

T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

YETİŞKİN BİREYLERE AİT KONİK İŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ  
GÖRÜNTÜLERİNDE PULPA/DİŞ ALAN ORANI ÖLÇÜMLERİ İLE  
BELİRLENEN YAŞ İLE KRONOLOJİK YAŞ ARASINDAKİ UYUMUN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Özlem Büşra DOĞAN ERALP

UZMANLIK TEZİ

ANKARA

2022



T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

YETİŞKİN BİREYLERE AİT KONİK İŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ  
GÖRÜNTÜLERİNDE PULPA/DİŞ ALAN ORANI ÖLÇÜMLERİ İLE  
BELİRLENEN YAŞ İLE KRONOLOJİK YAŞ ARASINDAKİ UYUMUN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Özlem Büşra DOĞAN ERALP

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Hatice BOYACIOĞLU ERDEN

ANKARA

2022

## ONAY SAYFASI

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

...../...../.....

(İmza)

Öğrencinin Adı SOYADI

<sup>1</sup>Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanın önerisi ve enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metodların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulgular içeren tezler hakkında tez **danışmanın önerisi ve enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarılan veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolleri çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlerle ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir  
\*Tez danışmanın önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Dr.Öğr.yesi Hatice Boyacıoğlu Erden danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

**Araç. Gör. Özlem Büşra DOğAN ERALP**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bana her konuda bilgisi, tecrübesi ve sonsuz sabırla yol gösteren, tez çalışmamız sırasında her aşamada destek olarak bu zorlu süreci tamamlamamı sağlayan, yalnızca bilimsel öğretileriyle değil insani ve ahlaki yönleriyle de beni eğiten, çalışma disiplini her zaman örnek alacağım değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hatice Boyacıoğlu Erden' e,

Tez çalışmamın hazırlanabilmesi için uygun ortamı sağlayan ve tez jürimde bulunan çok sevgili hocam bölüm başkanımız Prof. Dr. Sema DURAL' a,

Tez jürime katılan ve tez çalışma süresinde katkı sağlayan Prof. Dr. Murat Ş. ÖZBEK, Doç. Dr. Gülsün Akay'a, Doç. Dr. Mehmet Hakan Kurt'a,

Tez çalışmamın istatistiksel analizinde yardımcı olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Dinçer Göksülük'e,

Asistanlık dönemimde bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, eğitim dönemim boyunca bilgi, beceri ve tecrübelerini esirgemeyen kıymetli hocalarım; Prof. Dr. Nihal AVCU, Doç. Dr. Serdar UYSAL, Dr. Öğr. Üyesi Nursel AKKAYA, Dr. Öğr. Üyesi Gökçen AKÇİÇEK ve Dr. Öğr. Üyesi Nagihan KOÇ olmak üzere tüm hocalarıma,

Asistanlık dönemim boyunca ve tez çalışmam sırasındaki katkılarından dolayı sevgili arkadaşım Şeyda İriağaç'a,

Eğitim süresince birlikte çalışmaktan çok keyif aldığım tüm asistan arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda olan, bugünlere gelmemde çok büyük emekleri olan ilk öğretmenim canım babacığım Adem Doğan'a, her konuda destekçim olan sevgi dolu anneciğim Saliha Doğan'a, canım kadar çok sevdiğim kardeşim Fatih Mehmet Doğan'a ve eşime çok teşekkür ederim.

## ÖZET

**Doğan, ÖB. Yetişkin bireylere ait konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerinde pulpa/diş alan oranı ölçümleri ile belirlenen yaş ile kronolojik yaş arasındaki uyumun değerlendirilmesi' Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2022.** Yaş belirleme tarih boyunca birçok bilim insanının ilgisini çekmiş ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar incelendiğinde sekonder dentin birikiminin incelenmesinin; erişkin bireylerin dişlerinden yaş belirlemek için sıkça yararlanılan parametrelerden birisi haline geldiği görülmüştür. Son zamanlarda KIBT görüntülerinin kullanıldığı çalışmalar artmış olup sonuçların umut verici olduğu görülmektedir. Çalışmamızda 2019-2021 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne başvuran 18-70 yaş aralığındaki 236 bireyin görüntüleri retrospektif olarak incelenmiş ve belirlenen kriterlere uygun yüksek diagnostik kaliteye sahip KIBT görüntüleri çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma için maksiller santral, lateral, kanin ve mandibular kanin, 1. premolar ve 2. premolar dişleri seçilmiştir. KIBT görüntülerinin aksiyel kesitinin mine sement sınırından elde edilen pulpa/diş alan oranları değerlendirilmiştir. Gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılıklar sınıfiçi korelasyon analizi ile değerlendirilmiş ve tutarlılıklar kuvvetli bulunmuştur. Belirlenen yaş ile kronolojik yaş arasındaki uyum regresyon analizi ile değerlendirildiğinde, pulpa/diş alanı oranları arasındaki ilişki yaş belirleme için yeterli bulunmamıştır. Elde edilen oranların yaşla ilişkisini değerlendirmek için ayrıca 4 farklı makine öğrenme algoritması kullanılmıştır. Bu modeller yaş sınıflarını belirlemeye çalışan modeller ve eşik yaşa göre kronolojik yaşın konumunu belirlemeye çalışan modeller olarak 2 farklı yaklaşımla değerlendirilmiştir. Modeller performans olarak düşük bulunmuştur ama farklı bir yaklaşım olarak ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** dişler, makine öğrenme, pulpa/diş alanı, sekonder dentin, KIBT.



## ABSTRACT

**Doğan, ÖB. Evaluation of the compatibility between the age determined by the pulp/tooth area ratio measurements and the chronological age in cone-beam computed tomography images of adult individuals' Hacettepe University Faculty of Dentistry, Department of Oral, Dental and Maxillofacial Radiology, Specialization Thesis, Ankara, 2022.** Age determination has attracted the attention of many scientists throughout history and studies have been carried out on this subject. When the studies are examined, It has been observed that the examination of secondary dentin deposition has become one of the frequently used parameters to determine age from the teeth of adult individuals. Recently, studies using CBCT images have increased and the results have been seem to be promising. In our study, the images of 236 individuals aged between 18-70 years who applied to the of Hacettepe University Faculty of Dentistry between 2019-2021 were analyzed retrospectively and CBCT images with high diagnostic quality in accordance with the determined criteria were included in the study. Maxillary central, lateral, canine and mandibular canine, 1. premolar, 2. premolar teeth were selected for the study. The pulp/tooth area ratio obtained from the cementoenamel junctional of the axial section of the CBCT images was evaluated. Intra-observer and inter-observer consistency were evaluated with intraclass correlation coefficient and the consistency was found to be strong. When the correlation between determined age and chronological age was evaluated by regression analysis, the relationship between pulp/tooth area ratios and age was not found to be sufficient for age determination. Four different machine learning algorithms were also used to evaluate the relationship of the obtained rates with age. These models were evaluated with two different approaches as models that try to determine age classes and models that try to determine the position of chronological age according to the threshold age. Models were found to be low in performance but they were considered as a different approach.

**Keywords:** teeth, machine learninig, pulp/tooth area, secondary dentin, CBCT.

**İÇİNDEKİLER**

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xv
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	4
2.1. Adli Diş Hekimliği ve Tarihçesi	4
2.2. Adli Kimliklendirme	6
2.3. Yaş Belirleme	7
2.3.1. Kronolojik Yaş	8
2.3.2. Kemik Yaşı	8
2.3.3. Fizyolojik Yaş (Biyolojik Yaş)	9
2.3.4. Dental Yaş (Diş Yaşı)	9
2.4. Dişlerin Yapısı ve Dişlerde Yaşla Birlikte Oluşan Değişiklikler	9
2.4.1. Mine	10
2.4.2. Dentin	12
2.4.3. Sement	17
2.4.4. Pulpa	18
2.5. Yetişkinlerde Dental Yaş Belirleme Yöntemleri	18
2.5.1. Radyolojik Olmayan Yaş Belirleme Yöntemleri	18
2.5.2. Radyolojik Yaş Belirleme Yöntemleri	27

2.6. Dental Yaş Belirlemede Kullanılan Görüntüleme Yöntemleri	30
2.6.1. Periapikal Radyografi	33
2.6.2. Panoramik Radyografi	31
2.6.3. Bilgisayarlı Tomografi	33
2.6.4. Mikro Bilgisayarlı Tomografi	34
2.6.5. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi	36
2.7. Regresyon Analizi	41
2.7.1. Korelasyon Analizi	41
2.7.2. Regresyon Analizi	41
2.7.3. Rezidüel Analizi	43
2.8. Makine Öğrenme	44
2.8.1. Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (SRA) ( <i>Classification and Regression Trees, CART</i> )	45
2.8.2. Rastgele Orman (RO) ( <i>RANDOM FOREST, RF</i> )	47
2.8.3. Destek Vektör Makinesi (DVM) ( <i>SUPPORT VECTOR MACHINES, SVMs</i> )	48
2.8.4. Lojistik Regresyon (LR)	49
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	51
3.1. Etik Kurul Onayı	51
3.2. KIBT Görüntülerinin Seçimi ve Değerlendirilmesi	51
3.3. Verilerin Analizi	55
<b>4. BULGULAR</b>	57
4.1. Gözlemci İçi Tutarlılık Testleri Sonuçları	57
4.2. Gözlemciler Arası Tutarlılık Testleri Sonuçları	58
4.3. İstatistiksel Bulgular	59
4.4. Makine Öğrenme Bulguları	67
<b>5. TARTIŞMA</b>	72
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	84

<b>7. KAYNAKLAR</b>	86
<b>8. EKLER</b>	94
<b>EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri</b>	94
<b>EK-2: Orjinallik Ekran Çıktısı</b>	95
<b>EK-3: Turnitin Dijital Makbuz</b>	96
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	97

## SİMGELER ve KISALTMALAR

°	:Derece
$\epsilon_i$	:Artıklar
$\hat{y}$	:Elde edilen tahmin değerleri
<b>2B</b>	:İki boyulu
<b>3B</b>	:Üç boyutlu
<b>A</b>	:Atrizyon
<b>ASA</b>	:Ortalama atrizyon değeri
<b>Ark</b>	:Arkadaşları
<b>BT</b>	:Bilgisayarlı tomografi
<b>C</b>	:Sement apozisyonu
<b>Cm</b>	:Santimetre
<b>C<sup>14</sup></b>	:karbon-14
<b>DNA</b>	:Deoksiribonukleik Asid
<b>DVM</b>	:Destek Vektör Makinesi ( <i>SUPPORT VECTOR MACHINES, SVMs</i> )
<b>D-enantiomer</b>	:Dekstrorotator Enantiyomer
<b>DICOM</b>	:Digital Imaging and Communications in Medicine
<b>FOV</b>	:Görüş alanı
<b>ICC</b>	:Sınıfıçı korelasyon katsayısı
<b>kVp</b>	:Kilovoltaj
<b>KIBT</b>	:Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
<b>KU</b>	:Koronal uzunluk
<b>KT</b>	:Kök transparantlığı
<b>L-enantiomer</b>	:Levorotator Enantiyomer
<b>P</b>	:Periodontal çekilme-periodontitis
<b>LR</b>	:Lojistik Regresyon
<b>R</b>	:Korelasyon Katsayısı
<b>R</b>	:Kök rezorbsiyonu
<b>r<sup>2</sup></b>	:Çoklu açıklayıcılık katsayısı
<b>RMSE</b>	:Kök Ortalama Kare Hatası ( <i>Root mean squared error</i> )
<b>RO</b>	:Rastgele Orman
<b>S</b>	:Sekonder dentin
<b>S.H.</b>	:Standart Hata
<b>Sn</b>	:Saniye
<b>SRA</b>	:Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları
<b>mA</b>	:Miliamper
<b>MSE</b>	:Ortalama kare hatası ( <i>Mean squared error</i> )
<b>MakS</b>	:Maksiller santral
<b>MakL</b>	:Maksiller lateral

<b>MakKan</b>	:Maksiller kanin
<b>ManKAN</b>	:Mandibular kanin
<b>Man1pr</b>	:Mandibular 1.premolar
<b>Man2pr</b>	:Mandibular 2.premolar
<b>Mikro-BT</b>	:Mikro bilgisayarlı tomografi
<b>mm<sup>3</sup></b>	:Milimetreküp
<b>MRG</b>	:Magnetik rezonans görüntüleme
<b>MSS</b>	:Mine sement sınırı
<b>Y</b>	:Yaş

## ŞEKİLLER

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>2.1.</b> Keskin bir şekilde birleşen mine ve sement sınırı.	12
<b>2.2.</b> Sementin mineyi örttüğü mine sement sınırı.	12
<b>2.3.</b> Skallop sınırlı dentin mine birleşimi.	14
<b>2.4.</b> Sekonder dentin gösterimi.	15
<b>2.5.</b> Gustafson yönteminde kullanılan parametrelerin şematizasyonu.	20
<b>2.6.</b> Atrizyon aşamaları şematizasyonu.	25
<b>2.7.</b> Kvall yönteminde yapılan ölçümlerin şematizasyonu.	28
<b>2.8.</b> Drusini yönteminde yapılan ölçümlerin şematizasyonu.	29
<b>2.9.</b> Cameriere yönteminde yapılan alan belirlemesi gösterimi.	30
<b>2.10.</b> Basit doğrusal regresyon modeli örneği.	43
<b>2.11.</b> Bilet satış tarifleri için bir karar ağacı örneği.	46
<b>2.12.</b> Karar ağacı (SRA) ile rastgele orman (RO) yöntemleri arasındaki ilişki.	48
<b>2.13.</b> Destek vektör makinesi sınıflama problemi – eğrisel (solda) ve doğrusal (sağda) ayırma modelleri.	49
<b>3.1.</b> Görüntülerin elde edildiği KIBT cihazı.	52
<b>3.2.</b> Maksiller santral dişe ait görüntüler: A) Sagital kesit B) Aksiyel kesit.	53
<b>3.3.</b> Maksiller lateral dişe ait görüntüler A) Sagital kesit B) Aksiyel kesit.	53
<b>3.5.</b> Maksiller kanini dişe ait görüntüler A) Sagital kesit B) Aksiyel kesit.	54
<b>3.6.</b> Mandibular kanin dişe ait görüntüler A) Sagital kesit B) Aksiyel kesit.	54
<b>3.7.</b> Mandibular 1.premolar dişe ait görüntüler A) Sagital kesit B) Aksiyel kesit.	54
<b>3.8.</b> Mandibular 1.premolar dişe ait görüntüler A) Sagital kesit B) Aksiyel kesit.	54

