlara varılmış ve en az el-bilek filmlerinden yapılan maturasyon tespiti kadar güvenilir sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Hassel ve Farman, bu çalışmasında iskeletsel maturasyonun cinsiyetle yakından ilişkili olduğunu ve pubertal büyüme atılımının erkeklerde daha geç gerçekleştiğini vurgulamaktadır. Aynı çalışmada kadınların iskeletsel gelişiminin erkeklere kıyasla daha erken tamamlandığı ve aynı CVMI evresinde kadınların yaşlarının erkeklerden daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bizim çalışmamızın bulguları da bu verilerle büyük ölçüde tutarlıdır. Çalışmamız incelendiğinde; evre 1 ve 2'nin erkeklerde daha yüksek oranda görüldüğü, evre 4, 5 ve 6'nın ise kadınlarda daha yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Hassel ve Farman'ın bulgularını destekler niteliktedir ve kadınların aynı CVMI evresine daha erken yaşta ulaştığını göstermektedir. Hassel ve Farman'ın çalışmasında CVMI'nın yaş tahmini üzerindeki açıklayıcılığına dair doğrudan bir istatistiksel analiz bulunmamaktadır. Yalnızca, CVMI ile el-bilek filmiyle belirlenen iskeletsel maturasyon arasında yüksek bir korelasyon olduğu belirtilmiş ($r^2 = 0.89$, $p < 0.001$) ancak yaş tahmini açısından regresyon modelleri oluşturulmamıştır. Bizim çalışmamızda ise CVMI evreleri ile yaş değişkeni arasındaki ilişki doğrudan regresyon analizi

ile incelenmiş ve kadınlarda R^2 = 81,3%, erkeklerde R^2 = 66,5% olarak bulunmuştur. Bu, CVMI'nın kadınlarda yaş tahmini için daha güçlü bir prediktör olduğunu göstermektedir. Regresyon modelimizde, CVMI evresi her bir arttığında yaş ortalama 1,652 yıl artmakta, kadın olmak ise yaş tahminini ortalama 1,196 yıl azaltmaktadır. Bu sonuçlar, Hassel ve Farman'ın bulgularını desteklemektedir. Bunun yanı sıra çalışmamız CVMI'nın yaş tahminindeki doğrudan açıklayıcılığını istatistiksel olarak değerlendiren analizlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle, kadınlarda daha yüksek açıklayıcılık oranına sahip olması, kadınların iskeletsel gelişim süreçlerinin daha düzenli ilerlediğini ve CVMI sisteminin kadınlarda yaş tahmini açısından daha güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, CVMI ile yaş analizlerinde cinsiyetin dikkate alınması, yaş tahmini doğruluğunu artırabilecek önemli bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

Bacetti ve ark.'nın 2002'de yaptığı çalışmada (91) her CVM evresi için elde edilen yaş ortalamaları, bizim çalışmamızdan elde edilen tahminlerle karşılaştırılmıştır. Her iki çalışma da evre ilerledikçe yaşın arttığını göstermiştir. Ancak bazı evrelerde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Baccetti'ye göre CS1 evresi için ortalama yaş 10,6 yıl olarak belirlenirken, bizim çalışmamızda bu değer 10,02 yıl olarak hesaplanmıştır. Kadınlarda 10,58 yıl, erkeklerde ise 9,95 yıl bulunması, erkeklerin iskeletsel matürasyon sürecinin biraz daha geç başladığını göstermektedir. Bu fark minimal olup, iki çalışmanın sonuçları büyük ölçüde örtüşmektedir. CS2 evresinde, Baccetti'nin tahmini 11,6 yıl iken, bizim çalışmamızda genel ortalama 10,92 yıl olarak bulunmuş, kadınlarda 10,14 yıl, erkeklerde ise 11,30 yıl olarak hesaplanmıştır. Burada dikkat çeken nokta, kadınlarda yaş tahmininin Baccetti'ye göre yaklaşık 1,5 yıl daha düşük olmasıdır. Bu durum, çalışmamızdaki kadın bireylerin servikal vertebra matürasyonunu daha erken tamamladığını düşündürmektedir. CS3 evresinde de Baccetti'nin tahmini 12,8 yıl iken, bizim çalışmamızda genel ortalama 11,92 yıl olarak bulunmuştur. Erkeklerde bu değer 12,94 yıl ile Baccetti'ye oldukça yakınken, kadınlarda 11,24 yıl olarak hesaplanmıştır. Kadınlarda tahmin edilen yaşın daha düşük olması, yine iskeletsel büyümenin kadınlarda daha erken tamamlandığı görüşünü desteklemektedir. CS4 evresinde, Baccetti 13,8 yıl olarak tahmin ederken, bizim çalışmamızda 12,90 yıl olarak hesaplanmıştır. Erkeklerde 13,43 yıl, kadınlarda ise 12,78 yıl bulunmuştur. Bu evrede de yaş tahmini, özellikle kadınlarda, Baccetti'nin sonuçlarına göre yaklaşık bir yıl daha düşük çıkmıştır. Bu durumun popülasyon farklılığından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. CS5 evresi için, Baccetti 15,00 yıl olarak tahmin ederken, bizim çalışmamızda 15,19 yıl hesaplanmıştır. Erkeklerde 15,56 yıl, kadınlarda 15,11

yıl olarak bulunmuştur. Bu evrede, iki çalışma arasındaki fark oldukça minimal olup, sonuçlar büyük ölçüde örtüşmektedir. En dikkat çekici farklılık CS6 evresinde gözlenmiştir. Baccetti'nin çalışmasına göre CS6 evresi için yaş tahmini 15,8 yıl iken, bizim çalışmamızda 18,38 yıl olarak bulunmuştur. Erkeklerde bu değer 18,00 yıl, kadınlarda ise 18,44 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu fark yaklaşık 2,5 yıl olup, diğer evrelere kıyasla çok daha belirgindir. Bu farklılığın sebebi olarak bizim çalışmamızdaki örneklem büyüklüğünün evre 6 için yeterli olmaması veya popülasyon farklılığı gösterilebilir. Yine iki çalışmada da literatürle uyumlu şekilde kadınlarda maturasyonun erkeklere göre daha erken yaşta başladığı görülmüştür (9,121)

Uğurlu ve Ceylan'ın 2018'de yaptıkları çalışmada (122) CVMI evreleri ile kronolojik yaş arasında orta dereceli bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Kadınlar için $\rho = 0,61$, Erkekler için $\rho = 0,559$). Bu çalışma, CVMI'nın iskeletsel maturasyonun değerlendirilmesinde güvenilir bir yöntem olduğunu ve el-bilek radyografisi kullanılamayan durumlarda alternatif olarak değerlendirilebileceğini öne sürmüştür. Ancak, Uğurlu ve Ceylan'ın çalışmasında doğrudan yaş tahmini için regresyon modeli oluşturulmamış, yalnızca CVMI evreleri ile yaş arasındaki korelasyon değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamız, CVMI evrelerinin yaş tahminine olan etkisini doğrusal regresyon analizi ile detaylandırarak, yöntemin yaş tahmini üzerindeki açıklayıcılığını niceliksel olarak ortaya koymuştur. Bizim modelimizde CVMI evresi her bir arttığında yaş ortalama 1,652 yıl artmakta, kadın cinsiyette yaş tahmini ortalama 1,196 yıl azalmaktadır. Kadınlarda $R^2 = 81,3\%$, erkeklerde $R^2 = 66,5\%$ bulunmuş olup, CVMI evreleri kadınlarda yaş değişkenini daha güçlü şekilde açıklamaktadır. Bu bulgular, Uğurlu ve Ceylan'ın çalışmasında da belirtilen cinsiyet farklarını desteklemekte ve CVMI'nın yaş tahmini üzerindeki gücünü daha detaylı analiz etmektedir. Özellikle kadınlarda daha yüksek açıklayıcılık oranına sahip olması, CVMI sisteminin cinsiyete göre farklı doğruluk seviyelerine sahip olduğunu ve yaş tahmini doğruluğunu artırmak için bu faktörün göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak, bizim çalışmamız CVMI'nın yaş tahmini için kullanılabilirliğini yalnızca korelasyon düzeyinde değil, doğrudan tahmin modelleriyle değerlendiren bir çalışma olması bakımından öne çıkmaktadır. Bu durum, CVMI'nın sadece iskeletsel maturasyon evrelemesi için değil, doğrudan yaş tahmini amacıyla da güvenilir bir yöntem olarak kullanılabileceğini desteklemektedir.

Schoretsaniti ve ark.'nın 2021'de yaptığı bir çalışmada (123) CVMI yöntemi ile kronolojik yaş tahmininin doğruluğu ve yöntemin tekrarlanabilirliği incelenmiştir. Yaş ortalamaları arasındaki dağılımın standart sapmalarına bakıldığında, Schoretsaniti ve ark.'nın

çalışmasında varyasyonun daha geniş olduğu, bizim çalışmamızda ise yaşların evrelere daha sıkı kümelendiği görülmektedir. Örneğin, CS4 evresi Schoretsaniti ve ark.'da 13,61 ± 2,90 yıl iken, bizim çalışmamızda 12,90 ± 0,97 yıl olarak tespit edilmiştir. Bu durum, bizim örneklemimizin yaş aralığının daha dar ve homojen olduğunu göstermekte olup, tahmin gücünü artıran bir faktör olabilir. Ayrıca CS5 ve CS6 evrelerinde Schoretsaniti ve ark.'nın yaş ortalamalarının daha yüksek çıkması, onların örnekleminde 20 yaş üstü bireylerin sayısal olarak daha fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Bununla birlikte, her iki çalışmada da CS1–CS3 gibi erken evrelerde yaş ortalamaları oldukça benzer seyretmektedir. Çalışmada CVMI evreleri ile yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olduğu (R^2 = %61), ancak yöntemin pubertal büyüme atılımını kesin olarak tahmin etmekte yeterince hassas olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, genel yaş tahmin modelinde cinsiyet faktörünün dahil edildiği ancak cinsiyet bazlı ayrı analizler yapılmadığı görülmektedir. Bizim çalışmamızda ise CVMI'nın yaş tahmini üzerindeki açıklayıcılığı cinsiyetin bağımsız değişken olarak alındığı modelde daha düşük olarak gözlenmiştir (R^2 = %54,9). Cinsiyet bazlı ayrı regresyon analizleri yapıldığında ise açıklayıcılık artmış; kadınlarda R^2 = 81.3%, erkeklerde R^2 = 66,5% olarak hesaplanmıştır. CVMI evresi her bir birim arttığında yaş ortalama 1,652 yıl artmakta, kadın olmak yaş tahminini ortalama 1.196 yıl azaltmaktadır. Schoretsaniti ve ark.'nın bulgularına göre ise kadın olmak yaş tahminini ortalama 0.639 yıl azaltmakta, her bir CVMI evresi ise yaklaşık 1,89 yıl artışa karşılık gelmektedir. Ancak cinsiyet bazlı ayrı modeller oluşturulmamış, bu da kadın ve erkek bireylerde yöntemin tahmin gücünün farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koymada yetersiz kalmaktadır. Bizim çalışmamızda kadın ve erkek grupları ayrı ayrı incelenmiş ve kadınlarda CVMI evrelerinin yaş tahminindeki açıklayıcılığı daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, bizim çalışmamız Schoretsaniti ve ark. çalışmasının bulgularını desteklemekte, ancak cinsiyet bazlı ayrı analizler içermesi ve daha yüksek açıklayıcılık oranlarına sahip olmasıyla farklılaşmaktadır. Bu nedenle, CVMI yönteminin yaş tahmini için kullanılabilirliği cinsiyetin dikkate alınmasıyla artırılabilir ve cinsiyete özgü regresyon modelleri yöntemin doğruluğunu artırmada önemli bir katkı sağlayabilir.