## TABLOLAR

<b>Tablo</b>		<b>Sayfa</b>
4.1.	Örneklemin cinsiyet ve yaş gruplarına göre dağılımı.	57
4.2.	Gözlemci içi tutarlılığın sınıf içi korelasyon katsayısı tablosu.	57
4.3.	Gözlemciler arası tutarlılığın sınıf içi korelasyon katsayısı tablosu.	58
4.4.	Oranlar (P/D) ile yaş arasındaki korelasyon katsayılarına ait tablo.	59
4.5.	Altı dişin birlikte değerlendirildiği parametre tahminleri.	59
4.6.	Dişlerin üçlü gruplar halinde değerlendirildiği parametre tahminleri	60
4.7.	Elde edilen regresyon modelleri.	60
4.8.	MakS P/D regresyon modelinin rezidüel analizi.	61
4.9.	MakL P/D regresyon modelinin rezidüel analizi.	62
4.10.	Makkan P/D regresyon modelinin rezidüel analizi.	63
4.11.	Mankan P/D regresyon modelinin rezidüel analizi.	64
4.12.	Man1pr P/D regresyon modelinin rezidüel analizi.	65
4.13.	Man2pr P/D regresyon modelinin rezidüel analizi.	66
4.14.	DVM modeline ait sınıflandırma sonuçları.	67
4.15.	RO modeline ait sınıflandırma sonuçları.	67
4.16.	SRA modeline ait sınıflandırma sonuçları.	68
4.17.	Eğitilen modellerin doğru sınıflama performansları.	68
4.18.	DVM modeli tahmin performansı.	68
4.19.	RO modeli tahmin performansı.	69
4.20.	SRA modeli tahmin performansı.	69
4.21.	DVM modeli yaş tahmini sonuçları.	69
4.22.	RO modeli yaş tahmini sonuçları.	70
4.23.	SRA modeli yaş tahmini sonuçları.	70
4.24.	LR modeli yaş tahmini sonuçları.	70
4.25.	Eğitilen modellerin doğru sınıflama performansları.	70
4.26.	Modellere ait $\leq 35$ yaş sınırına ait performans tablosu.	71



## 1.GİRİŞ

Yaş belirleme tarih boyunca başta antropologlar ve tıp hekimleri olmak üzere birçok bilim insanının ilgisini çekmiş ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların etkisiyle adli bilimler gelişmeye başlamış ve yaş belirleme için farklı metotlar geliştirilmiştir. Yaş belirlemede biyolojik gelişime dayalı boy, kilo, pubertal durum, kemik ve dişlerin kullanımı gibi çeşitli yöntemler dikkate alınmaktadır. Yaş belirlemede kullanılan yöntemler morfolojik, histolojik ve radyolojik olarak gruplandırılmaktadır (1).

Kemik gelişimi ve yapısı incelenerek geliştirilmiş yaş belirleme metotlarının artmasıyla birlikte, son yüzyılda diş hekimliği bilimi de adli bilimler içerisine girmiştir. Adli diş hekimliği alanı veya daha profesyonel bir terim olan adli odontoloji, diş hekimliğinin hukuka uygulanmasıdır.

Zaman içinde gelişen görüntüleme teknikleri hem dental yapıların daha detaylı incelenebilmesine, hem de görüntülerin çalışmalarda delil ve geçerli kriter olarak kullanılabilmesine olanak sağladığı için adli bilimlerde dental yaş belirleme kullanılabilir olmuştur. Bulunan insan kalıntılarında yaş belirlemenin amacı, ölen kişinin biyolojik profilinin geliştirilmesine yardımcı olmaktır. Radyolojik inceleme daimi dişlenmenin eksik oluşumunu gösterirse, adli diş hekimi, ölen kişinin ait olduğu nüfus yaş grubunu daraltarak araştırmaya yardımcı olabilir.

Son dönemde yaşayan bireylerde yaş belirleme talebinde önemli bir artış görülmektedir. Bu durumun nedenleri arasında; emeklilik yaşı, bazı meslek grubu işe alımlarında yaş sınırı varlığı olması, 18 yaşını doldurup doldurmama, artan göçmen sorunuyla birlikte kimlik belgesi yokluğu gibi çeşitli durumlar yer almaktadır. Yaşayan bireylerde uygulanabilir yöntemlerin sayısı büyük ölçüde azdır, çünkü genellikle cesetler için kullanılan yöntemler invazivdir ve canlı bireylerde kullanılması olanaksızdır.

Yetişkinlerde yaş belirleme; çocuk ve adolesan dönemdeki yaş belirleme ile kıyaslandığında hem antropolojik hem de adli durumlarda daha zordur. Çünkü iskelet

ve diş gelişimi tamamlanmıştır ve dejeneratif işlemlere dayanan yöntemler, çocuk ve adolesan dönemdeki yaş belirlemede kullanılan diş gelişimini temel alan yöntemler kadar doğru sonuç vermez. Bu durum, dejeneratif değişiklikler ve çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır. Yetişkinlerde yaş belirlemede, iskelette; simfizis, pubis, sternal kaburga uçları, el/bilek kemikleri gibi bölgelerden faydalanılmaktadır. Ayrıca odontolojik yöntemler de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kitlesel felaketler ve/veya parçalanmış ceset varlığı gibi bazı durumlarda, diş sert dokuları kimliklendirmede önem taşır. Dişler çevresel saldırılara ve ölüm sonrası bozulmaya karşı dirençlidir ve bu nedenle bozulma olmadan korunabilir. Parmak izleri gibi dişlerin morfolojisi ve düzeni de bireye özgüdür. Bu nedenle, insan dişleri bireylerin kimliklendirilmesine yardımcı olur (2).

Yetişkinlerdeki dental yaş belirleme yöntemlerinde, dişte yaşa bağlı gelişen; kök şeffaflığı, sement halkalarının analizi ve aspartik asit miktarı gibi dejeneratif değişiklikler analiz edilir. Ancak bu yöntemler, yaşayan bireylerde uygulanması mümkün olmayan girişimsel yöntemlerdir ve dişin çekilmesini gerektirmektedir.

Sekonder dentin birikimi, yaş belirlemede kullanılacak güvenilir bir parametredir. Diş canlı olduğu sürece, kök ucu tamamlandıktan sonra pulpa kavite duvarlarında sekonder dentin birikimi hayat boyu devam eder, böylece pulpa odası daralır. Bu durum çevresel etkenlerden daha az etkilenir. Yaş belirlenirken, radyolojik görüntüler kullanılarak, pulpa odası alanındaki daralmanın ölçülmesi; canlı bireylerde kullanılacak basit, girişimsel olmayan, güvenilir ve pratik bir yöntemdir. Buna ek olarak, bu yöntem; canlı bireylerde olduğu gibi iskelet kalıntılarında da kullanılabilir (3).

1995'te Kvaal ve ark. sekonder dentin birikimini radyograflar üzerinden ölçerek bir yaş belirleme yöntemi geliştirmiş, diş ve pulpa odasının uzunluğunu ve genişliğini ölçmüşlerdir (4). 2004'te Cameriere ve ark. kanin ve premolar dişlerin pulpa/diş alanı oranını periapikal ve panoramik radyografları kullanarak analiz etmişlerdir (5).

İki boyutlu (2B) radyograflarla dişlerin meziodistal ve vertikal boyutları incelenebilirken, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri ile üç boyutlu (3B) incelemeler yapılabilmekte ve KIBT görüntülerinden elde edilen pulpa /diş alan (P/D) oranı hesaplanabilmektedir. Üç boyutlu radyografların kullanımı ile iki boyutlu görüntüleme yöntemlerinin dezavantajları ortadan kaldırılır ve bunlar kullanılarak daha tutarlı ve doğru sonuçlar elde edilebilir. KIBT ile yapılan çeşitli çalışmalarda da pulpa/diş alan oranının yaş belirleme için yararlı bir gösterge olduğu sonucuna varılmıştır (6-9).

Mine sement sınırında (MSS) pulpanın ve diş ana hatlarının apikal bölümlere kıyasla daha belirgin bir şekilde izlenebilmesinden dolayı, çalışmada KIBT görüntülerinin aksiyel kesitindeki pulpa/diş alanı oranı hesaplanması yöntemiyle, maksiller santral (MakS), maksiller lateral (MakL), maksiller kanin (MakKan) ve mandibular kanin (ManKan), mandibular 1.premolar (Man1pr) ve mandibular 2.premolar (Man2pr) dişlerin sekonder dentin birikimi miktarının yaş belirleme amacıyla kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2.GENEL BİLGİLER

### 2.1.Adli Diş Hekimliği ve Tarihçesi

Adli diş hekimliği alanı veya daha profesyonel bir terim olan adli odontoloji, diş hekimliğinin hukuka uygulanmasıdır. Adli diş hekimliği, ceza veya medeni hukuk davaları için diş kanıtlarının doğru şekilde toplanması, yönetimi, yorumlanması, değerlendirilmesi ve sunulmasını içerir.

Adli diş hekimliği, bilgilerin medeni ve cezai sorunlara uygulayan uzman diş hekimliği dalı olarak tanımlanabilir. Adli diş hekiminin birincil görevi, dental kimliklendirme yardım taleplerini desteklemek olsa da kimliklendirme birkaç önemli ilgi alanından yalnızca biridir. Bunun yanında; yaş belirleme, cinsiyet belirleme, cheiloskopi ve palatoskopi, moleküler biyobelirteçler, ısırık izi analizi, insan istismarı ve ihmali, diş hekimliği hatası ve ihmali ve diş antropolojisi ve arkeolojisi gibi konular da ilgi alanı içindedir. Adli diş hekimi farklı koşullarda diş kanıtlarını inceleyerek yasal makamlara yardımcı olur. Adli diş hekimliği alanında meydana gelen ilerlemeler, dişler üzerinde yapılan çalışmaların artmasına ve daha başarılı sonuçların elde edilmesine yol açmıştır. Dişler, özellikle kimliklendirme çalışmalarında özellikle yaşın belirlenmesi için değerlendirilmiştir (10).

Adli diş hekimliği, adli tıpın çalışma alanlarından ve iyi tutulmuş tıbbi kayıtlara sahip ülkelerde kimliklendirmede önemli ipuçları vermektedir. Dental restorasyonlar yardımıyla diş ve çene dokularını tanımlayarak hem yaşayan bireylerde hem de cesetlerde kimliklendirilmeyi amaçlar. Ayrıca diş ve çevre dokulardan yanmış, parçalanmış, tanımlanamaz hale gelmiş cesetlerin kimliğini, ırkını, yaşını ve cinsiyetlerini belirlemeye çalışan, diş travmalarını inceleyen bilim dalıdır.

Adli diş hekimliği, 1898'de Fransa Paris'te bir yangın kazasında kurbanları tespit eden Dr. Oscar Amoedo'ya atfedilmiştir. Amoedo adli diş hekimliğinin babası olarak kabul edilmektedir.

Adli diş hekimliği tarihindeki bazı önemli bilgiler aşağıda kronolojik sıraya göre verilmiştir.

- 1453: Castillon Savaşı'nda ölen Shrewsbury Kontu'nun kimliği dental kimliklendirme ile tespit edilmiştir. Bu vaka ilk bildirilen dental kimliklendirme vakasıdır.
- 1775: İlk adli diş hekimi olan Dr. Paul Revere, kendi yaptığı protezin ele geçirilmesine dayanarak bir kurbanı kimliklendirmiştir.
- 1849: Diş kanıtlarına dayanan ilk mahkûmiyet yanmış kurbanın kalıntılarında elde edilen diş kronlarıyla gerçekleşmiştir.
- 1850: Boston'da, Dr. John Webster, dişlerden elde edilen kanıtlara dayanarak cinayetten mahkûm edilmiş ve daha sonra asılmıştır.
- 1884: Diş hekimi R.Reid, Edinburgh'daki İngiliz Diş Hekimleri Birliği toplantısında, suç tespitinde diş biliminin uygulamaları hakkında önemli bir makale okumuştur.
- 1887: Paris'teki Godon, diş hekimleri tarafından tutulan diş hekimliği kayıtlarına bağlı olarak, kayıp kişilerin kimliklendirilmesinde dişlerin kullanılmasını tavsiye etmiştir.
- 1897: Bazar de la Charité'de yüz yirmi altı Parisli sosyalist birkaç dakika içinde yakılarak öldürülmüştür. Pek çok kurbanı tanıyan konsolosun talebi üzerine Dr. O. Amoedo (Paris'te çalışan Kübalı bir diş hekimi, adli diş hekimliğinin babası), iki Fransız diş hekimi Dr. Devenport ve Brault'un yardımıyla birçok cesetin kimliğini teşhis etmiştir. Bu olay, adli diş hekimliğinin kitlesel bir felaketle ilgili yayınlanan ilk makalesi olmuştur.
- 1898: Dr. Amoedo, tıp hukukunda diş hekimliğinin değeri üzerine tez yazmıştır.
- 1932: Edmond Locard, kimliklendirmede dudak izlerinin kullanılmasını önermiştir.
- 1937: Bir cinayet davası ilk kez ısırık izi delillerine dayanarak mahkumiyetle sonuçlanmıştır.

- 1946: Welty ve Glasgow, 500 diş kaydını sınıflandırmak için bilgisayarlı bir program tasarlamıştır.
- 1967: Linda Peacock'un sahip olduğu ısırık izi, beraberindeki diğer kanıtlarla birlikte genç bir adamın cinayetten mahkûmiyetine yol açmıştır.
- 1967: Keizer-Nielsen'e göre adli diş hekimliği, "diş hekimliği bulgusunun uygun şekilde sunulması ve değerlendirilebilmesi için adalet yararına diş kanıtlarının uygun şekilde ele alınması ve incelenmesi" olarak tanımlanmaktadır.
- 1972/1973: Uluslararası Adli Tıp ve Bilim Referans Örgütü (I.N.F.O.R.M.), Dr. William tarafından özenle derlenen ve 120 yılı aşkın bir süredir dental kimliklendirme ve adli diş hekimliği ile ilgili 1.016 referans içeren bir özet yayınlamıştır.

## 2.2.Kimliklendirme

Kimliklendirme ya da '*identifikasyon*', yaşayan bireylerin veya cesetlerin tanımlanması ve diğer kişilerden ayırt edilmesine yardımcı olacak özelliklerin ortaya konulmasına olarak adlandırılır. İnsan dişlerinin ayırt edici olması, tarih boyunca kişilerin kimliğinin belirlenmesini kolaylaştırmıştır (3). Canlı bir bireyin kimliğinin belirlenmesi nadiren sorun teşkil eder. Bir cesedin kimliğinin belirlenmesi, boşanma durumlarında, miras ve sigorta haklarından faydalanılmasında ve cinayet vakalarının aydınlatılmasında gereklidir. Ceset çürüdüğünde, iskelet haline geldiğinde veya yakıldığı durumlarda dental kalıntıların kullanılması, kimliklendirmede oldukça önemli bir yere sahiptir (11).