Armond ve ark. 2012'de yaptıkları çalışmalarında(124), servikal vertebra maturasyonu (CVMI) ile maloklüzyon tipleri arasındaki ilişkiyi incelemiş ve özellikle Sınıf II maloklüzyonu olan bireylerin servikal vertebra maturasyonunun erken evrelerinde bulunma olasılığının daha yüksek olduğunu (OR = 2,1, %95 GA: 1,33-3,18) tespit etmişlerdir. Ayrıca, cinsiyetler arasında belirgin farklılıklar saptanmış ve kadınların iskeletsel gelişim süreçlerine erkeklerden daha

erken ulaştıkları görülmüştür. Çalışmamızda da CVMI yöntemiyle yapılan yaş tahmini modelinde, kadın olmanın yaş tahminini 1,196 yıl azalttığı belirlenmiştir. Bu bulgular birbiriyle ve kadınların iskeletsel maturasyon sürecine erkeklerden önce ulaştığını gösteren literatürle uyumludur (9,91,121). Çalışmamızda doğrudan maloklüzyon değerlendirmesi yapılmamış olsa da CVMI evrelerinin yaş tahmini açısından güvenilir bir yöntem olabileceği ve cinsiyetin önemli bir belirleyici değişken olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, CVMI'nın sadece ortodontik planlamada değil, yaş tahmini çalışmalarında da önemli bir parametre olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Gray ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmada(125), servikal vertebra morfometrik değişimlerini analiz ederek, CVMI yönteminin mandibular büyüme zirvesini belirlemedeki geçerliliğini test etmişlerdir. Çalışmalarında, servikal vertebraların büyüme sürecindeki şekil değişiklikleri CVMI tanımlamalarıyla tutarlı olsa da mandibular büyüme ile doğrudan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Mandibular büyümenin en çok kronolojik yaş ile ilişkilendirildiği, ancak CVMI evreleriyle belirgin bir korelasyon olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, kadınların mandibular büyüme sürecine erkeklerden daha erken ulaştığı görülmüş ve CVMI evrelerinin cinsiyete göre farklılık gösterebileceği sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda CVMI yöntemi yaş tahmini için kullanılmış ve yüksek doğrulukta sonuç alınmıştır ancak Gray ve ark.'nın bulguları, CVMI'nin büyüme tahmini açısından güvenilir olmayabileceğini ve yaş tahmininde bazı sınırlamalar gösterebileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, yaş tahmin modellerinde cinsiyetin bağımsız bir değişken olarak dikkate alınması gerektiği bu çalışmada da bir kez daha vurgulanmaktadır.

Uysal ve ark. 2006 yılında yaptığı çalışması(126), CVMI yöntemi ile yaş arasındaki ilişkiyi inceleyerek servikal vertebra maturasyonunun el-bilek yöntemi kadar güvenilir bir gösterge olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada, kronolojik yaş ile CVMI arasında r = 0,72 korelasyon bulunmuş ve el-bilek yöntemiyle bu ilişkinin daha güçlü olduğu (r = 0,79) belirtilmiştir. Bizim çalışmamız da CVMI'nın yaş tahmini üzerindeki etkisini doğrulamaktadır; ancak farklı olarak, doğrudan regresyon modelleri oluşturularak yaş tahminine yönelik açıklayıcılığı hesaplanmıştır. Modelimize göre, CVMI evresi her bir arttığında yaş ortalama 1,652 yıl artmakta, kadın cinsiyette yaş tahmini ortalama 1,196 yıl azalmaktadır ve kadınlarda R^2 = 81,3%, erkeklerde R^2 = 66,5% bulunmuştur. Uysal ve ark. çalışmasında cinsiyet bazlı ayrı regresyon analizi yapılmamış, ancak kadınların iskeletsel gelişim süreçlerinin daha erken tamamlandığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda ise bu fark istatistiksel olarak doğrulanmış ve

kadınlarda CVMI evrelerinin yaş tahmininde daha güvenilir olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, Uysal ve ark. (2006) çalışması, CVMI yönteminin el-bilek yöntemiyle uyumlu olduğunu vurgularken, bizim çalışmamız bu yöntemin doğrudan yaş tahmini için yüksek açıklayıcılık sağlayabileceğini ve özellikle kadınlar için daha güvenilir bir gösterge olabileceğini ortaya koymaktadır.

Wong ve ark. 2009 yılında yaptığı çalışması (127), CVMI yönteminin el-bilek radyografisi (HWM) ile yüksek korelasyon gösterdiğini (r = 0,952 erkekler, r = 0,941 kadınlar) ve pubertal büyüme döneminde güvenilir bir gösterge olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, çalışmada CVMI evrelerinin doğrudan yaş tahminindeki doğruluğu test edilmemiş ve regresyon modeli oluşturulmamıştır. Bizim çalışmamızda ise, CVMI kullanılarak yaş tahmini için doğrusal regresyon modeli geliştirilmiş ve yöntemin güvenilirliği Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ile değerlendirilmiştir. Genel modelde ICC = 0,901 bulunmuş, cinsiyetin modele eklenmesiyle ICC = 0,921'e yükselmiş, kadınlarda ICC = 0,926 ve erkeklerde ICC = 0,912 olarak hesaplanmıştır, bu da CVMI'nın yaş tahmininde cinsiyet bazlı farklılık gösterdiğini ve kadınlarda daha yüksek doğruluk sağladığını göstermektedir. Wong ve ark. çalışması, CVMI'nın yalnızca pubertal büyüme döneminde güvenilir olduğunu vurgularken, bizim çalışmamız bu yöntemin geniş yaş aralıklarında da güvenilir bir yaş tahmin aracı olarak kullanılabileceğini ve cinsiyet faktörünün dikkate alınmasının tahmin doğruluğunu artırdığını ortaya koymuştur.

Çalışmamızda elde edilen Vba oranına dayalı yaş tahmini sonuçları, literatürde yer alan Cameriere ve arkadaşlarının dördüncü servikal vertebra (C4) analizine dayalı yaş tahmin modeliyle (10) kıyaslandığında benzer eğilimler sergilemekte, ancak bazı farklılıklar içermektedir. Bulgularımız, erkeklerde Vba oranı ile yaş arasında r=0,659 ($p<0,0001$), kadınlarda ise r=0,784 ($p<0,0001$) düzeyinde anlamlı pozitif bir korelasyon bulunduğunu göstermektedir. Cameriere'nin çalışmasında ise erkeklerde r=0,78; kadınlarda ise r=0,89 değerleriyle daha yüksek korelasyonlar bulunmuştur. Bu durum, kadınlarda Vba oranının yaş tahmini için daha güçlü bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Cameriere'nin çalışmasında Bayesyen kalibrasyon yöntemi kullanılarak ortalama mutlak hata (MAE) erkeklerde 1,34 yıl, kadınlarda 1,01 yıl olarak hesaplanmış, tahmin edilen yaş değerleri ile gerçek yaşlar arasında yüksek düzeyde uyum sağlanmıştır. Çalışmamızda ise Vba oranına dayalı regresyon modeli ile yaş tahmini yapılmış ve modelin iç tutarlılığı ICC=0,820 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, MSE değerinin 2,38 olması, modelin hata oranının

Cameriere'nin çalışmasına kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, regresyon katsayıları incelendiğinde, erkeklerde tahmin edilen yaş = 3,338 + (Va/Vb x 12,962), kadınlarda ise tahmin edilen yaş = -1,424 + (Vba x 18,598) şeklinde hesaplanmıştır. Kadınlarda regresyon katsayısının daha yüksek olması, Vba oranının kadın bireylerde yaş tahmini açısından daha belirleyici bir faktör olduğunu desteklemektedir. Sonuç olarak, çalışmamızda elde edilen bulgular, Vba oranının yaş tahmininde kullanılabilecek güçlü bir prediktör olduğunu ortaya koymakla birlikte, hata oranlarını azaltmak ve tahminlerin doğruluğunu artırmak adına Bayesyen modelleme tekniklerinin kullanılması veya ek prediktör değişkenlerin modele dahil edilmesi önerilmektedir.

Çalışmamızda elde edilen Vba oranları, kadın bireylerde 0,495 ile 0,992 aralığında değişmiş ve ortalama 0,777 ± 0,101, erkek bireylerde ise 0,484 ile 0,959 aralığında olup ortalama 0,679 ± 0,111 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, Cameriere ve ark. tarafından 2023'te yapılan çalışmada (128) bildirilen Vba sınır değerleriyle karşılaştırıldığında genel olarak benzerlik göstermektedir. Söz konusu çalışmada, pubertal büyüme atılımının başlangıç noktası kadınlarda Vba1 = 0,658, erkeklerde Vba1 = 0,676 olarak; bitiş noktası ise kadınlarda Vba2 = 1,073, erkeklerde Vba2 = 0,966 olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada kadınların büyüme atılımına erkeklerden yaklaşık 4 ay önce girdiği ve 14 ay önce tamamladığı belirtilmiş; büyüme döneminin süresi kadınlarda 3,76 yıl, erkeklerde ise 1,71 yıl olarak rapor edilmiştir. Bu veriler, çalışmamızda gözlenen kadın bireylerdeki daha yüksek ortalama Vba oranı ve daha geniş varyasyonla da uyumludur. Cameriere ve ark., bu eşik değerleri ROC analizi ve logistik regresyon yöntemleriyle belirlemiş ve Vba oranını, yaşın ötesinde bir biyolojik gelişim belirteci olarak tanımlamıştır. Buna karşılık, çalışmamızda Vba yalnızca doğrusal regresyon modeli kapsamında değerlendirilmiş ve yaş tahmini amacıyla kullanılmış, eşik değer sınıflaması yapılmamıştır. Bu açıdan çalışmamız, Vba oranının yaş tahmini açısından kullanılabilirliğini göstermiş; ancak pubertal büyüme evrelerine duyarlılığı analiz edilmemiştir. Gelecek çalışmalarda, Vba oranına dayalı eşik değerlerin belirlenmesi ve çalışmamızda olduğu gibi CVMI evrelerinin analizlere entegre edilmesi, hem yaş tahmini doğruluğunu artıracak hem de bireyin iskeletsel olgunluk düzeyini daha kapsamlı biçimde değerlendirme olanağı sunacaktır. Bu sonuçlar, Vba oranının sadece pubertal büyüme sürecini takip etmek için değil, doğrudan yaş tahmini amacıyla da kullanılabilecek klinik bir gösterge olabileceğini desteklemektedir.