Ölüm sonrası değişiklikler sonucu doku hasarı nedeniyle parmak izi gibi diğer kimliklendirme yöntemlerinin uygulanamadığı koşullarda, dental yapıların kullanılması kimliklendirmede önemli bir rol üstlenir. Dental kalıntıların temel avantajı, ölümden sonra sıklıkla korunması ve olumsuz koşullardan etkilenmemesidir. Dental kimliklendirmenin temel ilkeleri karşılaştırma, dışlama ve profil oluşturmadır.

Ceset dental verilerle kimliklendirilirken, ölüm öncesi ve ölüm sonrası verilerin karşılaştırılması ile bu dört sonuç elde edilir:

- Pozitif tanımlama: Karşılaştırılabilir ögeler, ölüm öncesi ve ölüm sonrası veri tabanlarında yeterince aynıdır; büyük fark yok olarak analiz edilir.
- Muhtemel tanımlama: Ölümden önce ve ölümden sonra veri tabanlarında var olan benzer ögeler arasında benzerlikler vardır, ancak her iki kaynaktan da pozitif bir tanımlamanın oluşmasını önlemek için yeterli bilgi eksiktir.
- Yetersiz kimlik kanıtı: Karşılaştırma ve kesin tanımlama için yetersiz destekleyici kanıt mevcuttur, ancak merhum kişinin şüpheli kimliği göz ardı edilemez. Kimlik daha sonra sonuçsuz kabul edilir.
- Dışlama: Ölümden önce ve ölümden sonraki veri tabanlarındaki karşılaştırılabilir verilerde açıklanamayan farklılıklar vardır.

Bazen restorasyonlarda zaman içinde meydana gelebilecek, ölüm anında travmaya bağlı olarak diş veya dişlerin avülsüyonu veya ölüm öncesi kayıta kayıtlı olmayan ek tedaviler gibi farklılıklar mevcuttur. Tüm bu durumlarda, tutarsızlıklar açıklanabilir ve kimliklendirme yine de yapılabilir.

### **2.3.Yaş Belirleme**

Yaş belirleme; yaş tayini, yaş teşhisi, yaş tahmini veya yaş değerlendirmesi olarak da adlandırılmaktadır.

Eski Romalılar tarafından ikinci molar dişlerinin sürmesinin, yaşayan bireylerde askerlik hizmeti yaşına hazır olma durumunu değerlendirmek için kullanıldığı bilinmekle beraber, yaş belirleme adli bilimler için nispeten yeni bir araştırma alanıdır. Bir bireyin yaşı hakkında uzman bir görüşe olan ihtiyaç hem suçlunun suçluluğunun hem de yasal/sosyal sınıflandırmanın değerlendirilmesi için artan bir önem kazandığından, yaş belirlemenin bir değerlendirme aracı olarak değeri ve önemi katlanarak artmıştır.

Yaş, çoğu kültürel ve adli hiyerarşide önemli bir sınıflandırıcıdır ve güvenilir yasal belgelerin yokluğu, yetkililerin bu konuda rehberlik ve yardım için bilim adamına ve klinisyene ihtiyacını gerektirmiştir.

Yaşayan bireylerde yaşın değerlendirilmesini gerektiren pek çok alan vardır. Ülkemizde yaş belirleme davalarının incelendiği çalışmalara bakıldığında 18 yaş üstü bireylerin; cinsel istismar, işe girme, yaş tahsis etme, emeklilik, evlilik, askerlik, ikizlik durumu tespiti gibi pek çok gerekçeyle yaş belirleme davası açtığı görülmektedir (12-14).

Son yıllarda mülteci ve sığınmacı sorunları, suçlular ve mağdurları, insan ticareti ve çocuk pornografisine ilişkin konularda da yaş belirleme gereksinimi artmaktadır.

Ülkeden ülkeye ve zaman zaman değişiklik göstermekle birlikte; çeşitli meslek gruplarına başvuru yapabilmek için 18 yaşını tamamlamış 30 veya 35 yaşını doldurmamış olmak, bireysel emeklilik için 45 yaşını doldurmuş olmak, askerlik için 21 yaşını doldurmamış olmak gibi çeşitli yaş sınırlılıkları vardır (15-17).

### **2.3.1. Kronolojik Yaş**

Kronolojik yaş doğumdan sonra geçen yıl sayısı olarak hesaplanır ve değiştirilemez. Yaşlanma, zaman içinde vücudun tamamındaki değişiklikler olarak tanımlanır. Genetik olarak hücresel yaşlanma kronolojik yaşlanmanın temelini oluşturur. Kronolojik yaş ile yaşlanma dediğimiz durumun uyumlu olması gibi bir gereklilik yoktur ama genellikle iki durum arasında belirgin bir ilişki vardır.

### **2.3.2. Kemik Yaşı**

Kemik yaşı kemiğin olgunlaşmasını gösteren yaştır. Kronolojik yaş ile uyumlu bölgelerden elde edilen radyografik görüntülerdeki kemikleşme merkezlerinin görülmesi, kaynaşması ve veya olgunlaşması kıstasları değerlendirilerek hesaplanır. Standartlar sağlıklı kişilerin kronolojik yaşlarına göre belirlenmiştir ancak herediter, cinsel, çevresel faktörler gibi birçok faktöre göre değişkenlik gösteririr (18).



### **2.3.3. Fizyolojik Yaş (Biyolojik Yaş)**

Dokuların olgunlaşma derecesine göre belirlenen yaştır. Biyolojik yaş olarak da adlandırılır. Kilo, boy, kıl gibi dokulardan elde edilen örneklerden hesaplanan yaş olup diş yaşı (dental yaş) da bu grupta yer alır. Vücut gelişimi tamamen kronolojik yaş ile ilişkili olmamasına rağmen çoğunlukla fizyolojik yaş ile kronolojik yaş arasında uyum görülür. Yaş belirleme ne şekilde olursa olsun amaç, fizyolojik yaşı hesaplayarak kronolojik yaşı belirlemektir (19).

### **2.3.4. Dental Yaş (Diş Yaşı)**

Süt dişlerinin ve daimi dişlerin gelişim aşamaları veya kronolojik yaşın ilerlemesine bağlı olarak dişlerde ortaya çıkan bazı değişikliklerin araştırılmasıyla belirlenen yaş olarak tanımlanır (20). Dental yaş, fizyolojik yaşın farklı bir göstergesi olarak bilinmektedir (21). Diş dokuları, diğer dokulara oranla fiziksel, kimyasal ve mekanik etkenlere karşı çok daha dayanıklıdır. Ayrıca dişlerin oluşum ve mineralizasyon aşamaları da genetik faktörlerin etkisinde olup çevresel faktörlerden az etkilenir. Bu nedenle dental yaş belirleme yöntemleri iskeletsel yaş belirleme yöntemlerine göre güvenilir olarak kabul edilir (22).

## **2.4. Dişlerin Yapısı ve Dişlerde Yaşa Bağlı Oluşan Değişiklikler**

Dişler boyutu ve şekli farklı olsa da benzer gelişim aşamalarından geçerler. Diş gelişim evreleri odontogenezis olarak da adlandırılır ve birçok kaynakta; tomurcuk, kep ve çan olmak üzere 3 evrede incelenir (23). Ancak odontogenezis diş organının histolojik görünümü ile tanımlanmaktadır ve evreler arasındaki geçişi net sınırlarla ayırmak zordur. Bu nedenle primer dental lamina oluşumunu gelişim evresi içine dahil eden kaynaklar da vardır (24).

Maksiller ve mandibuler prolesteki ektodermin, intrauterin hayatın 6. haftasında kalınlaşarak primer dental laminayı oluşturmasıyla diş gelişimi başlamış

olur. Primer dental lamina; vestibuler lamina ve dental lamina olmak üzere ikiye ayrılır. Vestibular laminadan bir yarık oluşur. Bu yarık oral kavitenin vestibülü halini alır. Dental laminadan çoğalan epitel hücreler ise 8. haftada alttaki mezenkim içine invaze olarak tomurcuk halini alır. Çoğalma devam ettikçe tomurcuk çökerek kep şeklini alır. Dış mine epiteli kepin tümsek olan dış yüzünü, iç mine epiteli ise kepin çukur olan iç yüzünü ise örter, birleştikleri yer ise servikal düğüm olarak adlandırılır. Bu ikisi arasında kalan hücrelere stellat retikulum ve stratum intermedium adı verilir. İç mine epitelinin altında kalan mezenşim dental papillayı, dış mine epitelini saran mezenşim ise dental folikülü oluşturur.

İç mine epiteli, stratum intermedium, stellat retikulum ve dış mine epiteli birlikte mine organını oluşturur. Dış germi ise mine organının dental papilla ve dental folikül ile birleşmesiyle oluşur. İlerleyen haftalarda; mine mine organından, pulpa ve dentin ise dental papilladan oluşur. Dental folikül ise sement, periodontal ligament ve alveolar kemiği oluşturur (23).

11-12.haftalarda çan biçimine dönüşmek için kep biçimindeki mine organı derinleşir. Bu evrede dental lamina kopar ve mine organının ağız epiteliyle olan ilişkisi kesilir, ileri aşamalarda iç mine epiteli tarafından dişin kron formu, büyüklüğü ve mine-dentin birleşimi belirlenir. Odontoblastlar ve ameloblastlar bu evrede oluşur.

İç ve dış mine epiteli birleşerek alttaki mezenşime doğru büyür ve *Hertwig epitel kök kını*'nı oluşturur. Kökün şeklini Hertwig epitel kök kını belirler. Epitel kını uzadıkça, odontoblastların oluşması için komşu mezenkimal hücreleri indükler ve bu şekilde ilk dentin tabakası oluşur. Dental papillanın iç yüzeyinde bulunan mezenkimal hücreler sementi üretmek için farklılaşarak sementoblastları oluşturur. Periodontal ligament ise sement dışındaki mezenkimal hücreler tarafından oluşturulur (23).

#### **2.4.1. Mine**

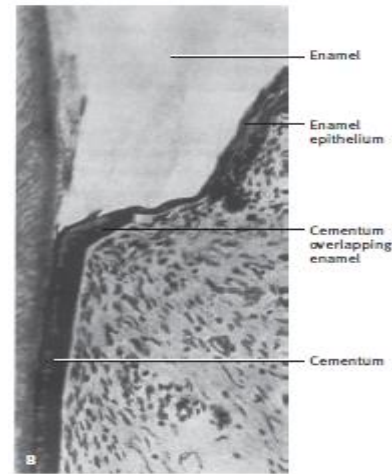
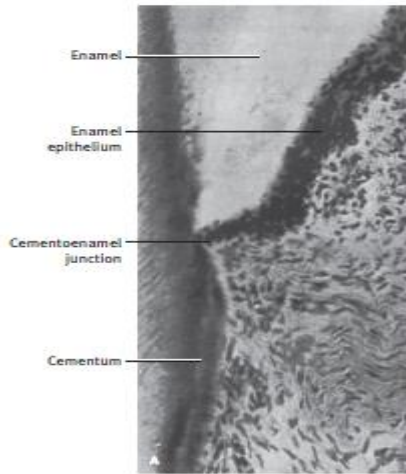
Mine, anatomik kronun tamamını örten ektodermal kökenli, vücudun en sert dokusudur. Mine %96 oranında inorganik bileşenlerden oluşur ve hidroksi apatit kristalleri içerir, hidroksiapatit kristalleri enine kesitte altıgen şeklidir ve bu

kristaller birleşerek mine prizmalarını oluşturur. Mine prizmaları, mine-dentin sınırından mine dış yüzüne doğru uzanır (25). Organik kısmı ise ağırlıklı olarak protein ve sudan oluşur. Organik kısım kristallerin arasında ve çevresinde bulunur. Mine proteinleri amelogenin ve amelogenin olmayan olmak üzere iki ana tiptedir. Amelogeninler, hidrofobik ve düşük molekül ağırlığındadır ve mine proteinlerinin %90'ını oluşturur. Amelogenin olmayan proteinler ise yüksek protein ağırlıklıdır.

### **Mine Sement Birleşimi**

Dişlerin servikal bölgesi değişkendir. Tüm dişlerin yaklaşık %30'unda sement minenin servikal ucuyla nispeten keskin bir çizgide (Şekil 2.1.) birleşir. Dişlerin yaklaşık %10'unda mine ve sement birleşmez. Muhtemelen bu, kökün servikal kısmındaki mine epitelinin dentinden ayrılırken gecikme olduğunda meydana gelir. Bu gibi durumlarda mine sement birleşimi yoktur. Bunun yerine, kökün bir bölgesi sementten yoksundur ve mine epiteli ile kaplanmıştır. Dişlerin yaklaşık %60'ında sement, kısa bir mesafe için minenin servikal ucuyla birleşir. Bu, mine epitelinin servikal sonlanma noktasında dejenere olması ve bağ dokusunun mine yüzeyi ile doğrudan temas etmesine izin vermesi durumunda meydana gelir.

Optik mikroskopla yapılan son gözlemler, sement ile örtünen mine (Şekil 2.2.) olarak dördüncü tip mine sement bağlantısının varlığını göstermiştir. Minenin sementle örtülmesi ve mine ile sementin bir araya gelmemesi nadiren gözlenir. Son elektron mikroskopik çalışmaları, bir bireyin farklı dişlerinde mine sement birleşiminin tüm modellerinin saptanabileceğini göstermiştir (23).



**Şekil 2.1.** Keskin bir şekilde birleşen mine ve sement sınırı(23).

**Şekil 2.2.** Sementin mineyi örttüğü mine sement sınırı(23).

Elektron mikroskop kanıtları, bağ dokusu hücrelerinin, mine ile temas ettiğinde afibriler sement olarak adlandırılan, retiküler bir materyal ürettiklerini göstermektedir. Afibriler sement kollajen fibrillere sahip olmadığı için bu şekilde adlandırılmıştır. Bu tür afibriler sement, bağ dokusu hücreleri ile yeterince uzun bir süre temas halinde kalırsa, karakteristik kollajen fibrilleri olan fibriler sement daha sonra kök yüzeyinde birikebilir; böylece mineyi örten sementin kalınlığı artar.