Çalışmamızda yaş tahmini amacıyla kullanılan Vba oranı, doğrudan ölçülen oranlar üzerinden doğrusal regresyon modelleri ile analiz edilmiştir. Kadın ve erkek bireyler için ayrı

ayrı oluşturulan modellerde yaşla Vba oranı arasında anlamlı ilişki bulunmuş; ortalama Vba değerleri kadınlarda 0,777 ± 0,101, erkeklerde ise 0,679 ± 0,111 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, Gülşahi ve ark. (129) tarafından Cameriere metodunun Türk popülasyonuna uygulanmasıyla elde edilen sonuçlarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Söz konusu çalışmada yaş tahmini için Normal Bayesyen Kalibrasyon (NBC) yöntemi kullanılmış; bireylerin Vba değerine karşılık gelen yaş dağılımları üzerinden olasılıksal tahminler yapılmıştır. Bu yöntemle elde edilen tahmin doğruluğu kadınlar için RMSE = 1,169, erkekler için RMSE = 1,138 olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda ise kadın bireylerde RMSE = 1,41, MSE = 1,98 bulunmuştur. Bu durum, Gülşahi ve ark. çalışmasında kullanılan Bayesyen modelin bireysel varyansı daha hassas biçimde modelleyebilmesiyle ilişkili olabilir. Yöntemsel olarak değerlendirildiğinde, çalışmamızda doğrusal regresyon modeli tercih edilerek deterministik bir yaklaşım benimsenmişken, Gülşahi ve ark. çalışmasında bireyin yaşı bir olasılık dağılımı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca Gülşahi ve ark. çalışmasında Vba artışının yaşa bağlı olarak yaklaşık 14 yaşa kadar sürdüğü, daha sonra plato çizdiği ifade edilmiştir. Aynı çalışmada, regresyon eğrileri incelendiğinde aynı Vba değerine sahip kadın bireylerin erkeklere kıyasla daha küçük yaşta oldukları görülmekte, bu da kadınların daha erken iskeletsel olgunlaşma gösterdiği bilgisini desteklemektedir. Çalışmamızda kadınların ortalama Vba değerinin daha yüksek çıkması ve yaşla olan ilişkisinin daha güçlü saptanması, bu gözlemleri doğrular niteliktedir. Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, Vba oranı yaş tahmininde etkili bir gösterge olup, kullanılan istatistiksel modelin seçimi (doğrusal vs. olasılıksal) ve cinsiyete özgü gelişim farkları sonuçların doğruluğu üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

Çalışmamızda, servikal vertebraların morfometrik değerlendirmesi kapsamında C4 vertebraya ait anterior (Va) ve posterior (Vb) yüksekliğin oranı olan Vba ile kronolojik yaş arasında anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Kadınlarda bu ilişki oldukça güçlü olup korelasyon katsayısı r = 0.784 ve belirleme katsayısı R^2 = 0,614 olarak bulunmuştur; bu da yaş değişkeninin yaklaşık %61,4'ünün yalnızca Vba oranı ile açıklanabildiğini göstermektedir. Erkeklerde ise korelasyon katsayısı r = 0,659 ve R^2 = 0,434 olup, ilişki anlamlı fakat daha zayıftır. Cinsiyetler arası fark anlamlı bulunmuş (p = 0.0001) ve kadınların ortalama Vba oranı (0,777 ± 0,101), erkeklere göre (0,679 ± 0,111) istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek saptanmıştır. Bu veriler, kadınlarda C4 vertebrasında yaşa bağlı morfolojik değişimlerin daha erken dönemde başladığını ve yaş tahmini açısından daha güçlü belirleyicilik taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, servikal vertebra morfometrisine dayalı yaş tahmininde cinsiyetin dikkate alınmasının

önemini vurgulamaktadır. Bulgularımız, Madiraju ve Almugla'nın yaptığı çalışmayla (130) karşılaştırıldığında dikkat çekici paralellikler ve farklılıklar göstermektedir. Madiraju ve Almugla'nın çalışmasında C4 vertebraya ait çok sayıda oranın kullanıldığı regresyon modeli ile yaş ve mandibular büyüme potansiyeli tahmin edilmiş; erkek bireylerde yaş ile kemik yaşı arasında çok güçlü bir ilişki ($r = 0,934$) saptanırken, kadınlarda bu ilişki zayıf ve istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($r = 0,254$; $p = 0,280$). Ayrıca, Suudi popülasyonundaki kadın bireylerin kemik yaşı, kronolojik yaşa kıyasla daha ileride veya geride seyrederken, erkek bireylerde bu uyum daha yüksek bulunmuştur. Her iki çalışmanın ortak noktası, C4 vertebranın yaş tahmini açısından kilit bir rol oynadığını ortaya koymasıdır. Bununla birlikte, bu çalışmada yalnızca C4 vertebraya ait tek bir oranın (Vba) dahi yüksek doğrulukla yaş tahmini sağlayabilmesi, özellikle kadın bireylerde servikal vertebra morfolojisinde yaşa bağlı değişimlerin daha erken ve belirgin biçimde ortaya çıktığını göstermektedir. Bu durum, erkeklerde daha geç iskeletsel olgunlaşma sürecinin gözlendiği bulgularla da örtüşmektedir.

Çalışmamızda yaş tahmini için kullanılan CVMI ve Cameriere yöntemleri hem morfolojik evreleme hem de oransal ölçüm açısından etkili sonuçlar vermiştir. Kadın bireylerde CVMI yöntemiyle yaşın %81,4'ü açıklanmış ($r = 0,902$, $R^2 = 0,814$, $RMSE = 0,89$), erkeklerde ise açıklayıcılık %66,6 düzeyinde kalmıştır ($r = 0,816$, $RMSE = 1,20$). Vba yöntemiyle, kadınlarda yaşın %61,4'ü ($r = 0,784$, $R^2 = 0,614$, $RMSE = 1,41$), erkeklerde ise %43,4'ü ($r = 0,659$, $RMSE = 1,36$) açıklanmıştır. Model uyumlarının güvenilirliği ICC değerleri ile desteklenmiş; kadınlarda CVMI için $ICC = 0,926$, Vba için $ICC = 0,899$ hesaplanmıştır. Bu veriler, CVMI yönteminin yaş tahmininde daha güçlü bir doğruluk ve tutarlılık sağladığını göstermektedir. Rhee ve ark. tarafından yapılan çalışmada bireylerin kemik yapılarına ait şekil verileri kullanılarak yaş tahmini yapılmıştır. Bunun için öncelikle her bireyde belirli anatomik noktaların (landmark) konumları alınmış, bu noktalar Genelleştirilmiş Prokrustes Analizi (GPA) ile hizalanarak tüm bireyler ortak bir referans düzleme oturtulmuştur. Ardından, şekiller arasındaki farklılıkları daha anlaşılır hale getirmek için Temel Bileşenler Analizi (PCA) uygulanmış ve her birey için şekli özetleyen sayısal skorlar (PC skorları) elde edilmiştir. Buna ek olarak, her bireyin kemik yapısının genel boyutunu temsil eden merkez boyutu (centroid size) hesaplanmıştır. Elde edilen bu skorlar ve boyut değerleri, yaş ve cinsiyet bilgileriyle birlikte regresyon modeline dahil edilerek hem kronolojik yaş hem de kemik olgunluk düzeyi tahmin edilmiştir. (131) Çalışmada sunulan modelde en yüksek varyans açıklayan değişkenin PC1 bileşeni olduğu rapor edilmiştir. Rhee ve ark. tarafından yürütülen çalışmada, yaşla en

yüksek korelasyonun C4 vertebranın merkez boyutu (centroid size) ile elde edildiği, ayrıca birinci temel bileşen (PC1) ile yaş arasında güçlü bir ilişki olduğu (r = 0,88) bildirilmiştir. Bu bulgu, bizim çalışmamızda C4 vertebraya odaklanarak yapılan morfometrik ölçümün Rhee ve ark'nın çalışmasındaki şekil temelli analizlerle uyumlu olduğunu ve anatomik olarak doğru bir referans noktasının seçildiğini desteklemektedir. Ayrıca PCA ile elde edilen komponentlerin yaşın %78'ini açıklayabildiği ifade edilmiştir. Bu oran, çalışmamızda CVMI ile elde edilen açıklayıcılık düzeyine oldukça yakındır (R^2 = 0,814). Ancak Rhee ve ark. çalışmasında hata metrikleri (RMSE, MAE) ve ICC gibi uyum ölçütleri verilmemiştir; bu da modellerin karşılaştırılabilirliğini kısmen sınırlamaktadır. Bu sayısal bulgular birlikte değerlendirildiğinde, CVMI yöntemi yaş tahmini açısından yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlarken; Cameriere yöntemi sürekli ve sayısal bir değerlendirme aracı olarak dikkat çekmektedir. Rhee ve ark.'nın şekil analizine dayalı modeli ise geometrik varyasyonu çok boyutlu biçimde modellemesi açısından gelişmiş bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak bu yöntem ileri görüntüleme tekniklerinden biri olan KIBT ile ortaya konmuştur. Bu teknik yazılım ve uzmanlık gerektirdiği ve daha yüksek radyasyon dozu içerdiği için klinik pratikte daha sınırlı bir kullanıma sahiptir. Buna karşılık çalışmamızda kullanılan yöntemler, özellikle C4 vertebranın hem şekilsel (CVMI) hem de ölçümsel (Vba) düzeyde değerlendirilmesi ile yaş tahmininde hem pratik hem de güvenilir yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkoz ve ark. tarafından 2017'de yapılan çalışmada (132) yaş tahmini amacıyla 324 bireyden elde edilen lateral sefalometrik radyografiler kullanılarak hem C3 hem de C4 vertebra gövde yükseklikleri ölçülmüş ve ridge regresyon yöntemiyle cinsiyete göre sabit terimi değişen, ancak ortak katsayılara sahip tek bir model geliştirilmiştir. Çalışmada, vertebral yaş tahmini ile el-bilek radyografileri üzerinden belirlenen referans yaş arasında yüksek düzeyde korelasyon saptanmış (kızlarda r = 0,825, erkeklerde r = 0,856) ve bu da vertebra temelli yöntemin el-bilek yöntemine alternatif olarak güvenle kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, C4 vertebral yüksekliği (C4_H), C3'e kıyasla daha yüksek korelasyon katsayısına (r = 0,796'ya karşı 0,777) ve daha büyük regresyon katsayısına (B = 0,468'e karşı B = 0,010) sahip bulunarak yaş tahmininde daha belirleyici bir parametre olarak öne çıkmıştır. Bizim çalışmamızda ise yalnızca C4 vertebranın anterior (Va) ve posterior (Vb) yüksekliklerinin oranı alınarak, bu sayısal parametre üzerinden kadın ve erkek bireyler için ayrı doğrusal regresyon modelleri geliştirilmiştir. Kadınlarda modelin açıklayıcılığı R^2 = 0,614, tahmin hatası RMSE = 1,68 yıl ve uyum katsayısı ICC = 0,835 iken; erkeklerde bu değerler sırasıyla R^2 = 0,434, RMSE = 1,36