#### 2.4.2. Dentin

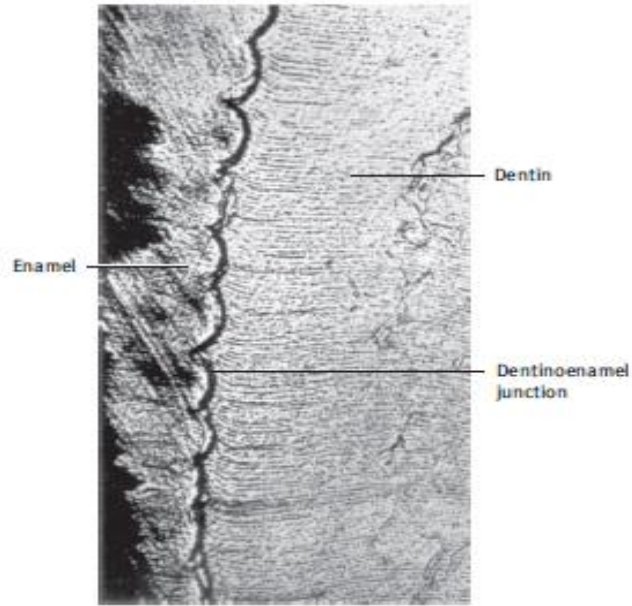
Dentin hem kron hem de kökte bulunarak diş dokularının büyük çoğunluğunu oluşturur. Fiziksel ve kimyasal olarak kemiğe benzer. Ancak sement ve kemiğe göre daha sert, mineye göre daha az serttir. Dentin sertliği dişin farklı kısımlarında değişiklik gösterir ve elastikiyeti yüksektir (26). %65'i inorganik yapıdadır ve plaka şeklinde hidroksiapatit kristallerinden oluşur. %35 ise organik yapıdadır ve tip I kolajen lifleri içerir. Dentin içeriği homojen değildir, bu nedenle mikroskopik olarak farklılık göstermektedir (24, 27, 28). Kalsifiye yapısı nedeniyle radyografik değerlendirmede diğer dokulardan iyi bir şekilde ayırt edilebilmektedir.

Dentin tübülleri, pulpadan dentin-mine sınırına ve dentin-sement sınırına kadar uzanır. Dentin, dentin tübüllerinden oluşur. Bu tübüler yaklaşık 2,5-3,5 mm uzunluğunda olup yaşa ve buldukları yere göre farklı sayı ve genişliklerde olabilirler. ((29-32)). Yaş ilerledikçe tübül hacmi neredeyse yarı yarıya azalmaktadır (32). Predentin odontoblast hücrelerine komşu dentinin 10-20 µm kalınlığındaki mineralize olmamış kısmına verilen isimdir ve canlı dişte yaşam boyu görülür. Tübülün i duvarı kalsifiedir ve peritübüler veya intratübüler dentin olarak adlandırılır. Tübüller arasında intertübüler dentin bulunur ve peritübüler dentinden daha az oranda kalsifiedir (23).

### **Dentin Mine Birleşimi**

Dentin mine birleşim yerlerindeki yüzeyi çukurlaştırmıştır. Dentinin siğ girintilerine, minenin yuvarlak çıkıntıları yerleşir. Bu ilişki, minenin dentin üzerinde sağlam bir şekilde tutunmasını sağlar. Bu nedenle, kesitlerde mine dentin birleşimi düz değil, taraklı (*skallop*) bir çizgi olarak (Şekil 2.3.) görünür. Skallopların dışbükeylikleri dentine doğru yönlendirilir. Çukurlu mine dentin bileşimi, sert dokuların gelişmesinden bile önce oluşur ve ameloblastların düzenlenmesinde ve dental papillanın bazal membranında belirgindir.

Dentin mine birleşiminde, dentin ve mine kristalleri birbiriyle karışır. Bir dizi sırttan oluşan dentin mine sınırı, çiğneme streslerinin daha fazla olduğu oklüzal alanda daha belirgindir. Mineralizasyon tamamlanmadan önce en belirgindir (23).



**Şekil 2.3.** Skallop sınırlı dentin mine birleşimi (23).

### **Primer Dentin**

Kök tamamlanmadan önce oluşan dentin, primer dentin olarak adlandırılır. Manto dentin ve sirkumpulpal dentin olmak üzere iki tiptedir. Mine sement sınırı boyunca bulunan manto dentin yaklaşık 20 mm kalınlığındadır ve mine sement sınırına dik daha büyük çaplı arjirofilik (gümüş lekeli) kollajen lifleri içerir. Sirkumpulpal dentin, daha küçük çaplıdır ve kolajen lifleri içerir (23).

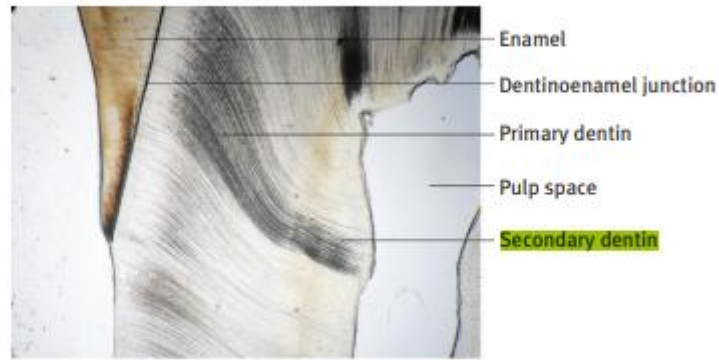
### **Sekonder Dentin**

Pulpayı çevreleyen ve kök tamamlandıktan sonra oluşan dentin, sekonder dentin olarak adlandırılır (Şekil 2.4.).

Herhangi bir uyarana olmasa bile pulpal duvarlarda oluşan sekonder dentin zamanla pulpa boşluğunun daralmasına yol açar. Dentin tübüllerinin düzenli dizilimi nedeniyle regüler sekonder dentin olarak bilinir. Primer dentinin tübül sayısının, regüler sekonder dentinin tübül sayısından fazla olmasına rağmen birbirlerinden ayırtılması güçtür. Apikalde, primer ve sekonder dentinin ikisinde de dentin tübülleri

düzensizlik gösterir (23). Yaşın ilerlemesiyle birlikte, sekonder dentin irregüle hale gelir. Pulpal dolaşımdaki bozukluklarla birlikte odontoblastların azalmasını dentinin irregüle ettiği düşünülür. Histolojik incelemede irregüler sekonder dentindeki tübüller düzensiz olduğu için regüler sekonder dentindeki tübüllerden rahat bir şekilde ayırt edilirler.

Sekonder dentin (1 mm / gün), primer dentinden (4 mm / gün) daha yavaş bir hızda ve düzenli olarak ancak tekdüze olmayan bir şekilde oluşur. Pulpa odasının tavanında ve tabanında daha fazla oluşum görülür (23).



**Şekil 2.4.** Sekonder dentin gösterimi (23).

Literatürde primer ve sekonder dentin oluşumu ve mineralizasyonunun farklı yorumları görülmektedir. Dişler arasında ve dişlerin farklı bölgelerinde sekonder dentin miktarı ile ilgili görüşler incelendiğinde; birikimin maksiller anterior dişlerde en fazla pulpa odasının palatal duvarında (33), molar dişlerde ise pulpa odasının tabanında (34) olduğunu iddia eden çalışmalar görülmektedir. Başka bir çalışmada premolar ve molar dişlerde, sekonder dentinin yan duvarlarda daha ince olduğu ve pulpa kavitesinin boyutunu azalttığı bildirilmiştir (28, 35).

Sekonder dentin oluşumunun yaş ile ilişkili olduğunu gösteren araştırmalar, oluşan bu dentin miktarının yaş ile ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir (33, 36). Sekonder dentin birikimine bağlı olarak pulpa hacmindeki azalma miktarını mikrobilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) ile değerlendiren bir çalışmada 40-60 yaş aralığına kıyasla 20-40 yaş arasında pulpa hacmindeki azalmanın daha fazla olduğu bildirilmiştir

(37). Sekonder dentin miktarının yaşla birlikte artışını değerlendirmek isteyen Nitzan ve ark., çevresel faktörleri ortadan kaldırmak için gömülü dişleri değerlendirmiş ve dişlerin mine sement sınırında, apekte ve kökün ortasında sekonder dentin miktarını ölçmüşlerdir. Tamamen gömülü dişlerde sekonder dentinin apikalden başlayıp koronale doğru ilerlediğini saptamışlardır. Sekonder dentinin 39 yaşından sonra arttığını ve artışın yaşla doğrusal olmadığını bildirmişlerdir (38).

### **Tersiyer Dentin**

Tersiyer dentin; tamir edici, onarıcı veya reaktif dentindir. Pulpa dentin sınırında çürük veya restoratif prosedürler gibi travmalara tepki olarak oluşan lokalize dentin oluşumudur (23). Travmaya maruz kalan kısmın hemen altındaki pulpa duvarında oluşur. Sekonder dentine oranla 3 kat hızlı üretilir. Yapı ve içerik olarak primer ve sekonder dentinden farklıdır. Tübülleri düzensiz, mineralizasyonu azdır. Primer veya sekonder dentin ile tersiyer dentin birleşimindeki tübüllerin birbirleriyle ilişkisi indirektir ve yabancı maddelerin pulpa dışında bırakılmasında bu ilişki önemli bir bariyerdir (39-42).

Primer odontoblastların hafif irritasyonlara cevap olarak oluşturduğu tersiyer dentine reaksiyoner dentin adı verilir. Şiddetli irritan sonucu odontoblastlarda oluşan atrofi ya da hasar sebebiyle mezenşim hücrelerinden farklılaşarak oluşan odontoblast benzeri hücrelerden oluşan tersiyer dentine ise reparatif dentin adı verilir. Reperatif dentin, düzensiz tübüllere sahiptir ve sekonder dentinden ayırt edilmesi zordur (26, 43).

Atrizyon, travma, çürük, restorasyon, erozyon gibi irritanlara karşı yanıt olarak da irregüler sekonder dentin oluşabilir, böyle bir durumda reperatif dentin, tersiyer dentin, koruyucu dentin, irritasyon dentini ya da stimülasyon dentini olarak da adlandırılabilir. Bu bölgelerde sertlik arttıkça dentinin geçirgenliği azalır. Yaşlıların dişlerinin çekilmesi sırasında köklerin apikal üçte birinin kırılması, sklerotik dentinin kırılma yapısından kaynaklanmaktadır. Ölü yollar (*dead tract*), iletilen ışıktaki karanlık



görünen dejenere dentin tübülleri içeren alanlardır. Bunlar genellikle abrazyon veya atrizyona uğramış dişlerde veya çürük lezyonların altında görülür (23).

### **2.4.3. Sement**

Sement, insan dişlerinin anatomik köklerini kaplayan mineralize diş dokusudur. İlk olarak 1835'te Purkinje'nin iki öğrencisi tarafından mikroskopik olarak gösterilmiştir. Dişin servikal kısmında mine-sement birleşiminde başlar ve apekse kadar devam eder. Sement, dişi çevreleyen yapılara bağlayan kolajen liflerinin bağlanması için bir ortam sağlar. Kompakt kemik ile bazı fiziksel, kimyasal ve yapısal özellikleri paylaşan özel bir bağ dokusudur.

Sement, dişlerinin anatomik köklerini örter, mineralize ve avaskülerdir. Sement soluk sarı renktedir ve dentinden daha yumuşak ve geçirgendir. Sement, inorganik bileşenlerin organik bileşenlere oranı ve yapısındaki benzerlikler açısından kemiğe benzer. Sement kalınlığı farklı dişlerde ve aynı dişlerde farklı bölgelerde değişiklik gösterir. Sement, mine-sement birleşiminde (20 ila 50 mm) en ince ve apekse (150 ila 200 mm) doğru en kalındır. Apikal foramen sement ile çevrilidir. Sement, periodontal ligament liflerine tutunma sağlar. Dişi fonksiyonel pozisyonda tutmak için yaşam boyunca sement oluşur. Sement ayrıca düşük dereceli irritasyonlar nedeniyle onarım dokusu olarak ve aşırı miktarda oluşur. Sementi oluşturan hücreler; sementoblastlardır. Kalsifiye olmayan sement genellikle sementin en yüzeysel tabakası olarak görülür. Sement içindeki hücreler, sementositler, kemikte görülene benzer ancak çok daha az karmaşıktır.

Sementositlerin varlığı belirli bölgelerle sınırlıdır. Sement içeren hücrelere hücreli sement, içermeyen bölgelere hücresiz sement denir. Hücresiz sement dişlerin ankraj işlevi ile ilgilidir, selüler sement tutunma ile ilgilidir. Dentin gibi, sement de yaşam boyunca oluşabilir (23).

#### **2.4.4. Pulpa**

Pulpa, krona pulpa odasını ve kökte kök kanalını dolduran, mezenkimal bağ dokusur. Lifler, sinirler, hücreler ve damarlardan oluşur. İyileşme potansiyeli vardır. Apikal foramen ve aksesuar foramina yoluyla periodontal ligament ile bağlantılıdır. Pulpanın dişi tamir etmek, beslemek ve korumak gibi görevleri vardır.

Pulpa tabakasının merkezinde fibroblastlar ve indiferansiye hücreler bulunur. Merkez kısmının etrafında hücreden zengin tabaka bulunur, bu tabakada da proliferasyon yeteneği olan fibroblastlar yer alır. Hücreden zengin tabakanın etrafında hücreden fakir tabaka bulunur. Kesitsel incelemede odontoblast tabakası en dışarda yer alır ve bu tabakadaki odontoblastlar tarafından dentin üretilir (42, 44).

Pulpada yaş ile birlikte pulpanın hücre sayısı ve damarlanmasında azalma, sinirlerde dejenerasyon ve kalsifikasyon gerçekleşir. Pulpa arteriyolleri uç arterlerdir ve pulpa dolaşımı kollateral olmadığından pulpanın iltihaplanması nekroza neden olur (23).

#### **2.5.Yetişkin Bireylerde Yaş Belirlemede Kullanılan Yöntemler**

Yetişkin bireylerde morfolojik, biyokimyasal, histolojik ve radyolojik olmak üzere birçok yöntemin yaş belirlemek için kullanıldığı görülmektedir. Morfolojik, biyokimyasal ve histolojik yöntemler gibi radyolojik olmayan yöntemler çoğunlukla invazivdir ve dişin çekimi gerekir. İnvaziv olan bu yöntemlerin; etik, dini, kültürel veya bilimsel nedenlerle uygulanması zor veya kabul edilemez olabilir. Dişlerin gelişim aşamalarının ve dişlerde yaşla birlikte ortaya çıkan değişikliklerin radyografik yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi ise sık kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerden aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

##### **2.5.1.Radyolojik Olmayan Yaş Belirleme Yöntemleri**

###### **Gustafson Metodu (1950)**

1950 yılında Gustafson yaşla birlikte diş dokularında ortaya çıkan;

- Atrizyon(A) (çiğneme nedeniyle insizal veya oklüzal yüzeylerin aşınması)
- Periodontal çekilme-periodontitis(P)
- Sekonder dentin (S)
- Sement apozisyonu (C)
- Kök rezorbsiyonu (R)
- Kök transparanlığı (RT) olmak üzere altı değişken (Şekil 2.5.) belirlemiştir. Belirlenen her bir değişkene '0' en düşük (hiç, yok), '3' en yüksek (tamamen veya çok büyük oranda var) olacak şekilde puan vermiştir.

#### Periodontal çekilme (P)

P0: (çekilme yok)

P1: (çekilme yeni başlamış)

P2: (çekilme kök 1/3'ü boyunca ilerlemiş)

P3: (çekilme kökün 2/3'ünü geçmiş)

#### Sekonder dentin (S)

S0: (sekonder dentin yok, görülüyor)

S1: (sekonder dentin pulpanın üst bölümünde görünmeye başlamış)

S2: (sekonder dentin pulpa kavitesinin neredeyse yarısını doldurmuş)

S3: (sekonder dentin pulpa kavitesinin neredeyse tamamını doldurmuş)

#### Sement apozisyonu (C)

C0: (sement tabakası normal, apozisyon yok)

C1: (sement apozisyonu normalden biraz fazla)

C2: (sement tabakası normalden kalın)

C3: (sement tabakası oldukça kalın)

#### Kök rezorbsiyonu (R)

R0: (rezorbsiyon yok, görülüyor)

R1: (rezorbsiyon sadece küçük bir noktada)

R2: (rezorpsiyon büyük madde kaybına neden olmuş)

R3: (rezorbsiyon hem sementte hem de dentinde görülüyor)

#### Kök transparanlığı (RT)

RT0: (transparanlık yok)

RT1: (transparanlık fark ediliyor)

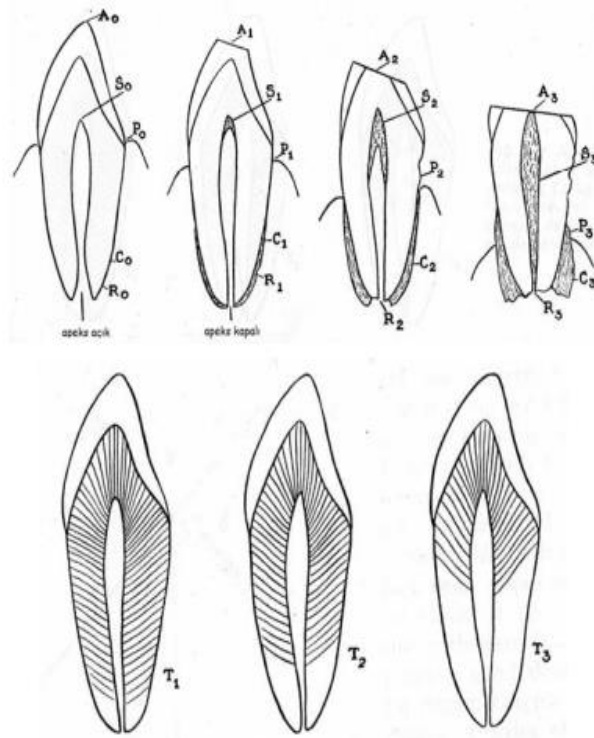
RT2: (transparanlık kökün apikal 1/3'üne uzanmış)

RT3: (transparanlık kökün apikal 2/3'üne uzanmış)

Bu değişikliklerin tek tek değerlendirmesi durumunda yaş ile korelasyonun düşük bulunmasına rağmen, tüm değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi durumunda yöntemin yaş belirlemede kullanılabileceğini savunmuştur. Ancak bu yöntemin çekilmiş dişler üzerinde uygulanma gerekliliği büyük bir dezavantajdır.

Gustafson;  $A_n + P_n + S_n + C_n + R_n + RT_n = \text{puan formülünü sunmuştur.}$

Hesaplanan tam denklem:  $y = 11.43 + 4.56x$  şeklinde olup hesaplanan tahmin hatası  $\pm 3.6$  yıldır (45).



**Şekil 2.5.** Gustafson yönteminde kullanılan parametrelerin şematizasyonu.

Gustafson'dan alınmıştır.

### **Dalitz Method (1962)**

Dalitz, Gustafson'ın yöntemini yeniden incelemiş ve daha fazla doğruluk sağlamak için, daha önce kullanılan 0'dan 3'e kadar olan puanlama derecesi yerine 0'dan 4'e kadar olacak şekilde 5 dereceli puanlama sistemini önermiştir. Sonuçlar, kök rezorpsiyonu (R) ve sement apozisyonu (C) kriterlerinin göz ardı edilebilir olduğunu göstermiştir. 12 anterior diş için; atrizyon (çiğneme nedeniyle insizal veya oklüzal yüzeylerin aşınması) (A), periodontal çekilme (periodontitis) (P), sekonder dentin (S), kök transparanlığı (RT) değişkenlerinin yaş ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.

$E = 8.691 + 5.146A + 5.338P + 1.866S + 8.411T$  şeklinde bir formül sunmuştur.

Premolar ve molar dişleri hesaba katmaması yöntemin dezavantajı olarak görülmektedir.

### **Bang and Ramm Method-Dentin Translüsentiği metodu (1970)**

Gustafson ve onu takip eden diğer araştırmacılar, yaş ilerledikçe dentinin translüsentiğinin arttığını bildirmişler. Bu translüsentiğin, üçüncü dekatta kök dentininin ucundan başlayıp koronal olarak ilerlediğini saptamışlardır (46). Bang ve Ramm kök dentinini inceleyip ilk kez yaş belirlemede kullanılacak bir yöntem olarak ileri sürmüşlerdir (47). Dentin translüsentiğini değerlendirerek yapılmış olan başka çalışmalarda bu iki durum arasında pozitif bir korelasyon olduğunu savunmuşlardır (48, 49). Değerlendirme yapabilmek için tek bir kriter yeterli olduğu için yöntem hızlı sonuç verebilmektedir. Sağlam kök yüzeylerinin ölçülmesiyle iyi sonuçlar elde edilebilir. Ancak dişin çekimini ve kesit alınmasını gerektirdiği ve invaziv bir yöntem olduğu için dezavantajlıdır (50).

### **Johanson Method (1971)**

Gustafson'ın belirlediği 6 kriter için, yaşla meydana gelen değişiklikleri yedi farklı dereceye ayırmıştır. Johanson, kök transparanlığı (RT) ile ilgili detaylı bir çalışma

sonunda dişin kesit kalınlığının 0.25 mm olmasının daha net sonuç verdiğini öne sürmüştür (51).

Yaş = 11.02 + (5.14 × A) + (2.3 × S) + (4.14 × P) + (3.71 × C) + (5.57 × R) + (8.98 × T) formülünü önerdi.

### **Maples Methodu (1979)**

Gustafson'ın önerdiğı yöntemi daha basit ve doğru hale getirmek için Gustafson'un kullandığı altı değerden sadece sekonder dentin ve kök transparantlığı (RT) olmak üzere iki değerin kullanılmasını önermiştir (50). Kök dentininin yaşla birlikte üçüncü dekatta, kök ucundan başlayıp krona doğru ilerlediğini saptamıştır (52).

### **Solheim Method (1993)**

Solheim, Gustafson'ın önerdiğı değişikliklerin beşini (iğneme nedeniyle insizal veya oklüzal yüzeylerin aşınması (A), sekonder dentin (S), periodontal çekilme (P), sement apozisyonu (C) ve kök transprantlığı (RT)) kullandı ve farklı diş türlerinde önemli bir korelasyon gösteren üç yeni değişiklik daha ekledi. Yaşla ilgili üç yeni değişiklik yüzey pürüzlülüğü, renk ve cinsiyetti (53). alışmasında molar dişleri değerlendirmeye dahil etmemiş olup mandibular premolar ve mandibular kanin dişler için korelasyonun çok düşük olduğunu bildirmiştir.

### **Kagerer ve Grupe metodu (2000)**

Dişin hücretsiz sement tabakası incelenerek değerlendirme yapılır. Değerlendirme için dişin çekimi veya kesimi gerektirdiği için dezavantajlı bir yöntemdir. Bu yöntemle yaş belirleme yapıldığında ±2,3 yaş hata payı olduğu bildirilmiştir (54).

### **Radyoaktif karbon-14 metodu (2005)**

Atmosferdeki karbon-14 ( $C^{14}$ ) miktarı yıllara göre değişkenlik göstermektedir. 1944 yılından önce sıfır olan atmosferdeki  $C^{14}$  miktarı 1955 yılında yapılan nükleer çalışmalar sonrasında ciddi miktarda artmıştır. Atmosferdeki  $C^{14}$  çeşitli yollarla insan vücuduna girer ve içinde bulunduğu dönemdeki  $C^{14}$  miktarı ile aynı orana gelir. Mine dokusu gelişimi tamamlandıktan sonra *turnoverı* olmayan bir doku olduğu için barındırdığı  $C^{14}$  miktarı gelişimi sırasında atmosferde bulunan  $C^{14}$  miktarı ile aynıdır. Dolayısı ile gelişim zamanı bilinen dişlerin  $C^{14}$  miktarı ile kişinin yaş tespiti yapılabilir. Ancak 1944 yılından önce atmosferdeki  $C^{14}$  miktarı sıfır olduğu için bu tarihten önce doğan kişiler için yaş belirlemek için kullanılamaz (55).

### **Telomer Kısalması Metodu (2009)**

Telomerler, kromozomların uçlarına yerleşmiştir ve hücre her bölündüğünde kısalır. Telomer kısalmasından yaş belirlemek ekipman ve laboratuvar ortamı gerektirdiği için zor bir yöntemdir. Pulpa DNA'sı incelenerek telomer uzunluğu ile yaş belirlenmesi yapılan bir çalışmada  $\pm 7,5$  yaş hata bulunmuştur (56, 57).

### **Diş Rengine Göre Yöntemler**

Yaşla birlikte dişin renginde meydana gelen değişiklikleri değerlendirerek yaş belirlemeyi amaçlayan çalışmalar yapılmıştır. Ancak yöntemi objektif olarak uygulamak zordur, ayrıca patolojik durumlar, dişin orijinal rengi, postmortem değişiklikler, travmatik durumlar diş rengini etkileyebilir (58).

Spektroradyometri kullanılarak kök dentininin rengini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda  $\pm 13,7$  yaş hata ile %75 güven aralığında yaşın belirlendiğini bildiren çalışmalar mevcuttur (58).

### **Sement Apozisyonu**

Yaşla birlikte sementte ortaya çıkan değişikliklerin ölçülebilir olması bu metodu ortaya çıkarmıştır. Sementte bulunan kollejenlerin hidroksiapatit kristalleriyle yer değiştirmesi, halka şeklinde görülen bir artışa neden olur (59, 60). Ancak bu halkaların sayılması için kökten alınmış kesitlerin değerlendirilmesi gerekir. Bu invaziv bir yöntemdir. Bu şekilde yapılan çalışmalar göstermiş ki aynı bireye ait farklı dişlerde veya aynı dişe ait farklı sonuçlar aynı çıkmamıştır. Sement birikiminin uniform olmaması farklılığın sebebi olarak gösterilmiştir (61, 62).

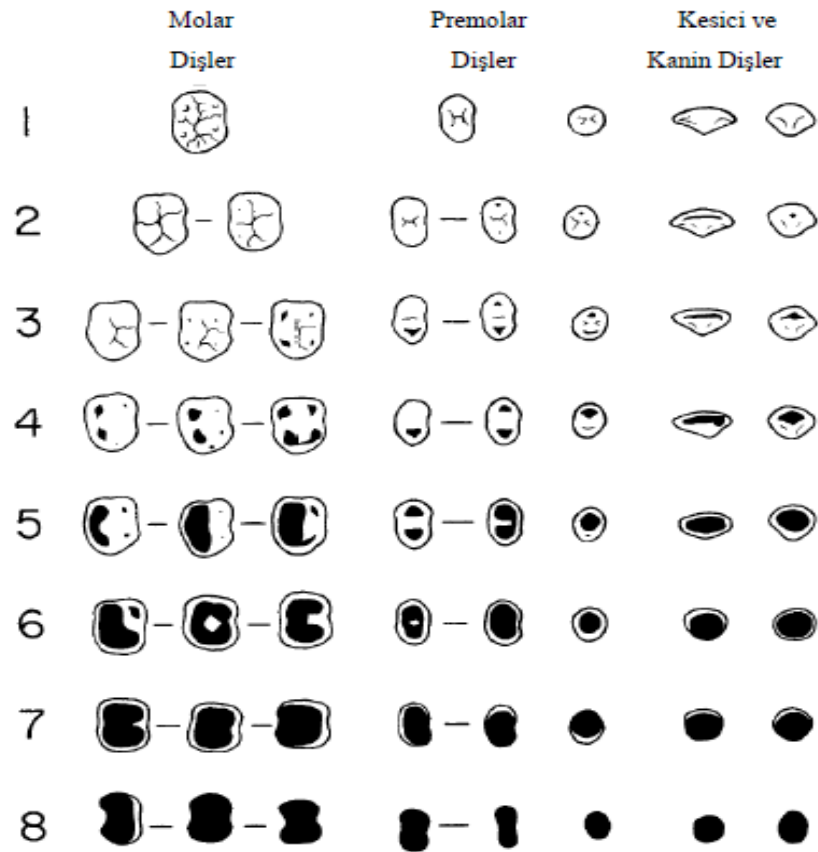
### **Atrizyon Metodu**

1971 yılında Molnar (63), 1979 yılında Scott (64) şekillerle atrizyon evrelerini göstermişlerdir. 1984 yılına gelindiğinde ise Smith ilk kez farklı dişler için (kesici ve kanin dişler, premolar, molar) sekiz aşamalı (Şekil 2.6.) bir atrizyon şeması oluşturmuştur (65).

- 1: Okluzalde veya insizalde mine kaybı hiç yok/minimal düzeyde
- 2: Okluzalde ve insizalde açığa çıkmış dentin, orta derecede kasp düzleşmesi
- 3: Okluzalde ve insizalde açığa çıkmış dentin, hemen hemen tamamen düzleşmiş kasp
- 4: Okluzalde ve insizalde ciddi derecede aşınmış mine, kasplarda mine var ancak açığa çıkmış geniş dentin alanları mevcut
- 5: Okluzalde açığa çıkmış iki dentin alanının birleşmesi, insizalde geniş dentin alanı çevresi mine ile kaplı
- 6: Okluzalde açığa çıkmış üç dentin alanının birleşmesi, insizalde geniş dentin alanı ince bir mine hattı ile çevrili
- 7: Okluzalin tamamında açığa çıkmış dentin alanı ince bir mine ile çevrili, insizalde mine sınırının çok incelmış veya kaybolmuş
- 8: Şiddetli kron yüksekliği kaybı, kron yüzeyinin kök yüzeyine benzemesi



1989 yılına gelindiğinde Song ve Jia, kasp tepelerindeki aşınmayı 0-6 arasında skorlandırarak bu metoda ortalama atrizyon değeri (ASA) adını vermişlerdir. Aynı bireyin tüm dişleri değerlendirilerek yapılan yaş belirlemede 1,9-5,7 yaş arasında bir hata ile yaşın belirlenebildiğini bildirmişlerdir. Ancak mandibular dişlerde ve kadınlarda belirlenen yaşın gerçek yaştan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (66). Yapılan bazı araştırmalar, beslenme çeşitliliği, diş eksikliği gibi çeşitli sebeplerle diş aşınmalarında farklılık olabileceği için, sadece diş aşınması değerlendirilerek yapılan yaş belirlemenin güvenilir olmadığını savunmuşlardır (67, 68).



Şekil 2.6. Atrizyon aşamaları şematizasyonu Smith'den alınmıştır (65).