yıl ve ICC = 0,823 olarak bulunmuştur. Türkoz ve ark.'nın hem C3 hem C4 ölçümüne dayalı ve daha karmaşık olan modeline kıyasla, yalnızca C4'e dayalı sade bir ölçüm ile benzer doğruluk düzeylerine ulaşılması dikkat çekicidir. Söz konusu çalışmada C4'ün C3'e göre az bir farkla daha başarılı bir gösterge olduğunun ortaya konması, bizim çalışmamızda C4'e odaklanmamızın gerekçesini desteklemiştir. Ayrıca, çalışmamızda cinsiyete özgü ayrı modeller kurulmuş ve biyolojik farklılıklar doğrudan modele entegre edilerek tahmin gücü artırılmıştır. Türkoz ve ark. çalışmasında olduğu gibi, bizim modelimiz de yalnızca sefalometrik görüntüler üzerinden geliştirildiğinden, el-bilek radyografisine duyulan gereksinimi ortadan kaldırmakta ve hastaların toplam radyasyon maruziyetini azaltmaktadır. Her ne kadar örneklem büyüklüğümüz Türköz ve ark.'nın örneklemine kıyasla daha sınırlı olsa da (n = 146), ulaşılan korelasyon, uyum ve hata düzeyleri, çalışmamızın yaş tahmini açısından hem pratik hem de güvenilir bir alternatif sunduğunu ortaya koymaktadır.

Utama ve ark. tarafından Endonezya popülasyonunda yapılan bir çalışmada (133) yaş tahmini amacıyla servikal vertebra (C3-C4) morfometrik ölçümleri ve birinci premolar dişlerde koronal pulpa/kron oranına (Tooth Coronal Index, TCI) dayalı iki farklı yöntem karşılaştırılmıştır. Çalışmada, 9–18 yaş aralığındaki 100 bireye ait lateral sefalometrik ve panoramik radyografiler kullanılarak, çoklu doğrusal regresyon analizi ile servikal vertebra yaş tahmin formülü geliştirilmiş; dental yaş ise TCI-Benindra yönteminde kullanılan doğrusal formül aracılığıyla hesaplanmıştır. Elde edilen yaş tahminleri, kronolojik yaş ile karşılaştırılarak her iki yöntemin doğruluk düzeyi değerlendirilmiştir. Bland-Altman analizi sonucunda, servikal vertebraların morfometrik ölçümlerinin kullanıldığı yaş tahmini ile kronolojik yaş arasındaki ortalama farkın 0,00 ± 1,34 yıl; dental yaş tahmini ile kronolojik yaş arasındaki farkın ise 0,094 ± 1,37 yıl olduğu bildirilmiştir. Ayrıca servikal vertebra ölçümlerine dayalı yaş tahmininin, dental yaş tahminine kıyasla daha düşük sapma ve daha yüksek uyum gösterdiği belirlenmiştir. Tek yönlü ANOVA analizinde yaş tahmin yöntemleri arasında anlamlı bir fark saptanmamışken, doğrulama grubunda (9–11 yaş arası 10 birey) yapılan unpaired t-testi sonucunda, servikal vertebra yöntemi ile tahmin edilen yaşların kronolojik yaşa daha yakın olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya konmuştur (p=0,002). Bizim çalışmamızda ise en yüksek açıklayıcılık CVMI yöntemiyle elde edilmiş olup, kadınlarda r = 0,902, R^2 = 0,814 ve RMSE = 1,18 yıl; erkeklerde ise r = 0,816, R^2 = 0,666 ve RMSE = 1,20 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, Utama ve arkadaşlarının çok sayıda vertebra ölçüm oranına dayalı çok değişkenli modelinde bildirilen R^2 = 0,789 değerine oldukça

yakın olmakla birlikte, özellikle kadın grubunda daha yüksek bulunmuştur. Üstelik bu düzeyde açıklayıcılığa yalnızca tek bir kategorik değişken olan CVMI evresiyle ulaşılmış olması, yöntemin klinik pratikteki uygulanabilirliğini ve gücünü desteklemektedir. Vba oranı ile oluşturulan tek değişkenli modellerde ise kadınlarda $R^2 = 0,614$ ve RMSE = 1,68 yıl; erkeklerde $R^2 = 0,434$ ve RMSE = 1,36 yıl olarak bulunmuş ve daha sınırlı bir açıklayıcılık sunmuştur. Ayrıca Utama ve ark.'nın çalışmasında yaş tahmininde en güçlü ilişkiyi sağlayan parametre olan ön yükseklik-anteroposterior uzunluk oranı dikkate alındığında, C4 vertebranın C3'e göre küçük fakat anlamlı bir üstünlük sağladığı anlaşılmaktadır. Bu bulgu, çalışmamızda ölçümlerin doğrudan C4 vertebra üzerinden yapılmasını metodolojik olarak desteklemekte ve yaş tahmini doğruluğunu artırma yönündeki tercihimizin bilimsel gerekçesini güçlendirmektedir. TCI yöntemi, yaşla ters yönlü güçlü bir ilişki sergilemiş; kadınlarda r = –0,831 ve RMSE = 1,41 yıl, erkeklerde r = –0,871 ve RMSE = 0,98 yıl olarak hesaplanmıştır. Utama ve arkadaşlarının çalışmasında TCI temelli model için bildirilen korelasyon katsayısı r = 0,80 ve $R^2 = 0,641$ olup, elde edilen doğruluk düzeyi bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir. Hata analizleri karşılaştırıldığında, bizim çalışmamızda RMSE doğrudan hesaplanmışken, Utama ve arkadaşlarının çalışmasında Bland-Altman analizi kullanılarak ortalama 1,34 yıllık sapma bildirilmiştir. Bu sapma değeri, bizim CVMI modelimizde elde edilen RMSE = 1,18 yıl değerine göre daha yüksek bulunmuş olup, sade ve tek değişkenli modellerin de oldukça yüksek doğruluk sağlayabileceğini göstermektedir. Utama ve arkadaşları çalışmada yöntemler arasında istatistiksel karşılaştırmalar gerçekleştirmiş; buna karşın bizim çalışmamızda yöntemler yalnızca kronolojik yaş ile bireysel olarak karşılaştırılmıştır. Bu yönüyle Utama ve arkadaşlarının çalışması metodolojik olarak üstünlük göstermektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda, farklı yöntemler arasında doğrudan istatistiksel karşılaştırmaların yapılması önerilmektedir. Utama ve arkadaşlarının çalışmasında yaş tahmin modelleri cinsiyet ayrımı yapılmaksızın geliştirilmişken, çalışmamızda kadın ve erkekler için ayrı modeller oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, biyolojik farklılıkların göz önünde bulundurulması sayesinde tahmin modellerimizin açıklayıcılığını ve klinik uygulanabilirliğini artırmıştır. Sonuç olarak, klinikte kolay uygulanabilirliği bulunan CVMI temelli modelimizin, Utama ve arkadaşlarının çalışmasında kullanılan çok değişkenli modellere benzer, hatta bazı parametrelerde daha üstün sonuçlar verdiği; Vba oranı ve TCI yöntemlerinin ise destekleyici veya alternatif tahmin araçları olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

1.1. Reshma Mohan ve ark. tarafından yürütülen çalışmada, 9–16 yaş aralığında yer alan 39 birey değerlendirilmiş ve bireylerin iskeletsel olgunluk düzeyleri, hem lateral sefalometrik radyografiler üzerinden CVMI yöntemiyle, hem de el-bilek radyografileri üzerinden modifiye MP3 yöntemiyle analiz edilmiştir (134). Kronolojik yaş ile iskeletsel yaş arasında CVMI için r = 0,398, MP3 yöntemi için r = 0,382 düzeyinde pozitif korelasyon saptanmış olup, her iki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,003$). CVMI temelli regresyon modeli CVMI = 0,59 × yaş – 2,063 şeklinde hesaplanmış ancak $R^2 = 0,348$ ile modelin yalnızca %34,8 oranında açıklayıcılığa sahip olduğu gösterilmiştir. Tahmin doğruluğu ve güvenilirliğe dair RMSE, ICC, F testi gibi metrikler ise bu çalışmada raporlanmamıştır. Buna karşılık bizim çalışmamızda, 146 bireyden oluşan daha geniş ve cinsiyete göre dengeli örneklem üzerinden, yalnızca rutin ortodontik süreçte elde edilen lateral sefalometrik görüntüler kullanılarak herhangi bir ek radyasyon gerekmeden CVMI ve cinsiyet değişkenleriyle yaş tahmini modelleri geliştirilmiştir. Kadınlarda r = 0,728, $R^2 = 0,531$, erkeklerde r = 0,741, $R^2 = 0,549$ düzeyinde güçlü korelasyonlar elde edilmiş; tüm örneklem için oluşturulan genel modelde ise r = 0,741, $R^2 = 0,549$ bulunmuştur. Bu oran, Reshma ve ark.'nın %34,8'lik açıklayıcılığına kıyasla %20'den fazla üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca, modelin istatistiksel anlamlılığı oldukça yüksektir ($F = 208,1$; $p < 0,0001$) ve tahmin doğruluğu RMSE = 1,18 yıl, güvenilirliği ise ICC = 0,921 gibi çok yüksek düzeyde raporlanmıştır. Bu bağlamda Reshma ve ark.'nın çalışması, CVMI'nin yaşla ilişkisini ortaya koyma yönüyle değerli olmakla birlikte, sınırlı örneklem büyüklüğü, cinsiyet ayrımı yapılmaksızın analiz yürütülmesi, düşük açıklayıcılık oranı ve ek radyografik gereksinimi gibi yönlerden kısıtlı kalmaktadır. Buna karşın bizim çalışmamız, daha yüksek korelasyon ve R^2 değerleri, düşük RMSE, yüksek ICC, güçlü F istatistiği ve sadece tek bir radyografi ile elde edilen sonuçları sayesinde hem istatistiksel hem de klinik açıdan daha güvenilir ve uygulanabilir bir yaş tahmini modeli sunmaktadır.