### **Kök Transparanlığı**

Gustafson ve Johanson'un kullandığı parametreler kullanılmış ve özellikle kök transparanlığı ile yaş arasındaki ilişki değerlendirilmek için ölçümler yapılmıştır (45, 50, 51, 69).

Türkiye'de Afşin ve ark., kök transparanlığı ile yaş arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için çalışmışlardır. Yapılan çalışmada, mandibular ve maksiller kesici dişler, gerçek yaş ve belirlenen yaş ortalaması açısından karşılaştırılmıştır. Dağılım grafikleri doğrusal ama ters bir ilişki göstermiştir. Yaşla birlikte dentinin şeffaflığının artması ve buna bağlı olarak şeffaf alan ile kök bölgesi arasındaki oranın azalması beklenen sonuçlardır. Çalışmanın sonuçları dişlerden, kimliği belirlenemeyen iskelet kalıntılarının 4.5 ile 6.5 yaş arası bir hata aralığı ile dentin şeffaflık yöntemi kullanılarak yaş belirlemenin yapılabileceğini göstermektedir (70).

### **Aspartik Asit Rasemizasyonu**

Biyokimyasal yöntemler, amino asitlerin rasemizasyonuna dayanır. Amino asitlerin rasemizasyonu geri dönüşümlü birinci derece reaksiyondur ve metabolizmanın yavaş olduğu canlı dokularda göreceli olarak hızlıdır. Tüm amino asitler içinde aspartik asidin en yüksek rasemizasyon oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca aspartik asit yaşlanma sırasında depolanır. L aspartik asitler D-aspartik asitlere dönüştürülür ve mine, dentin ve sementteki D-aspartik asit seviyeleri yaşla birlikte artış gösterir.

İlk olarak 1975 yılında Helfman ve Bada, amino asitlerin rasemizasyonu değerlendirerek yaş ile mine ve koronal dentin içindeki aspartik asitteki D- / L-enantiomerlerin oranı arasında önemli bir korelasyon elde eden çalışmalar bildirmişlerdir (71, 72).

Ritz ve ark. tarafından ise 1993 yılında canlı bireylerin yaşını belirlemek için dentin biyopsi örneklerinde rasemizasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, yaşayan bireylerin yaşlarını diş çekmeden tespit etme ihtiyacından doğmuştur (73, 74).

### 2.5.2. Radyolojik Yaş Belirleme Yöntemleri

17-21 yaşlarında üçüncü molar dişlerin sürmesiyle birlikte kalıcı dişlerin gelişimi klinik olarak tamamlanır ve yetişkinlik döneminde radyografik yaş belirleme zorlaşır. Bu dönem sonrasında dental yaş belirleme yöntemleri dişlerdeki yaşa bağlı değişikliklere göre yapılmaktadır (50) (75).

#### Kvaal'ın Pulpa/Diş Oranı Yöntemi

Kvaal ve ark., maksiller santral, maksiller lateral ve maksiller 2.premolar, mandibular lateral, mandibular kanin ve mandibular 1. premolar dişleri için paralel teknikle alınan periapikal radyograflar üstünde çeşitli hesaplamalar yapmışlardır. Kadranlar arasında anlamlı bir fark bulamadıkları için yaş belirlerken sağ-sol kadran ayrımı yapmadıklarını bildirmişlerdir.

Radyograflar, stereomikroskop altında kumpas ile ölçülmüştür. Diş pulpa uzunluğu, kök pulpa uzunluğu, diş kök uzunluğu, kök pulpa genişliği (belirledikleri üç kök seviyesinde) ölçümlerini birbiriyle oranlayarak çeşitli modellemeler yapmışlardır (Şekil 2.7.).

Mine sement sınırında (A), kökün orta seviyesi (B) ve mine sement birleşimi ile kökün ortası (C) gibi 3 farklı bölgede pulpa genişliği/kök genişliği oranını hesaplamışlar. Ayrıca, pulpa/kök uzunluğu, pulpa/diş uzunluğu ve diş/kök uzunluğu oranlarını da hesaplamışlardır. Ancak diş/kök uzunluğu oranında iyi bir korelasyon bulunmadığı için modelleme yaparken bu oranı kullanmamışlardır.

Tüm dişler için: yaş=129,8-316,4(M)-66,8(W-L)

Maksiller dişler için: yaş=120.0-256.6 (M)-45.3(W-L)

Mandibular dişler için: yaş= 135.3-356.8 (M)-82.5(W-L)

Maksiller santral kesici için: yaş=110.2-201.4 (M)-31.3 (W-L)

Maksiller lateral kesici için: yaş= 103.5-216.6 (M)-46.6 (W-L)

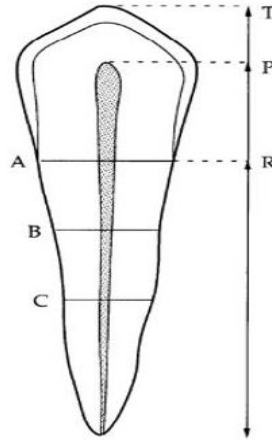
Maksiller ikinci premolar için: yaş= 125.3-288.5 (M)-46.3 (W-L)

Mandibular lateral kesici için: yaş=106.6-251.7 (M)-61.2 (W-L)-6.0 (G)

Mandibular kanin için: yaş=158.8-255.7 (M)

Mandibular birinci premolar için: yaş=133.0-318.3 (M)-65.0 (W-L) şeklinde modeller üretmişlerdir.

Kvaal'ın periapikal radyograflar kullanarak oluşturduğu modelleri, Paewinsky ve ark. panoramik radyograflar kullanarak uygulamış ancak anlamlı bir sonuç elde edemediklerini ve bu nedenle modelleme üzerinde modifikasyon yaptıklarını bildirmişlerdir.



-0=kadın, -1=erkek -M: oranların ortalaması, -L: uzunluk oranlarının ortalaması, -W: C ve B genişlik oranlarının ortalaması, -G: cinsiyet,

**Şekil 2.7.** Kvaal yönteminde yapılan ölçümlerin şematizasyonu Kvaal' dan alınmıştır (4).

### **Drusini'nin Metodu (Diş Kronal İndeksi- Koronal Pulpa Boşluğu İndeksi)**

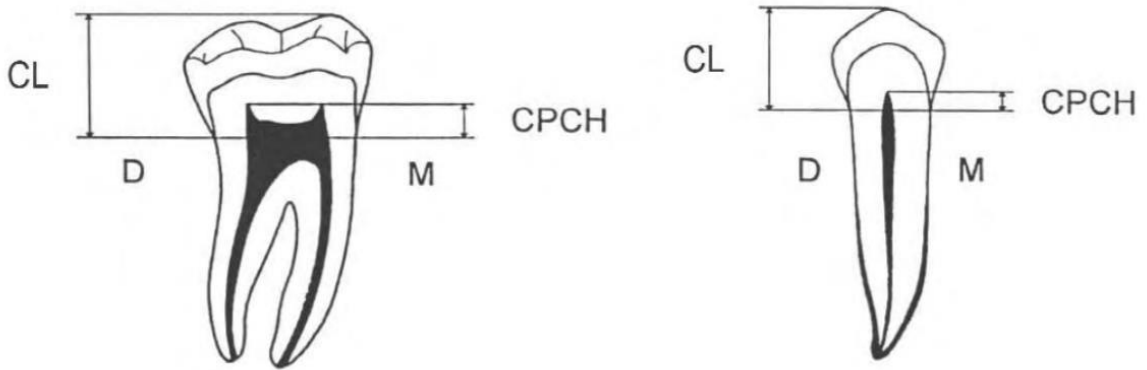
Drusini (1993) tarafından periapikal radyografları kullanarak dentin miktarı ölçülmüştür. Ölçümler kumpas ile yapılmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen verilerin yaşla korelasyonunun iyi olduğu bildirilmiştir. Ölçümler daha sonra daha büyük bir örneklem üzerinde ve panoramik radyograflar kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler için

panoramik radyografların periapikal radyograflardan daha kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (76, 77).

Bu yöntem, koronal pulpa boşluğunun azalması ile kronolojik yaş arasındaki ilişkiyi hesaplar. Mandibular premolar ve mandibular molar dişlerin sekonder dentin miktarı ölçülür.

Panoramik radyograf, diş tepesinin uzunluğunu (mm) (koronal uzunluk [KU]) ve koronal pulpa boşluğunun uzunluğunu (mm) (koronal pulpa boşluğu yüksekliği veya uzunluğu [KPY]) ölçmek için kullanılır (Şekil 2.5.4). Diş-koronal indeks (DKI) her diş için hesaplanır.

$$DKI = ([KPY] * 100) / [KU]$$



**Şekil 2.8.** Drusini yönteminde yapılan ölçümlerin şematizasyonu. Drusini (76)'den alınmıştır.

Yaygın olarak kullanılmasının ve kolay ulaşılabilmesinin yanında tüm dişlerin bir radyografda görünür olması, panoramik radyografların tercih edilme nedenleri olarak belirtilmiştir. Ancak panoramik radyografların, maksiller anterior bölgeyi göstermede periapikallere göre daha başarısız olduğu bildirilmiştir. Ark özelliği nedeniyle panoramikte daha net izlenen mandibular molar dişleri (üçüncü molarlar hariç) çalışmasına dahil etmiştir. Bu sebeplerle, mandibular molar dişler değerlendirilmiştir. Sağ-sol kadranda ayırım yapılmamış, radyograf üzerinde hangi taraf pulpası daha net görünüyorsa, o taraftaki dişler üzerinde ölçüm

yapılmıştır. Değerlendirilen dişlerin kron/pulpa yüksekliği ve kron yüksekliği hesaplanmıştır.

### **Cameriere Metodu**

Panoramik görüntüler üzerinden sağ maksiller kanin dişlerin pulpa/diş alanı oranlarını hesaplayarak (Şekil 2.9.) yaş ile korelasyonun değerlendirildiği yöntemdir. Elde edilen modele göre kadın ve erkek arasında bir fark gözlenmediği bildirilmiştir. Kanin dişi tercih edilme nedeni olarak; ağızda uzun süre kalmaları, az aşınmaları, tek köklü ve geniş pulpalı olmaları gösterilmiştir.

Yaş= $84.31-473.86 \times (\text{pulpa/diş alanı})$  olacak şekilde bir regresyon modeli oluşturulmuştur.



**Şekil 2.9.** Cameriere yönteminde yapılan alan belirleme gösterimi. Juneja ve ark. (78)'nin makalesinden alınmıştır.

Cameriere metodu olarak bilinen bu yöntem dışında, Cameriere'nin çocuklarda ve yetişkinlerde, dişlerden yaş belirlemek için yaptığı bir çok çalışma ve yöntem mevcuttur (5, 79-82).

## 2.6.Dental Yaş Belirlemede Kullanılan Görüntüleme Yöntemleri

### 2.6.1.Periapikal Görüntüleme

Periapikal görüntüleme yöntemi, diş hekimliğinde görüntüleme tekniklerinin temelini oluşturan intraoral bir yöntemdir. İlgili dişin tamamı ve çevreleyen kemik görüntülenmelidir. Görüntü elde edilirken yaygın olarak paralel teknik ve açığortay tekniği kullanılır. Diş yapısında distorsiyon meydana getirdiği için, açığortay tekniğine göre paralel teknik daha çok tercih edilir. Anatomik yapı paralel tekniğin uygulanmasını engelliyorsa uygulanma şeklinde küçük modifikasyon yapılabilir. Buna rağmen kısıtlamalar uygulamayı zorlaştırıyorsa açığortay tekniğinden faydalanılır (83). Maliyetinin düşük olması, çabuk elde edilebilmesi ve düşük radyasyon dozu nedeniyle sık kullanılır. Yaş belirlemek için periapikal görüntülerin değerlendirildiği pek çok çalışma vardır.

Drusini, 1993 yılında periapikalleri kullanarak yaş belirleme çalışmaları yapmıştır. Ancak daha sonra ortaya koyduğu yöntemi panoramikler üzerinde geliştirmiştir (77).

Kvaal 1995 yılında, çekilmiş dişlerden paralel teknik kullanılarak radyograflar almış ve bu radyografları değerlendirerek yaş belirleme çalışmaları yapmıştır(4).

Cameriere 2004 yılında, kanin dişlerini değerlendirerek yaş belirlemek için periapikal radyografları kullanmıştır. Pulpa alanı/diş alanı oranının yaş ile iyi korelasyon gösterdiğini bildirmiştir (79).

2020'de Miranda ve ark., Kvaal ve Cameriere yöntemlerini kullanarak yaş belirleme çalışmaları yapmışlardır. Yöntemlerin farklı yaş gruplarında birbirlerinden farklı korelasyonlar gösterdiğini bildirmişlerdir (84).

### 2.6.2. Panoramik Görüntüleme

Pantomografi olarak da adlandırılan bu görüntüleme yönteminde, maksilla, mandibula ve bu yapıları destekleyen çevre yapılar birlikte görüntü alanına girer. X-ışını kaynağı ve reseptör hastanın başının çevresinde döner. Görüntüler imaj tabakası

'*focal trough*' adı verilen kavisli odak ark bölgesinde net olarak oluşur. İmaj tabakası dışında kalan yapılar bulanıklaşır ve net şekilde görülemez. Travma vakaları, komşu yapılarla ilişkisinin değerlendirilmesi gereken büyük lezyonların varlığı, yirmi yaş dişlerinin değerlendirilmesi, temporomandibular eklem değerlendirmesi gibi çenelerin geniş alanlarının görüntülenmesi gereken durumlarda panoramik görüntülerden faydalanmak mantıklıdır. Yaygın olarak birçok yerde bulunması, geniş alanları tek bir görüntüde göstermesi nedenleriye genel olarak ilk tercih edilen görüntüleme yöntemidir. İlk değerlendirmenin yapılması ve daha ileri bir görüntüleme yöntemi kullanılmasının gerekip gerekmediği konusunda fikir vermesi amacıyla sıklıkla kullanılır. Ancak panoramikler ile periapikal radyograflar kadar detaylı değerlendirme yapılamaz (83).

Panoramik görüntülerden faydalanarak dişler üzerinden yaş belirleme çalışması yapan çeşitli araştırmalar vardır.

Kvaal'ın yöntemini kullanan Bosmans ve ark.(85) Landa ve ark. (86) gibi birçok araştırmacı Kvaal'ın tekniğinin orijinal formülünü periapikal radyograflar yerine panoramik radyografide yapılan ölçümleri kullanarak uygulamıştır. Paewinsky ve ark. bu yöntemle iyi bir korelasyon elde edemedikleri için model üzerinde modifikasyon yaptıklarını bildirmişlerdir (87).

Erbudak ve ark. (2012), radyografik yaş belirleme yöntemlerinden Kvaal ve ark.'nın yöntemini, 14-57 yaş aralığındaki 123 Türk bireyden alınan panoramik radyografilere uygulamışlardır. Pulpa boşluğunun uzunluk ve genişlik ölçümlerinin yaş belirleme için kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Diş ve pulpa boşluğu ölçümleri arasındaki oranlar hesaplanmış, kronolojik yaş ve belirlenen yaşlar arasında yüksek farklılıklar gözlemlendiği bildirilmişlerdir (88).

Paewinsky (87), Cameriere (80), Akkaya (89, 90), Boyacıoğlu(91) gibi bir çok araştırmacı 20 yaş dişlerini değerlendirerek yaş belirlemek için panoramik radyografları kullanmıştır.

Roh ve ark. Kvaal yönteminde kullanılan parametrelerin, Kore popülasyonunda uygulanabilirliğini değerlendirmek için dijital panoramik



radyografileri kullanarak ölçümler yapmışlardır. Kvaal ve Paewinsky denklemlerinin sınırlı yaş belirleme performansı nedeniyle, Güney Koreli nüfusa özgü yaş belirleme formülleri geliştirmişlerdir. Uzunluk oranları olmadan genişlik parametrelerinden türetilen denklemler, Kore popülasyonunda en uygulanabilir yöntem olarak değerlendirilmiştir (92).

Drusini, panoramik radyograflar üzerinde mandibular premolar ve molar dişleri değerlendirerek yaş belirleme çalışmaları yapmıştır (76, 93).

Boyacıoğlu (2017) 200 Türk bireye ait panoramik radyografları kullanarak Drusini ve Cameriere yöntemlerini karşılaştırmış. Türk popülasyonu için Drusini metodunun kullanılabilir olduğunu ancak Cameriere metodunun kullanılmasının uygun olmadığını bildirmiştir (94).

Günaçar ve ark., mandibular üçüncü molarların kök pulpasının radyografik görünürlüğünün değerlendirilmesinde KIBT doğrulaması kullanılarak yaş belirleme yönteminde panoramik radyografinin güvenilirliğini değerlendirmiştir. 290 bireyin 429 mandibular üçüncü molar dişinin KIBT ve panoramik görüntülerini incelemiştir. Tamamen mineralize mandibular üçüncü molarların kök pulpası, her iki görüntüleme yöntemi için değerlendirilmiştir. Panoramik değerlendirmesinin güvenilirliği KIBT puanları ile de analiz edilmiş ve pozitif bir korelasyon bildirilmiştir (95).

Akay ve ark. diş kron indeksi ve Olze'nin yaş belirleme yöntemlerini 860 Türk bireye (18-60 yaş) ait panoramik görüntüler üzerinde değerlendirmiştir. Mandibular premolar dişlerde koronal pulpa boşluğu yüksekliği ile kron yüksekliği arasındaki oran hesaplanmıştır. Ayrıca Olze yönteminin dört diş parametresi (sekonder dentin oluşumu, atrizyon, periodontal çekilme, sement apozisyonu) analiz edilmiştir. Olze yöntemi Türk yetişkinler arasında yaş belirleme için kullanılabilir bulunurken, diş kron indeksi yönteminin, Olze yöntemine kıyasla daha yüksek standart tahmin hatası nedeniyle yaş belirlemede kullanımı daha sınırlı olarak bildirilmiştir (96).

### 2.6.3.Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi (BT) dar bir x-ışını huzmesinin hastaya yönlendirildiği ve vücudun etrafında hızla döndürülerek, cihazın bilgisayarı tarafından işlenen sinyaller üreten, bilgisayarlı bir x-ışını görüntüleme mekanizmasını tanımlar. Görüntülenen alanın enine kesit görüntülerini veya "kesitlerini" oluşturur. Bu kesitlere tomografik görüntüler denir ve konvansiyonel röntgenlerden daha ayrıntılı bilgi içerir. Cihazın bilgisayarı tarafından bir dizi ardışık dilim toplandıktan sonra, bunlar, olası tümörler veya anormalliklerin yanı sıra temel yapıların daha kolay tespit edilmesine ve konumlandırılmasına izin veren hastanın üç boyutlu görüntüsünü oluşturmak için dijital olarak bir araya getirilebilir. BT taramaları non-invazivdir, pratiktir, geometrik bozulma nedeniyle magnifikasyon hatalarına neden olmaz (97). BT taramalarının dezavantajları ise dolgu, kron, implant gibi (özellikle molar bölgede) metal malzemelerin neden olduğu artefaktlar, yüksek radyasyon dozu ve yüksek maliyetli olmalarıdır.

Tardivo ve ark. 210 bireye ait BT görüntüsü üzerinde sağlıklı 4 kanin dişi bulunan bireylerin (15-85 yaş) görüntülerini değerlendirmişlerdir. Her diş için pulpa hacmi/toplam hacim oranı x100 hesaplamışlardır. Tüm olası gerçek durumlara karşılık gelen yedi matematiksel model, ağırlıklı en küçük kareler yöntemiyle belirlenmiş ve göreceli performans sırasına göre sıralanmıştır. Yedi modelin verilere göre yeterliliği, önerilen regresyonlarla ( $0.915 < R^2$  ayarlı  $< 0.964$ ) çok yüksek bulunmuştur. Performans sırasına göre sıralanan maksiller model, yaş belirleme için yedi modelden en güçlüsü olarak bildirilmiştir (98).

Bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri dişlerden yaş belirlemek için 15 ila 25 yaş arasındaki Avustralya popülasyonunda değerlendirilmiştir. BT görüntüleri geleneksel radyografilerle karşılaştırılmış ikisi arasındaki gelişimsel puanlama uyumu Demirjian puanlarıyla değerlendirilmiş ve iki görüntüleme yöntemi arasındaki uyum mükemmel bulunmuştur. Üçüncü molar dişin yaş belirleme için kesin bir araç olmadığı (3-8 yaş aralıkları) ancak yetişkin/çocuk geçiş yaşını 18 olarak ayırt etmek

için yararlı bir araç olduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışmada, kök gelişimleri tamamlanmış kadınların %100'ü, erkeklerin ise %96'sı 18 yaşın üzerinde bulunmuştur (99).

#### **2.6.4.Mikro Bilgisayarlı Tomografi**

Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT), rutin klinik ortamda yeni uygulanabilirlik bulabilmesine rağmen, geleneksel olarak endüstri ve prelinik çalışmalarda kullanılmaktadır. Doku diseksiyonuna gerek kalmadan mikroskobik inceleme ile aynı detay seviyesinde yüksek çözünürlüklü üç boyutlu dijital görüntüleme veri setleri sağlayabilir. Mikro-BT, daha önce magnetik rezonans görüntüleme (MRG) veya BT gibi daha geleneksel yöntemlerle mümkün olmayan, özellikle meme görüntüleme ve erken gebelik fetal otopsisinde çeşitli doku örneklerinin invaziv olmadan ayrıntılı bir şekilde değerlendirmesini sağlar.

Yaşa bağlı sekonder dentin oluşumunun neden olduğu pulpa odası hacmindeki üç boyutlu azalmayı mikro-BT kullanarak araştıran bir çalışmada cinsiyet, yaş ve diş tipini dikkate alınarak, mandibular santral ve ve mandibular 2.premolar dişlerde yaş belirlenmeye çalışılmıştır. Azalma kadınlarda erkeklere göre biraz daha yüksek ve kadınlarda azalma ile yaşlanma arasında daha yüksek bir korelasyon gözlenmiştir. Yaş grupları arasında yapılan bir karşılaştırmada, azalmanın erkeklerde elliler ile altmışlar arasında, kadınlarda kırklar ve elliler arasında ilerlediğini ortaya koymuştur. Mandibular santral dişlerde, mandibular ikinci premolarlara göre yaşlanma ve pulpa hacmindeki azalma arasında daha güçlü bir korelasyon gözlenmiştir. Bu korelasyon, cinsiyetler ve yaş grupları arasındaki diğer korelasyonlardan daha yüksek bulunmuştur (100).

Nudel ve ark., sekonder dentini görselleştirmek için yüksek çözünürlüklü mikro-BT kullanarak yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir, böylece parçalanmış ve kırık dişlerden yaş belirlenmesi kolaylaşmıştır. Sekonder dentinin yaşla birlikte büyüme paterni, 77 mandibular premolar diş için analiz edilmiştir. Sekonder dentinin sanal segmentasyon ölçümü ve histolojik ölçümünün karşılaştırılması sonucunda yüksek

oranda uyumlu bulunmuştur (ICC = 0.95). Sekonder dentinin, mine-sement birleşiminin hemen altında 1 mm kalınlığındaki bir dilimin hacmi (mm<sup>3</sup>) ölçülmüştür. Sekonder dentin analizine dayalı yaş belirlemenin standart hatası 7-8 yıl aralığında bildirilmiştir. Böylece sekonder dentin yöntemi, invaziv olmayan bir şekilde bir dişin yalnızca küçük bir parçasına dayalı olarak daha yüksek tahmin oranları ve daha iyi doğruluk ile yaş belirlemeye olanak verdiği bildirilmiştir. Bu metodolojinin kullanımı kolay ve erişilebilirdir (101).

2004 yılında Vandervoort ve ark., mikro-BT görüntülerini kullanarak tek köklü dişlerin pulpa/diş hacim oranı ile kronolojik yaş arasındaki uyumu değerlendirmiştir. Korelasyon çok yüksek bulunmamasına rağmen yaptıkları pilot çalışmada mikro-BT görüntüleri kullanarak yaş belirlemenin umut verici olabileceğini bildirmişlerdir (102).

Someda ve ark. en düşük morfolojik çeşitliliğe sahip olan büyük bir mandibular santral kesici dişi kullanmış ve cinsiyete veya bölgeye özgü denklemler üretmişlerdir. Üç boyutlu yapılar elde ederek mine, dentin ve pulpa boşluğunun hacimlerini ölçmüşlerdir. Daha sonra yaş belirlemek için regresyon denklemleri elde etmişlerdir (103).

Aboshi ve ark. kesici dişlere ve kaninlere kıyasla yıkıma karşı artan dirençleri ve molar dişlere kıyasla daha basit ve daha stabil kök morfolojileri nedeniyle seçilen alt premolarları kullanmışlardır. Kademeli bir yöntemle çoklu regresyon analizlerinin sonucu, yaş belirlemede alt premolarların mikro-BT ile pulpa-diş hacmi ölçümlerinin kullanımı için iyi bir destek sağlamışlardır(104).

#### **2.6.5.Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi**

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT), panoramik radyografların kullanılmaya başlanmasından beri dental ekstraoral görüntülemeye meydana gelen en önemli gelişmedir. KIBT ile görüntüleme, bir X-ışını kaynağının ve dedektörün sabitlendiği dönen bir portal kullanılarak gerçekleştirilir. Farklı piramidal veya konik şeklinde bir iyonlaştırıcı radyasyon kaynağı, ilgili alanın ortasından karşı taraftaki bir alan X-ışını dedektörüne yönlendirilir. X-ışını kaynağı ve dedektör, ilgilenilen bölge

(ROI) içinde sabit bir dayanak noktası etrafında döner. Işınlama (ekspoz) dizisi sırasında, genellikle en az 180°'lik bir dönüş ile görüş alanından (*field of view: FOV*) yüzlerce ardışık düzlemsel projeksiyon görüntüsü ile ark elde edilir. KIBT tek dönüşte, kısa sürede ve doğru bir şekilde üç boyutlu (3B) radyografik görüntü oluşturur. KIBT ışınlaması tüm FOV'u içerdiğinden, görüntü rekonstrüksiyonu için yeterli veriyi elde etmek için *gantry* (rampa) yalnızca bir rotasyon dizisi gereklidir. Bu teknolojinin sağladığı önemli gelişmeler ve uygulamalar, standart dijital radyografik uygulamalarla rekabet etmemektedir. Bunun yerine, KIBT belirli uygulamalar için tamamlayıcı bir modalitedir (105).

Ağız sert dokularının değerlendirilmesi, bir bireyin yaşını belirlemede çok yardımcı olabilir. Dişlerin gelişimi ve fizyolojik yaşlanması, esas olarak geleneksel radyografiye dayalı yöntemlerde yaş belirlemek için birçok ipucu sağlar. Geleneksel teknikler anatomik ve patolojik özellikler hakkında bilgi vermesine rağmen, orijinal olarak üç boyutlu olarak var olan bir sistemin yalnızca iki boyutlu görüntülerini gösterirler. Üç boyutlu görüntülemenin büyümesi ve gelişmesiyle, diş mineralizasyon sürecini daha iyi kavramak için hacimsel veriler gibi ölçümleri dahil etmek mümkün hale geldi. KIBT'in gelişimine kadar bu ölçümler *in vitro* olarak mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılarak elde ediliyordu. KIBT görüntüleri, dişlerin hacimsel ölçümlerini kullanmak ve analiz etmek için özellikle klinikte gerçek bir potansiyel sunabilir. KIBT kazanımlarını kullanarak, her dişin çeşitli bölümlerinin nicel hacimsel ölçümünü içeren çoklu regresyon analizinin, canlı bireylerde dental yaş belirleme için önemli değişkenleri belirlemek için yararlı olabileceği düşünülmektedir. Şu anda, KIBT incelemeleri yapılmaktadır ve diş dokusunun nicel olarak değerlendirilmesi için önemli bilgiler elde edilmektedir. KIBT incelemeleri klinik bir tanı veya prognostik değerlendirme yapmak amacıyla yapılırsa da dental hacimlerin ve oranlarının ölçümü için bir başlangıç veri tabanı olarak kullanılabilir ve böylece ön değerlendirmeler ve bilgiler sağlayabilir (106). Bu bilgiler doğrultusunda günümüze kadar KIBT görüntüleri kullanılarak yaş belirlemeyi amaçlayan birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalardan bazılarından bahsedilmiştir.

Yang ve ark. (2006), KIBT görüntülerine dayalı olarak pulpa ile diş hacmi arasındaki oranı hesaplamak için özel yapım bir voksel sayma yazılımı geliştirmiş ve değerlendirmiştir. Tek köklü dişleri seçerek kronolojik yaş ile pulpa/diş hacmi oranı arasında ilişkiyi değerlendirmiştir. Çalışmada korelasyonun orta derecede elde edildiği bildirilmiştir (107).

Star ve ark, KIBT görüntülerini kullanarak sekonder dentin birikiminin yaşla birlikte diş hacminde meydana getirdiği değişikliği değerlendirmek için pulpa-diş hacim oranlarını ölçmüşlerdir. Kesici ve kanin dişlerin dahil edildiği çalışmada, kesici dişlerde meydana gelen değişikliğin yaşla ilişkisinin güçlü olduğunu bildirmişlerdir (108).

2015 yılında Ge ve ark, birinci molar dişlerin pulpa hacmini KIBT görüntülerini kullanarak analiz etmiştir. Yapılan çalışmada birinci molarların pulpa hacmi ile kronolojik yaş arasında iyi bir korelasyon olduğunu, yaş belirleme için bu yöntemin kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir (109).