Woroprobosari ve ark. tarafından yürütülen çalışmada, 9–21 yaş aralığında yer alan 23 bireyin mandibular birinci premolar dişlerinin periapikal radyografileri kullanılarak TCI-Benindra yöntemi uygulanmıştır. (135) Söz konusu araştırmada yaş tahmininde ortalama fark 0,46 yıl olarak bildirilmiş ve bu değer yöntemin genel olarak yüksek doğruluk sunduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda ise RMSE (kök ortalama kare hata) değeri genel örneklem için 1,26 yıl, erkeklerde 0,98 yıl ve kadınlarda 1,41 yıl olarak hesaplanmıştır. RMSE

değerlerinin tamamı olası kabul edilen hata sınırları içerisinde kalmakta ve yöntemimizin pratik geçerliliğini desteklemektedir. Her iki çalışmada da yaş ile TCI arasında negatif bir ilişki olduğu vurgulanmakla birlikte, bizim çalışmamızda söz konusu ilişki istatistiksel olarak çok daha güçlü değerlerle desteklenmiştir. Pearson korelasyon katsayıları erkekler için -0,871, kadınlar için -0,831 ve genel örneklem için -0,845 olarak hesaplanmıştır. Woroprobosari ve ark.'ın çalışmasında korelasyon değerleri doğrudan rapor edilmemekle birlikte, genel bir negatif eğilimden söz edilmiştir. Cinsiyet temelli farklılıklar açısından da iki çalışma hem benzerlikler hem de ayrışmalar göstermektedir. Woroprobosari ve ark.'ın çalışmasında, kadınlarda ortalama yaş tahmin farkı 0,37 yıl iken erkeklerde bu fark 0,66 yıl olarak raporlanmış ve bu bulgu, kadın bireylerin yaşlarının daha doğru tahmin edildiğini göstermiştir. Buna karşılık, bizim çalışmamızda erkek grubuna ait RMSE (kök ortalama kare hata) değeri 0,98 yıl; kadın grubuna ait RMSE değeri ise 1,41 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durum bizim çalışmamızda yaş tahmininin erkek bireylerde kadın bireylere oranla daha isabetli yapıldığını ortaya koymaktadır. Tahminlerin hata miktarı Woroprobosari ve ark. çalışmasında daha azdır. Bu farklılığın çeşitli etkenlerden kaynaklanmış olması muhtemeldir. Özellikle, bizim çalışmamızda kullanılan örneklem büyüklüğünün daha geniş olması, görüntüleme yöntemi olarak periapikal radyografi yerine panoramik radyografilerin tercih edilmesi ve çalışmalarda değerlendirilen bireylerin farklı popülasyonlara ait olması gibi faktörler, bu farklılığa yol açan temel nedenler arasında yer alabilir. Ayrıca bizim çalışmamızda cinsiyete özel ayrı regresyon modelleri oluşturularak bu değişkenin yaş tahminine etkisini ayrıntılı şekilde değerlendirildi. Woroprobosari ve ark'ın çalışmasında ise cinsiyet değişkeni regresyona dahil edilmemiştir. Çalışmamızda yalnızca ortalama farklar değil; aynı zamanda regresyon katsayıları, açıklayıcılık düzeyleri (R), hata ölçütleri (MSE, RMSE), model güvenilirliği (ICC) ve otokorelasyon analizlerine kadar çok sayıda istatistiksel metrik detaylı olarak raporlanmıştır. Örneğin, genel model için ICC değeri 0,909 olup, bu değer yaş tahminlerinin gerçek yaşlarla yüksek düzeyde uyumlu olduğunu göstermektedir. İki çalışmada da örneklem grubundaki yaş aralığı aynı olmasına karşın; bizim çalışmamızda örneklem büyüklüğü çok daha fazladır.

Drusini tarafından yürütülen kapsamlı bir çalışmada, mandibular bölgedeki premolar ve molar dişler değerlendirilerek yaş tahmini için Tooth Coronal Index (TCI) yöntemi kullanılmıştır. (113) Çalışma, 433 bireye ait 846 diş üzerinden gerçekleştirilmiş olup, bu yönüyle oldukça geniş ve temsili bir örneklem büyüklüğüne sahiptir. Bu geniş örneklem sayesinde, elde edilen regresyon modellerinin istatistiksel gücü yüksek olup, farklı yaş grupları

ve diş tipleri için genel uygulanabilirliğe dair önemli sonuçlar sunmaktadır. Premolar dişlere odaklanan analizlerde, yaş ile TCI arasında güçlü negatif korelasyonlar tespit edilmiştir ($r \approx -0,89$), bu da TCI'nin yaş ilerledikçe sistematik olarak azaldığını göstermektedir. Ancak Drusini'nin yaş aralığını oldukça geniş tutması (9–76 yıl), modelin standart hata oranlarını da artırmıştır. Premolar dişler için hesaplanan standart hata değeri ±6,47 yıl olup, bu durum geniş yaş dağılımının model hassasiyetini olumsuz etkileyebileceğini düşündürmektedir. Buna rağmen çalışmanın farklı diş tipleri üzerinde çoklu analiz yapması, yöntemin genel uygulanabilirliği açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Bizim çalışmamız ise daha sınırlı bir yaş aralığında ve tek bir dişte yürütülmüştür. Yalnızca mandibular birinci premolar dişler incelenmiş ve yaş grubu 9–21 yıl ile sınırlandırılmıştır. Bu daha dar yaş aralığı, modelin tahmin doğruluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Nitekim genel örneklem için RMSE değeri 1,26 yıl, erkek grubunda 0,98 yıl, kadın grubunda ise 1,41 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yaş ile TCI arasındaki korelasyon da oldukça güçlüdür (genel: $r = -0,845$, erkek: $r = -0,871$, kadın: $r = -0,831$), bu da TCI değerlerinin yaş tahmininde kullanımının genç yaşlarda daha güvenilir olduğunu vurgulamaktadır. Regresyon modelleri karşılaştırıldığında da önemli farklar göze çarpmaktadır. Drusini'nin premolar için önerdiği formülün eğimi ($B \approx -1,46$), bizim çalışmamızdaki eğimlerden (genel $B = -0,685$, erkek $B = -0,617$, kadın $B = -0,729$) belirgin şekilde daha dik olup, bu durum yine yaş aralığının genişliği ile ilişkilendirilebilir. Geniş yaş aralıklarında TCI'daki her bir birim değişim, yaş üzerinde daha büyük farklar yaratırken; ergenlik dönemindeki değişim hızı daha düşük, daha lineer ve daha kontrollüdür. Bu bağlamda, bizim modelimiz genç bireylerde TCI'nin yaş tahminindeki duyarlılığını daha gerçekçi ve istikrarlı biçimde yansıtmaktadır. Ayrıca, Drusini'nin çalışmasında cinsiyet farklılıklarına ilişkin ayrı formüller sunulsa da cinsiyetin model performansına etkisi sınırlı bulunmuştur. Oysa bizim çalışmamızda hem cinsiyete özel modeller oluşturulmuş hem de erkek grubunun tahmin doğruluğunun kadınlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu da yaş grubu daraldığında cinsiyetin daha belirgin bir değişken haline gelebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, Drusini'nin çalışması TCI yönteminin geniş yaş gruplarında ve birden fazla dişte uygulanabilirliğini göstermesi bakımından oldukça değerlidir. Drusini'nin çalışması; sahip olduğu yüksek örneklem sayısı, geniş yaş aralığı ve farklı diş türlerinin birlikte incelenmiş olması sayesinde, TCI yönteminin genel geçer bir yaş tahmin aracı olarak kullanılabileceğini gösteren önemli bir kaynaktır. Bizim çalışmamız ise mandibular birinci premolar diş ve dar bir

yaş aralığına odaklanarak, TCI yönteminin spesifik yaş gruplarında ne kadar başarılı bir şekilde uygulanabileceğini ortaya koymuştur.

Koranne ve ark.'ın 2017'de yaptığı çalışmada 20-59 yaş aralığında yer alan bireylerde ikinci premolar ve birinci molar dişlere ait Tooth Coronal Index (TCI) değerleri yaş gruplarına ve cinsiyete göre incelenmiştir (136). Kadınlarda, premolar dişlerin TCI ortalaması 41,14 ± 10,98, erkeklerde ise 40,29 ± 11,45 olarak bulunmuş; molar dişlerin TCI ortalaması ise kadınlarda 40,29 ± 12,21, erkeklerde ise 39,12 ± 12,77 olarak hesaplanmış olup, her iki diş tipi için de kadınların TCI ortalamalarının erkeklere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise yetişkin bireyler yerine 9-20 yaş aralığındaki büyüme ve gelişimi devam eden bireylerde birinci premolar dişlere ait TCI değerleri hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda erkeklerin ortalama TCI değeri 37,92 ± 2,79, kadınların ise 36,66 ± 2,86 olarak bulunmuş olup, Koranne ve ark.'nın çalışmasının aksine erkeklerin ortalama TCI değerinin kadınlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda elde edilen toplam korelasyon katsayısı (r = -0.845), Koranne ve ark. tarafından yapılan çalışmada premolarlar için bulunan korelasyon katsayısı (r = -0.865) ve molarlardaki korelasyon katsayısı (r = -0.850) ile benzer bir eğilim göstermektedir. Her iki çalışma da yaş ile TCI arasında güçlü ve negatif bir ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda, yaş değişkeni cinsiyet ve TCI ile modellenmiş olup, cinsiyetin yaş üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır. TCI'nin ise yaş üzerinde güçlü ve negatif bir etkisi olduğu görülmüştür (B = -0,685). Modelin açıklayıcılığı oldukça yüksek olup, R = 0,711 olarak bulunmuştur ve hata oranı kabul edilebilir düzeydedir (MSE = 1,590). Durbin-Watson istatistiği, hata terimlerinde otokorelasyon olmadığını göstermektedir. Koranne ve Ark.'nın çalışmalarında ise yalnızca TCI değişkeni ile yaş arasındaki ilişki incelenmiştir. Premolarlar için $R^2 = 0,748$, molarlar için ise $R^2 = 0,730$ olarak bulunmuş, bu da modelin yüksek bir açıklayıcılığa sahip olduğunu göstermektedir. Regresyon denklemleri, premolarlar için her 1 birimlik TCI artışının yaşta 0,966 birimlik bir azalma, molarlarda ise 0,880 birimlik bir azalma ile sonuçlandığını ortaya koymuştur. Her iki çalışmada da TCI ile yaş arasındaki negatif ilişki belirgin şekilde güçlüdür ve modellerin doğruluğu oldukça yüksektir. Sonuç olarak, bizim çalışmamızda cinsiyetin TCI değeriyle hesaplanan yaş üzerindeki etkisi anlamlı bulunmazken, Koranne ve ark. çalışmasında cinsiyetin yaş ile ilişkisi incelenmemiştir. Koranne ve ark. çalışması gibi birçok literatür çalışmasından (113,137) farklı olarak bizim çalışmamız henüz gelişimini tamamlamamış bireylerde kök ucunun açık-kapalı

olma durumuna bakmaksızın TCI değerleri ile yaş tahmini yaparak yeni bir bakış kazandırmıştır.

Talabani ve ark. tarafından 2015'te yürütülen, 20-59 yaş aralığında 96 birey üzerinde alt birinci molar dişte gerçekleştirilen çalışmada yaş ile TCI arasında anlamlı bir negatif korelasyon bildirilmiş, ancak cinsiyet ayrımı yapılmamıştır (138). Regresyon analizinde elde edilen r^2 = 0,49, TCI'nin yaşın %49'unu açıkladığını göstermektedir. Talabani ve arkadaşlarının oluşturduğu regresyon modeli şu şekildedir: "Tahmini yas=3,78−(0,064×TCI)" Bu modele göre, TCI'deki her bir birimlik artış, yaşta yaklaşık 0,064 yıllık bir azalma ile sonuçlanmaktadır. Bu da TCI'nin yaşla negatif yönlü bir ilişki içinde olduğunu, ancak değişkenin etkisinin görece daha düşük bir katsayı ile ifade edildiğini göstermektedir. Regresyon analizine ait r^2 değeri 0,49 olarak raporlanmıştır. Bu katsayı, TCI'nin yaş değişkeninin %49'unu açıkladığını göstermektedir. Ancak söz konusu çalışmada korelasyon katsayısı (r) açık şekilde sunulmamış, yalnızca regresyonun açıklayıcılık düzeyi (r^2) paylaşılmıştır. Bu durum, ilişkinin varlığını göstermekle birlikte, ilişkinin yönü ve şiddeti hakkında tam bilgi vermemektedir. Buna karşılık, bizim çalışmamızda birinci premolar dişler kullanılmış; korelasyon katsayıları doğrudan hesaplanmış ve detaylı şekilde raporlanmıştır. Bu sayede TCI ile yaş arasındaki ilişkinin yalnızca varlığı değil, gücü ve doğrultusu da açıkça ortaya konmuştur. Bizim çalışmamızda elde edilen regresyon modeli ise: "Tahmini yaş = 38,092 + (0,022×Cinsiyet) − (0,685×TCI)" şeklinde olup, modelin genel uyumu yüksek düzeyde bulunmuştur ($R = 0,711$, $F = 179,1$, $p < 0,001$). Regresyon katsayısı açısından, TCI'nin yaş üzerinde güçlü ve anlamlı bir negatif etkisi olduğu belirlenmiştir ($B = -0,685$, $t = -18,471$, $p < 0,001$). Bu, TCI'deki her bir birimlik artışın yaşta yaklaşık 0,685 yıllık bir azalma ile sonuçlandığını göstermektedir. Öte yandan, cinsiyet değişkeni modele dahil edilmesine rağmen yaş üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($B = 0,022$, $p = 0,921$). Bu durum, yaş tahmininde TCI'nin etkisinin cinsiyetten bağımsız olarak sürdüğünü ve güçlü bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak hem korelasyon katsayılarının düzeyi hem de regresyon modelinin açıklayıcılık gücü açısından değerlendirildiğinde, bu çalışmanın bulgularının Talabani ve ark. çalışmasına kıyasla daha yüksek tutarlılık ve istatistiksel güç sergilediği görülmektedir. Bizim çalışmamızda yaş tahmini, 9–20 yaş aralığındaki bireyler üzerinde gerçekleştirilmiş olup, bu yaş grubu henüz büyüme ve gelişim sürecini tamamlamamış bireyleri kapsamaktadır. Bu yönüyle, örneklemini 20–59 yaş aralığındaki bireylerden oluşturan Talabani ve ark. çalışmasından önemli bir metodolojik farkla ayrılmakta ve literatüre erken yaş dönemine yönelik farklı bir perspektif sunmaktadır. Ayrıca,

cinsiyet değişkeninin bağımsız bir değişken olarak modele dahil edilmesi, yaş ile TCI arasındaki ilişkinin daha ayrıntılı biçimde ortaya konmasına olanak sağlamış ve elde edilen bulguların güvenilirliğini artırmıştır. Bu bağlamda, çalışmamız yalnızca yaş grubu açısından değil, aynı zamanda analiz düzeyi ve yöntemsel yaklaşım bakımından da mevcut literatüre kapsamlı ve derinlikli bir katkı sunmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, daha geniş örneklem gruplarıyla ve yaş gruplarına ayrılmış biçimde, kullanılan yöntemlerin istatistiksel olarak karşılaştırıldığı, mevcut çalışmamızdakilerden farklı ve daha çeşitli analiz tekniklerinin uygulandığı araştırmaların gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır.

6. SONUÇLAR

Tüm bulgular değerlendirildiğinde, çalışmamız hem iskeletsel gelişimini henüz tamamlamamış hem de büyüme ve gelişimini bitirmiş bireylerde, CVMI, Vba ve TCI yöntemlerini bir arada kullanarak literatüre özgün ve derinlikli bir katkı sunmuştur.

CVMI yönteminin çoğu çalışmada el-bilek filmleriyle karşılaştırıldığı bilinmektedir; oysa bu çalışmada CVMI ile doğrudan regresyon modelleri kurularak yaş tahmini yapılmış ve oldukça yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, mevcut literatürden önemli ölçüde ayrılmaktadır. Ancak evre 1 ve evre 6'daki birey sayılarının azlığı, bu evrelerdeki tahminlerin güvenilirliğini sınırlamıştır. Evre 1'in azlığı, Türk popülasyonunda ortodontik başvuruların geç yaşta yapılmasıyla; evre 6'nın azlığı ise büyüme ve gelişim tamamlandıktan sonra üniversite hastanelerine başvuruların azalmasıyla açıklanabilir. Gelecekte daha geniş örneklemlerle, yaş gruplarına göre dengelenmiş çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Cameriere yönteminin kullanımıyla, C4 vertebranın maturasyonun belirlenmesindeki önemi vurgulanmış ve bu yöntemin uygulandığı sınırlı sayıdaki çalışma bulguları desteklenmiştir. Literatürde nadir görülen bir yaklaşımla, klinik pratikte yaygın olarak kullanılan CVMI yöntemiyle aynı örneklem grubunda değerlendirme yapılmış; CVMI yöntemi kadar yüksek doğruluk sağlamasa da C4 ölçümlerine dayalı modelin orta-yüksek düzeyde açıklayıcılığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca C4 vertebrada sadece anterior ve posterior yükseklik ölçümleriyle sınırlı kalınmayarak; vertebral gövde uzunluğu, yatay genişlik gibi alternatif morfometrik parametrelerin de değerlendirildiği bazı çalışmalarda bu ölçümlerin de yaş tahmininde değerli katkılar sağlayabileceği ortaya konmuştur. Bu bağlamda, ileride daha geniş örneklem gruplarıyla C4 vertebranın çok boyutlu morfolojik analizinin yapılması ve farklı ölçümlerle modellerin zenginleştirilmesi önerilmektedir.

TCI-Benindra yöntemi açısından literatürde, genellikle yetişkin bireylerde ve sınırlı yaş gruplarında uygulanan çalışmalar mevcuttur; geniş yaş aralığına sahip örneklem sayısı oldukça yetersizdir. Bizim çalışmamızda ise, 9-21 yaş arası bireylerde birinci premolar üzerinden yapılan ölçümlerle, yöntemin yalnızca sekonder dentin birikimiyle açıklanamayacak kadar kompleks bir yapıya sahip olduğu ortaya konmuştur. Premolar dişlerin sürme süreci genellikle 10-11 yaşlarında tamamlanmakta, kök gelişimi ve apeks kapanması ise 12-13 yaş civarında

gerçekleşmektedir (25,27,28). Bu nedenle, 9 yaşından itibaren uygulanan ölçümler hem sürme evresindeki hem de kök ucu kapanmış bireyleri içermektedir. Elde edilen yüksek doğruluk düzeyi, yalnızca sekonder dentin birikimine değil; aynı zamanda pulpa odasının gelişimsel dinamiklerine ve belki de bireysel biyolojik farklılıklara da bağlı bir yaş tahmini süreci olduğunu göstermektedir. Bu yönüyle, TCI-Benindra yönteminin daha erken yaş gruplarında da güvenilir şekilde uygulanabileceğine dair güçlü kanıtlar sunulmuştur.

Çalışmamızda kullanılan tüm yöntemlerle cinsiyet değişkeni hem kombine hem de ayrı modellerde analiz edilerek, kadın ve erkek bireylerin yaş tahminine olan etkisi detaylı biçimde ortaya konmuştur. Pearson korelasyonu, doğrusal regresyon modelleri, ICC gibi uyum istatistikleri ve MSE gibi hata metrikleriyle elde edilen sonuçlar; yöntemlerin güvenilirliğini güçlendirmiş ve literatürdeki benzer çalışmalardan daha doğruya yakın sonuçlar sunmuştur. Ayrıca kadın bireylerin erkeklere kıyasla daha erken olgunlaştığına dair literatürde sıkça vurgulanan bilgi, bu çalışmanın verileriyle de desteklenmiştir. Tüm bu yönleriyle çalışmamız, adli yaş tayininde kullanılan yöntemlere hem bilimsel hem de klinik uygulamaya yönelik güçlü bir katkı sunmaktadır.

7. KAYNAKÇA

1. Baransel Isır, A., & Dülger, H. E. (2007). 1998-2005 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalında raporlandırılan yaş tayini olgularının irdelenmesi. *Türkiye Klinikleri Adli Tıp Dergisi*, 4(1), 1-6.

2. Kringsholm, B., Jakobsen, J., Sejrsen, B., & Gregersen, M. (2001). Unidentified bodies/skulls found in Danish waters in the period 1992–1996. *Forensic Science International*, 123(2-3), 150-158.

3. Panchbhai AS. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. Vol. 40, *Dentomaxillofacial Radiology*. 2011. p. 199–212.

4. Swift B, Rutty GN. Forensic web watch. *Journal of Clinical Forensic Medicine* 2001;8(4):231–3.

5. Schmeling, A., Reisinger, W., Geserick, G., & Olze, A. (2008). Forensic age estimation of live adolescents and young adults. *Forensic Pathology Reviews*, 269-288.

6. Miltenburg Caspersen L, Sonnesen L. Secular trend of the skeletal maturation in relation to peak height velocity-a comparison between two groups of children born 1969-1973 and 1996-2000. Vol. 42, *European Journal of Orthodontics*. Oxford University Press; 2020. p. 612–8.

7. Mellion ZJ, Behrents RG, Johnston LE. The pattern of facial skeletal growth and its relationship to various common indexes of maturation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;143(6):845–54.

8. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminers in Orthodontics.* 2005 Sep;11(3):119–29.

9. Hassel, B., & Farman, A. G. (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 107(1), 58-66.

10. Cameriere R, Giuliodori A, Zampi M, Galić I, Cingolani M, Pagliara F, et al. Age estimation in children and young adolescents for forensic purposes using fourth cervical vertebra (C4). *International Journal of Legal Medicine* 2015 Mar 1;129(2):347–55.

11. Benindra Nehemia. Prakiraan usia berdasarkan metode TCI dan studi analisis histologis ruang pulpa pada usia 9-21 tahun = Age estimation based on TCI method and histologycal analysis study of pulp chamber on 9-21 years old. (Doctoral Thesis) Program Pascasarjana Universitas Indonesia; 2012

12. Gilsanz V, Ratib O. *Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity*. Basel: Springer; 2012.

13. Başaran G, Özer T, Hamamci N. Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2007 Apr 1;131(4):447.e13-447.e20.

14. Huda TFJ, Bowman JE. Age determination from dental microstructure in juveniles. *American Journal of Physical Anthropology*. 1995;97(2):135–50.

15. Fernández-Iglesias Á, Fuente R, Gil-Peña H, Alonso-Durán L, Santos F, López JM. The formation of the epiphyseal bone plate occurs via combined endochondral and intramembranous-like ossification. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021 Jan 18;22(2):900.

16. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod*ontics 1967 Apr;37(2):134–43.

17. Akay, G., Atak, N., & Güngör, K. (2018). Adli dişhekimliğinde dişler kullanılarak yapılan yaş tayini yöntemleri. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, *39*(2), 73-82.

18. Demirjian, A., & Goldstein, H. (1976). New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Annals of human biology*, 3(5), 411-421.

19. Solheim T, Sundnes PK. Dental age estimation of Norwegian adults - A comparison of different methods. *Forensic Sci Int.* 1980;16(1):7–17.

20. Kvaal, S. I., Kolltveit, K. M., Thomsen, I. O., & Solheim, T. (1995). Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International*, 74(3), 175-185.

21. Jernvall, J., & Thesleff, I. (2012). Tooth shape formation and tooth renewal: evolving with the same signals. *Development*, 139(19), 3487-3497.

22. Miletich, I., & Sharpe, P. T. (2003). Normal and abnormal dental development. *Human Molecular Genetics*, 12(suppl_1), R69-R73.

23. Biggerstaff, R. H. (1977). Forensic dentistry and the human dentition in individual age estimations. *Dental Clinics of North America*, 21(1), 167-174.

24. Aslan Y., Anıl N. *Diş anatomisi fizyolojisi ve oklüzyona giriş.* Ankara; 1998.

25. Van Rensburg BGJ. *Oral biology*. Chicago; 1995.

26. AlQahtani, S. J., Hector, M. P., & Liversidge, H. M. (2010). Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology*, 142(3), 481-490.

27. Sicher, Harry. *Orban's oral histology and embryology.* 1967.

28. Masthan K. *Textbook of human oral embryology, anatomy, physiology, histology and tooth*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2010.

29. Nowak AJ, Christensen JR, Mabry TR, Townsend JA, Wells MH, editors. *Pediatric Dentistry*. St. Louis: Elsevier Health Sciences; 2018.

30. Almonaitiene R, Balciuniene I, Tutkuviene J. Factors influencing permanent teeth eruption. Part one: general factors. *Stomatologija*. 2010;12(3):67–72.

31. Jain, P., & Rathee, M. (2023). *Anatomy, head and neck, tooth eruption*. In StatPearls Publishing.

32. Wise, G. E., Frazier-Bowers, S., & D'souza, R. N. (2002). Cellular, molecular, and genetic determinants of tooth eruption. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13(4), 323-335.

33. Mosqueyra VMV, Meléndez MTE, Flores FH. Presence of the fourth molar: literature review. Revista Odontológica Mexicana. 2018;22(2):104–118.

34. Molnar, S., Barrett, M. J., Brian, L., Brace, C. L., Brose, D. S., Dewey, J. R., ... & Wright, G. A. (1972). Tooth wear and culture: A survey of tooth functions among some prehistoric populations [and comments and reply]. *Current Anthropology,* 13(5), 511-526.

35. Bhussry BR. Chemical and Physical Studies of Enamel from Human Teeth. *J Dent Res*. 1958 Nov 1;37(6):1045–53.

36. Romans, M. (1966). Mineralization patterns of dentin of human teeth. *Journal of Dental Research*, 45(1), 27-31.

37. Smith, A. J. (2002). Pulpal responses to caries and dental repair. *Caries Research*, 36(4), 223-232.

38. Ketterl, W. (1983). Age-induced changes in the teeth and their attachment apparatus. *International Dental Journal*, 33(3), 262-271.

39. Solheim, T. (1998). Degeneration in dental hard tissues and pulp. In Dental Anthropology: Fundamentals, Limits and Prospects (pp. 469-478). *Vienna: Springer Vienna*.

40. Oi, T., Saka, H., & Ide, Y. (2004). Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. International *Endodontic Journal*, 37(1), 46-51.

41. Nitzan, D. W., Michaeli, Y., Weinreb, M., & Azaz, B. (1986). The effect of aging on tooth morphology: a study on impacted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 61(1), 54-60.

42. Philippas, G. G. (1961). Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. *Journal of Dental Research*, 40(6), 1186-1198.

43. Zach L. *The oral cavity. Clinical geriatry*. 1979;619–37.

44. Solheim, T. (1990). Dental cementum apposition as an indicator of age. *European Journal of Oral Sciences,* 98(6), 510-519.

45. Azaz, B., Michaeli, Y., & Nitzan, D. (1977). Aging of tissues of the roots of nonfunctional human teeth (impacted canines). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 43(4), 572-578.

46. Bernick, S. (1967). Age changes in the blood supply to human teeth. *Journal of Dental Research*, 46(3), 544-550.

47. Hillmann, G., & Geurtsen, W. (1997). Light-microscopical investigation of the distribution of extracellular matrix molecules and calcifications in human dental pulps of various ages. *Cell and Tissue Research*, 289, 145-154.

48. Murthy, K. K., Srinivas, C. N., Kumar, C. V., & Krishnaveni, M. (2012). Assessment of skeletal and dental maturity levels for a given chronological age among Indian children. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 13(3), 310-315.

49. Günen Yılmaz, S., Harorlı, A., Kılıç, M., & Bayrakdar, İ. Ş. (2019). Evaluation of the relationship between the Demirjian and Nolla methods and the pubertal growth spurt stage predicted by skeletal maturation indicators in Turkish children aged 10–15: investigation study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(2), 107-113.

50. Demirkıran, D. S., Çelikel, A., Zeren, C., & Arslan, M. M. (2014). Yaş tespitinde kullanılan yöntemler. *Dicle Medical Journal/Dicle Tıp Dergisi*, 41(1).

51. Takasaki, T., Tsuji, A., Ikeda, N., & Ohishi, M. (2003). Age estimation in dental pulp DNA based on human telomere shortening. *International Journal of Legal Medicine,* 117, 232-234.

52. Buchholz BA, Spalding KL. Year of birth determination using radiocarbon dating of dental enamel. *Surf Interface Anal*. 2010;42(5):398–401.

53. Helfman, P. M., & Bada, J. L. (1975). Aspartic acid racemization in tooth enamel from living humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 72(8), 2891-2894.

54. Afşin H. *Adli diş hekimliği*. Adli Tıp Kurumu Yayınları; 2004.

55. Gustafson, G. (1950). Age determinations on teeth. The Journal of the *American Dental Association*, 41(1), 45-54.

56. Yavuzyılmaz H. *Diş morfolojisi fizyolojisi ve oklüzyon*. 2007.

57. Harorlı A. *Adli diş hekimliği*. 2006.

58. Sharma, R., & Srivastava, A. (2010). Radiographic evaluation of dental age of adults using Kvaal′ s method. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 2(1), 22-26.

59. Miles, A. E. W. (1963). The dentition in the assessment of individual age in skeletal material. *Dental Anthropology*, 191-209.

60. Chamorro-Petronacci C. Dental methods for age corpses identification. *J Forensic Sci Crim Inves*. 2017

61. Yılmaztürk, S. S., Yarbaşı, Ö., & Bozdemir, E. (2020). Bir diş hekimliği fakültesine başvuran hastaların radyasyonun zararları ve biyolojik etkileri hakkındaki bilgi düzeylerinin değerlendirilmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 2(1), 1-8.60.

62. Kök H, İzgi MS. *Kemik yaşı ve maturasyon tespiti*. 2020;

63. Harorlı A. *Ağız diş ve dene radyolojisi*. İstanbul; 2014.

64. Welander, U., & Wickman, G. (1977). Blurring and layer thickness in narrow beam rotation radiography. *Acta Radiologica. Diagnosis*, 18(6), 705-714.

65. Harorlı A, Akgül M, Yılmaz B, Bilge O, Dağıstan S, Çakur B. *Görüntüleme yöntemleri. In: Ağız diş çene radyolojisi*. Erzurum: Nobel Tıp Kitabevleri; 2014.

66. Özcan İ. *Diş hekimliğinde radyolojinin esasları konvansiyonelden dijitale*. İstanbul: İstanbul Medikal Sağlık ve Yayıncılık; 2017. 166–178 p.

67. White S, Pharoah M. *Oral radiology: principles and interpretation*. 2013

68. AlBarakati SF, Kula KS, Ghoneima AA. The reliability and reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of conventional and digital methods. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2012 Jan 1

69. Devereux L, Moles D, Cunningham SJ, McKnight M. How important are lateral cephalometric radiographs in orthodontic treatment planning? *American Journal Of Orthodontics And Dentofacial Orthopedics.* 2011 Feb 1;139(2):e175–81.

70. Nijkamp, P. G., Habets, L. L., Aartman, I. H., & Zentner, A. (2008). The influence of cephalometrics on orthodontic treatment planning. *The European Journal Of Orthodontics*, 30(6), 630-635.

71. Atchison, K. A., Luke, L. S., & White, S. C. (1991). Contribution of pretreatment radiographs to orthodontists' decision making. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 71(2), 238-245.

72. Pamukçu U, Toraman Alkurt M, Peker İ. Artefacts in lateral cephalometric radiography. *Yeditepe Dental Journal*. 2019;15(2):159–65.

73. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist* 1959.

74. Sontag, L. W., Snell, D., & Anderson, M. (1939). Rate of appearance of ossification centers from birth to the age of five years. *American Journal Of Diseases Of Children,* 58(5), 949-956.

75. Aboudara, C. A., Hatcher, D., Nielsen, I. L., & Miller, A. (2003). A three-dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 6, 173-175.

76. Mah, J. K., Danforth, R. A., Bumann, A., & Hatcher, D. (2003). Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(4), 508-513.

77. Sukovic, P. (2003). Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 6, 31-36.

78. Görgen, V. A., Güler, Ç., & Kızılcı, E. (2014). Diş hekimliğinde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT). *Annals of Health Sciences Research*, 3(2), 36-40.

79. Pekdemir TN. *El-bilek ve panoramik radyografik verilerle farklı yaş tayini metotları kullanılarak elde edilen tahmini yaşın kronolojik yaşla karşılaştırılması* (Uzmanlık Tezi) 2020.

80. Fishman, L. S. (1982). Radiographic evaluation of skeletal maturation: a clinically oriented method based on hand-wrist films. *The Angle Orthodontist*, 52(2), 88-112.

81. Oflaz, M. U., & Görgülü, S. (2017). Ortodontide büyüme ve gelişimin değerlendirilmesi ve önemi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 8(2), 1571-1580.

82. Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Ross, L. M., & Lamperti, E. D. (2014). *Thieme atlas of anatomy: general anatomy and musculoskeletal system*. Thieme Medical Publishers, Incorporated.

83. Snell R. *Clinical anatomy for medical students*. Lippincott Williams&Wikkins; 2000.

84. Pansky B, Gest T. *Lippincott's concise illustrated anatomy: back, upper limb & lower limb*. In 2011.

85. Standring S. In: Standring S, editor. *Gray's anatomy*. 40th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2008. p. 716–722.

86. Gray H. *Anatomy of the human body*. 1878.

87. Naderi, S., Çakmakçı, H., Acar, F., Arman, C., Mertol, T., & Arda, M. N. (2003). Anatomical and computed tomographic analysis of C1 vertebra. *Clinical Neurology And Neurosurgery*, 105(4), 245-248.

88. Hellsing, E. (1991). Cervical vertebral dimensions in 8-, 11-, and 15-year-old children. *Acta Odontologica Scandinavica*, 49(4), 207-213.

89. Lamparski, D. (1972). *Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae* (Master of Science Thesis). University of Pittsburgh.

90. Matsui, R. H., Castilho, J. C. D. M., Moraes, L. C. D., Gomes, M. F., Faltin Júnior, K., & Matsui, M. Y. (2013). Anatomical evaluation of the cervical vertebrae of Wistar rats by means of digital radiographs and its correlation with the maturation stages of human cervical vertebrae. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18, 82-88.

91. Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara Jr, J. A. (2002). An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *The Angle Orthodontist*, 72(4), 316-323.

92. Mito, T., Sato, K., & Mitani, H. (2002). Cervical vertebral bone age in girls. *American Journal Of Orthodontics And Dentofacial Orthopedics*, 122(4), 380-385.

93. Massler, M., Schour, I., & Poncher, H. G. (1941). Developmental pattern of the child as reflected in the calcification pattern of the teeth. *American Journal of Diseases of Children*, 62(1), 33-67.

94. George, G. J., Chatra, L., Shenoy, P., Veena, K. M., Prabhu, R. V., & Kumar, L. V. (2018). Age determination by schour and massler method: A forensic study. *International Journal of Forensic Odontology*, *3*(1), 36.

95. AlQahtani, S. J., Hector, M. P., & Liversidge, H. M. (2014). Accuracy of dental age estimation charts: Schour and Massler, Ubelaker and the London Atlas. *American Journal Of Physical Anthropology*, 154(1), 70-78.

96. Vidisdottir, S. R., & Richter, S. (2015). Age estimation by dental developmental stages in children and adolescents in Iceland. *Forensic Science İnternational*, 257, 518-e1.

97. Ubelaker, D. H., & Grant, L. G. (1989). Human skeletal remains: Preservation or reburial?. *American Journal Of Physical Anthropology*, 32(S10), 249-287.

98. Smith, E. L. (2005). *A test of ubelaker's method of estimating subadult age from the dentition* (Doctoral dissertation, University of Indianapolis).

99. AlQahtani, S. J., Hector, M. P., & Liversidge, H. M. (2010). Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal Of Physical Anthropology*, 142(3), 481-490.

100. Wahono, N. A., Wakeling, L. A., Dirks, W., Banks, D. A., Shepherd, T. J., Ford, D., & Valentine, R. A. (2023). Use of zinc deposited in deciduous teeth as a retrospective measurement of dietary zinc exposure during early development. *Frontiers in Oral Health*, 4, 1119086.

101. Esan, T. A., & Schepartz, L. A. (2018). The WITS Atlas: A Black Southern African dental atlas for permanent tooth formation and emergence. *American Journal Of Physical Anthropology*, 166(1), 208-218.

102. Karadayı, B., Afşin, H., Ozaslan, A., & Karadayı, Ş. (2014). Development of dental charts according to tooth development and eruption for Turkish children and young adults. *Imaging Science İn Dentistry*, 44(2), 103-113.

103. Mathew, D. G., Rajesh, S., Koshi, E., Priya, L. E., Nair, A. S., & Mohan, A. (2013). Adult forensic age estimation using mandibular first molar radiographs: A novel technique. *Journal Of Forensic Dental Sciences*, 5(1), 56-59.

104. Saxena, S. (2011). Age estimation of Indian adults from orthopantomographs. *Brazilian Oral Research*, 25, 225-229.

105. Babshet, M., Acharya, A. B., & Naikmasur, V. G. (2010). Age estimation in Indians from pulp/tooth area ratio of mandibular canines. *Forensic Science İnternational*, 197(1-3), 125-e1.

106. Afify, M. M., Zayet, M. K., Mahmoud, N. F., & Ragab, A. R. (2014). Age estimation from pulp/tooth area ratio in three mandibular teeth by panoramic radiographs: Study of an Egyptian sample. *Journal of Forensic Research*, 5(3), 1.

107. Nolla, C. M. (1952). *The development of permanent teeth* (Doctoral dissertation, University of Michigan).

108. Moorrees, C. F., Fanning, E. A., & Hunt Jr, E. E. (1963). Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of Dental Research*, 42(6), 1490-1502.

109. Skanchy, T. L., Maness, H., Al Dayeh, A., & Harris, E. F. (2016). A Comparison of Two Dental Age Estimation Techniques in Contemporary American Whites: The Moorrees and Demirjian Approaches. *Internation Journal of Forensic Science and Pathology*. 4(5), 243-8.

110. Demirjian, A., Goldstein, H., & Tanner, J. M. (1973). A new system of dental age assessment. *Human Biology*, 211-227.

111. Willems, G. (2001). A review of the most commonly used dental age estimation techniques. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology-JFOS*, 19(1), 9-17.

112. Drusini, A. G. (1993). Age estimation from teeth using soft X-ray findings. *Anthropologischer Anzeiger*, 41-46.

113. Drusini, A. G. (2008). The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in human adults. *Cuad Med Forense*, 14(53-54), 235-249.

114. Boyacıoğlu H, Avcu N. Dental radyograflarda yetişkinler için yaş tayini yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Ağız Diş ve Çene Radyolojisi - Özel Konular*. 2020;6(2):24–9.

115. Cameriere, R., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2006). Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *International Journal of Legal Medicine*, 120, 49-52.

116. Cameriere, R., Ferrante, L., De Angelis, D., Scarpino, F., & Galli, F. (2008). The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological age of over 18 year olds in living subjects. *International Journal Of Legal Medicine*, 122, 493-497.

117. Shah, P. H., Venkatesh, R., & More, C. B. (2022). Age estimation in Western Indian population by Cameriere's and Drusini's methods. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 26(1), 116-120.

118. Cameriere, R., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2004). Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *Journal Of Forensic Sciences*, 49, 317-319.

119. Cameriere, R., De Luca, S., Alemán, I., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2012). Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. *Forensic Science İnternational*, 214(1-3), 105-112.

120. Cameriere R, Cunha E, Wasterlain SN, De Luca S, Sassaroli E, Pagliara F, et al. Age estimation by pulp/tooth ratio in lateral and central incisors by peri-apical X-ray. *J Forensic Legal Medicine*. 2013 Jul 1;20(5):530–6.

121. Özer, K. (1990). Büyüme ve gelişme sürecinde egzersiz. *Beden Eğitimi ve Spor Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 30-32.

122. Uğurlu, M., & Ceylan, İ. (2018). Pubertal Büyüme Atılımı Evrelerinin Belirlenmesinde Servikal Vertebra Maturasyonlarının Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28(4), 457-461.

123. Schoretsaniti L, Mitsea A, Karayianni K, Sifakakis I. Cervical vertebral maturation method: Reproducibility and efficiency of chronological age estimation. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021 Apr 1;11(7).

124. Armond, M. C., Generoso, R., Falci, S. G. M., Ramos-Jorge, M. L., & Marques, L. S. (2012). Skeletal maturation of the cervical vertebrae: association with various types of malocclusion. *Brazilian Oral Research*, 26, 145-150.

125. Gray, S., Bennani, H., Kieser, J. A., & Farella, M. (2016). Morphometric analysis of cervical vertebrae in relation to mandibular growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(1), 92-98.

126. Uysal, T., Ramoglu, S. I., Basciftci, F. A., & Sari, Z. (2006). Chronologic age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: is there a relationship?. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(5), 622-628.

127. Wong, R. W., Alkhal, H. A., & Rabie, A. B. M. (2009). Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(4), 484-e1.

128. Cameriere, R., Velandia Palacio, L. A., Nakaš, E., Galić, I., Brkić, H., Kalibović Govorko, D., ... & Ferrante, L. (2023). The Fourth Cervical Vertebra Anterior and Posterior Body Height Projections (Vba) for the Assessment of Pubertal Growth Spurt. *Applied Sciences*, 13(3), 1819.

129. Gulsahi, A., Çehreli, S. B., Galić, I., Ferrante, L., & Cameriere, R. (2020). Age estimation in Turkish children and young adolescents using fourth cervical vertebra. *International Journal Of Legal Medicine*, 134(5), 1823-1829.

130. Madiraju, G. S., & Almugla, Y. M. (2024). Predicting Mandibular Growth Potential Based on Cervical Vertebral Bone Age Using Lateral Cephalometric Radiographs in a Sample of the Saudi Population. *Diagnostics*, 14(19), 2145.

131. Rhee, C. H., Shin, S. M., Choi, Y. S., Yamaguchi, T., Maki, K., Kim, Y. I., ... & Son, W. S. (2015). Application of statistical shape analysis for the estimation of bone and forensic age using the shapes of the 2nd, 3rd, and 4th cervical vertebrae in a young Japanese population. *Forensic Science İnternational*, 257, 513-e1.

132. Türkoz, Ç., Kaygısız, E., Ulusoy, Ç., & Ateş, C. (2017). A practical formula for determining growth. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 23(3), 194.

133. Utama, V., Soedarsono, N., & Yuniastuti, M. (2020). Assessment of agreement between cervical vertebrae skeletal and dental age estimation with chronological age in an Indonesian population. *The Journal of Forensic Odonto-stomatology*, 38(3), 16.

134. Mohan, R., Jain, R. K., & Balakrishnan, N. (2020). Correlation between chronological age and skeletal age using CVMI and modified MP3 methods. *Bioinformation*, 16(12), 1045.

135. Woroprobosari, N. R., Rosa, D. V., & Poetri, A. R. (2023). Application Of Tooth Coronal Index (TCI) Benindra Method In Estimating Biological Age at Sultan Agung Dental Hospital Semarang. *DENTA*, 17(1), 30-36.

136. Koranne, V. V., Mhapuskar, A. A., Marathe, S. P., Joshi, S. A., Saddiwal, R. S., & Nisa, S. U. (2017). Age estimation in Indian adults by the coronal pulp cavity index. *Journal Of Forensic Dental Sciences*, 9(3), 197-204.

137. Jain, S., Nagi, R., Daga, M., Shandilya, A., Shukla, A., Parakh, A., ... & Singh, R. (2017). Tooth coronal index and pulp/tooth ratio in dental age estimation on digital panoramic radiographs—a comparative study. *Forensic Science International*, 277, 115-121.

138. Talabani, R. M., Baban, M. T., & Mahmood, M. A. (2015). Age estimation using lower permanent first molars on a panoramic radiograph: A digital image analysis. *Journal Of Forensic Dental Sciences*, 7(2), 158-162.