Pulpa yaşla ilgili değişiklikler gösteren diş yapılarındandır ve sekonder dentinin sürekli birikmesi nedeniyle pulpa odası hacminin azalmasına neden olur, mantığıyla dişin farklı bölümlerinin geometrik yaklaşımı yoluyla diş hacmi ölçümünü basitleştirmek için tasarlanmış bir araştırmada sol maksiller santral dişler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda yöntemin yaş belirleme için güvenli olduğu bildirilmiştir (110).

KIBT görüntülerinin sagittal ve koronal ekranında, dişin bukkal-lingual ve mezio-distal yönlerinde Kvaal pulpa/kök genişliği ölçümleri ve oranları hesaplanarak yapılan bir çalışmada en yüksek korelasyon gösteren maksiller santral dişin bile adli uygulama için kabul edilebilir bir aralığın dışında olduğu ve ayrıca yöntemin diş radyografilerine dayalı orijinal yaklaşımdan daha fazla zaman alıcı olduğu bildirilmiştir (111).

Gülsahi ve ark, maksiller anterior, maksiller kanin ve mandibular kanin, mandibular premolar dişlerin KIBT görüntüleri üzerinde pulpa hacmi/diş hacmi oranını hesaplayarak yaptıkları çalışmada diş ile yaş arasında negatif korelasyon

olduğunu ve cinsiyetler arasında bir fark olmadığını bildirmişlerdir. En yüksek korelasyonun maksiller santral diş için bulduklarını belirtmişlerdir (112).

Başka bir çalışma, kronolojik yaş ile gömülü mandibular üçüncü molarların pulpa hacminin mine hacmine oranı arasındaki ilişkiyi KIBT görüntüleri ve geliştirilmiş bir 3B görüntü segmentasyon tekniği kullanarak değerlendirmiştir. Sonuçların yaş belirleme için potansiyel bir indeks olduğunu ve adli tıpta kullanılmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir (113).

İspanyol popülasyonunda yapılan bir çalışmada KIBT görüntüleri üzerinden ölçülen pulpa/diş hacmi oranı ile yaş arasındaki en yüksek korelasyon maksiller santral diş için elde edilmiştir. Artan yaşla birlikte pulpa boşluğundaki hacimsel değişiklikler diş yaşını belirlemek için değerli olarak bildirilmiştir (114).

Malezya'da bir çalışmada sol maksiller kanin, sağ maksiller kanin ve sağ maksiller kesici dişlerde pulpa/diş oranı hacimsel olarak incelenmiştir. Basit doğrusal regresyon ve pearson korelasyon analizi, en güçlü korelasyon katsayısını sağ maksiller kesici dişler ( $r=0.83$ ) için, ardından sırasıyla sağ maksiller kanin ( $r=0.74$ ) ve sol maksiller kanin ( $r=0.73$ ) dişler için göstermiştir. Diş yaş belirlemenin cinsiyetten bağımsız olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma, yaşla birlikte pulpa boşluğundaki hacimsel değişimin, Malezya nüfusu arasında diş yaş belirlemek için değerli bir değerlendirme yöntemi olduğunu göstermiştir (115).

İran popülasyonunda anterior dişlerde kronolojik yaş pulpa/diş oranı ile belirlemek için; maksiller ve mandibular kanin ve santral dişlerdeki pulpa/diş alanı oranı, KIBT görüntülerinin aksiyel ve sagittal kesitleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Maksiller santral dişlerin en yüksek korelasyon gösterdiği bildirilirken maksiller kanin dişler için en düşük korelasyon elde edilmiştir. Ölçümler aksiyel ve sagittal olarak değerlendirildiğinde aksiyel kesitin daha yüksek tahmin gücüne sahip olduğu bildirilmiştir (6).

Türk toplumunda KIBT görüntülerinin sagittal kesiti kullanılarak maksiller santral dişlerde kronolojik yaş ile pulpa diş alan oranı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Kronolojik yaş ile anlamlı bir negatif korelasyon bulunmuştur ( $r = -0.615$ ). Maksiller

santral dişlerin oranı Türk popülasyonunda yaş belirleme için güvenilir bir yöntem olduğu gösterilmiştir (9).

Rai ve ark., KIBT görüntü verilerinden elde edilen üç düzlemde ölçülen maksiller kaninlerin pulpa/diş alanı oranına dayalı yaş belirleme için çalışma yapmışlardır. Her diş için sagittal, koronal ve aksiyel ekseninde mine sement sınırında, aksiyel kesitte mine-sement sınırından dörtte bir kök seviyesi uzaklıkta ve aksiyel kesitte kökün orta seviyesinde ölçümler yapılmıştır. Mine sement sınırında aksiyel kesitte yaşla korelasyonun anlamlı olduğu bildirilmiştir ( $r = 0.32$ ;  $P < 0.05$ ). Bunun nedeni muhtemelen bu seviyede pulpa ve diş dış hatlarının daha net bir şekilde izlenmesi ve buna bağlı olarak daha net ölçülmesi olarak gösterilmiştir (7) .

KIBT görüntülerinde maksiller ve mandibular molarların yaş ile pulpa odası alanı arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan bir çalışmada; maksiller ve mandibular molarların ortalama pulpa odası alanının, yaşla önemli ölçüde ilişkili olduğu bildirilmiştir (116).

Sekonder dentin birikiminin en fazla kökün servikal bölgesinde olduğu daha önceki makalelerde bildirilmiştir ayrıca servikal bölgede diş ve pulpanın dış sınırları net bir şekilde izlenmektedir. Yapılan literatür aramasında daha önce Türk toplumunda kökün servikal bölgesinde yapılan yaş belirleme çalışmasına rastlanmamıştır. Bu çalışmada, maksiller santral (MakS), maksiller lateral (MakL), maksiller kanin (MakKan) ve mandibular kanin (ManKan), mandibular 1.premolar (Man1pr) ve mandibular 2.premolar (Man2pr) dişlerin KIBT görüntülerinin aksiyel kesiti değerlendirilerek, kökün servikal bölgesindeki (MSS), pulpa/diş alanı oranının yaş belirleme için kullanılabilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.



## 2.7. Regresyon ve Korelasyon Analizi

### 2.7.1. Korelasyon Analizi

En az iki değişken arasındaki ilişkinin varlığını-yokluğunu veya ilişki varsa yönünü ve gücünü inceleyen istatistiksel yöntem korelasyon analizi adı verilir. Basit korelasyon analizinde değişkenler arasında; pozitif korelasyon, negatif korelasyon ve değişkenler arasında korelasyon yoktur şeklinde 3 farklı ilişki olabilir.

Korelasyon Katsayısı ( $r$ ): Değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü gösterir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. İlişkinin yönü pozitif ise, diğer bir ifade ile incelen değişkenlerden birisinin seviyesi arttıkça diğer değişkenin de seviyesinde bir artış meydana geliyor ise korelasyon katsayısının işareti artı '+', negatif ise '-' işareti olur. Korelasyon katsayısının -1 veya +1'e eşit olması incelenen değişkenler arasında mükemmel ilişkinin varlığını gösterir. Bu durumda incelenen değişkenlerin birbirini hatasız bir biçimde açıkladığı söylenebilir. Korelasyon katsayısının mutlak değeri dikkate alınarak değişkenler arası ilişkiler derecelendirilebilmektedir. Bu değerlendirmeler çalışmanın amacına ve alana göre farklılık göstermekle birlikte genellikle 0.4'ün altında zayıf, 0.4 – 0.7 arasında orta düzey ve 0.7'nin üzerinde kuvvetli bir ilişkinin varlığından söz edilebilir (117).

Tanımlayıcılık katsayısı ( $r^2$ ): Bağımlı değişkendeki değişimin yüzde kaçının bağımsız değişken tarafından tanımlanabildiğini gösterir.

Bu iki analiz tıp alanında sıkça kullanılan yöntemler olup, yaş belirleme çalışmalarında da sıkça başvuru alan istatistiksel analiz yöntemleridir (118).

### 2.7.2. Regresyon Analizi

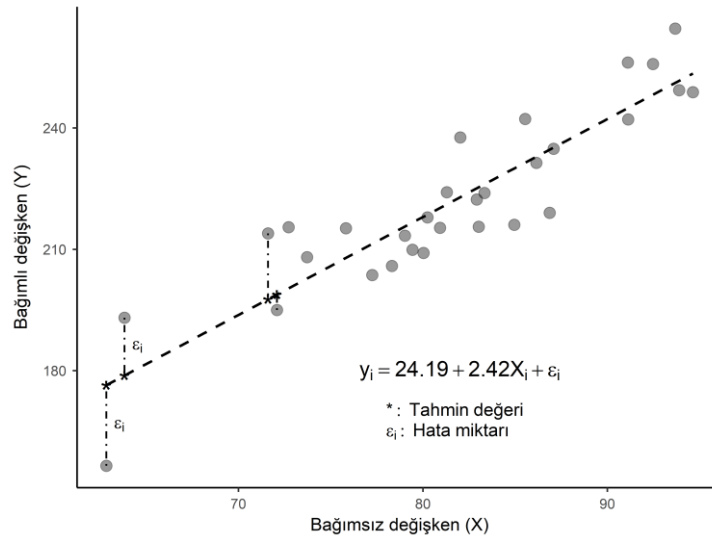
Regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi (doğrusal veya eğrisel ilişkiler) modelleyen istatistiksel bir analiz tekniğidir. Bu teknik ile ilgilenilen bir yanıt değişkeni (bağımlı değişken,  $y$ ) için

bir veya birden fazla açıklayıcı (bağımsız değişken,  $x$ ) değişken kullanılarak istatistiksel model denkleminin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Yanıt değişkeninin normal dağılım yapısında bir nicel değişken olduğu durum için doğrusal regresyon modelinin genel gösterimi eşitlik (2.1)'de verilmiştir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon_i \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1)'de verilen model denklemi bağımlı değişkenin  $k$  tane bağımsız değişken ile açıklandığı çoklu doğrusal regresyon modelini (multiple linear regression) ifade etmektedir. Model denkleminde yer alan katsayılar ise  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$  bağımsız değişkenlerin yanıt değişkeni üzerindeki etkisinin yönünü ve derecesini göstermektedir. Elde edilen model denklemlerle ilerleyen süreçlerde yanıt değişkeninin bilinmeyen değerini tahmin etmek veya bağımsız değişkenlerdeki birim artışların yanıt değişkeni üzerindeki etkisini görmek amaçları ile kullanılabilir. Regresyon analizinin bir diğer amacı ise iki değişken arasındaki ilişkinin bir veya birden fazla etki karıştırıcı bakımından düzeltildikten sonra incelemektir. Örneğin, çoklu doğrusal regresyon modeli sayesinde bağımlı değişken ile  $X_1$  değişkeni arasındaki ilişki diğer değişkenlerin  $(X_2, X_3, \dots, X_k)$  etkisi arındırıldıktan sonra incelenebilmektedir. Şekil 2.10.'da basit doğrusal regresyon analizi için bir örnek model gösterilmiştir. İlişki yapısı ve model denklemler incelendiğinde,  $X$  ve  $Y$  değişkenleri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Regresyon katsayılarına göre ise  $X$  değişkeninde meydana gelen 1 birimlik artışın  $Y$  değişkeninde 2.42 birimlik artışa yol açacağı söylenebilir.

Çoklu doğrusal regresyon modelleri oldukça faydalı olmasına karşın pratikte kullanılabilmesi için çeşitli varsayımları sağlaması gerekmektedir. Bu varsayımların kontrolü grafiksel ve analitik yaklaşımlar yardımı ile regresyon modelinden elde edilen artık değerler (rezidüel,  $\epsilon_i$ ) üzerinden incelenmektedir.



**Şekil 2.10.** Basit doğrusal regresyon modeli örneği.

### 2.7.3. Rezidüel Analizi

Artıklar ( $\varepsilon_i$ ), regresyon modelinden elde edilen tahmin değerleri ( $\hat{y}$ ) ile gerçek değerler ( $y$ ) arasındaki farka eşittir. Regresyon modelinin tahmin performansı arttıkça modelden elde edilen hataların azalması beklenir. Bununla birlikte, regresyon modelinin tahmin amaçlı kullanılabilmesi için artıkların belirli varsayımları sağlaması gerekmektedir. Bu varsayımlar:

- *Artıkların normal dağılıma uygunluğu:* Regresyon modelinden elde edilen artıklar 0 ortalama ve sabit varyans ile normal dağılıma uyar.
- *İlişkinin doğrusallığı:* Bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişki doğrusaldır.
- *Artıkların bağımsızlığı:* Modelden elde edilen artıklar ölçümlerin elde edilmiş sırasına bakılmaksızın birbirinden bağımsızdır, artıklar arasında otokorelasyon yoktur.

- *Sabit varyanslılık*: Artıkların varyansı bağımsız değişkenlerin tüm seviyelerinde benzerdir. Bağımsız değişkenlerin değerlerine göre artan veya azalan bir varyanslılık durumu yoktur.

Regresyon çözümlenmesi için yukarıda verilen varsayımlar grafiksel yaklaşımlar ve çeşitli hipotez testleri ile ölçülebilmektedir (117). Bu aşamada kullanılan teknikler bakımından detaya girilmeyecektir.

### **Model performansının değerlendirilmesi**

Regresyon modellerinin performansı çeşitli istatistikler yardımı ile gerçekleştirilebilir. Çoklu açıklayıcılık katsayısı ( $R^2$ ), tahmin edilen artık kareler toplamı (Predicted Residual Error Sum of Squares, PRESS), hata kareler ortalaması (Mean squared error, MSE), logaritma olabirlik değeri (log-likelihood) ve Akaike bilgi kriteri (Akaike's Information Criterion, AIC) gibi ölçüler bu amaçla yaygın kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında regresyon modellerinin performans değerlendirmesi  $R^2$  ve MSE değerleri kullanılarak incelenmiştir.

### **2.8.Makine Öğrenme (Öğrenimi)**

Makine öğrenimi (*machine learning*) model oluşturma sürecini otomatize eden veri analizi yöntemleri bütünüdür. Makine öğreniminin temelinde "geçmiş verilerde geçerli olan ilişki yapıları gelecekte toplanacak yeni verilerde de geçerli olacaktır" fikri yatmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde makine öğrenimi, geliştirilmiş olan algoritmalar sayesinde modelleme aşamasında önceden belirlenmiş olan herhangi bir istatistiksel modele veya denkleme bağlı kalmaksızın değişkenler arası ilişkileri doğrudan veri setinden öğrenmeyi amaçlar ve öğrenilen bilgiye dayalı bir model elde eder. Makine öğrenme algoritmaları tıp, e-posta filtreleme, görüntü ve ses işleme, biyoinformatik analizler, ses tanımlama, metin madenciliği vb. gibi geniş bir alanda klasik modelleme teknikleri ile çözümlenemeyen büyük çaplı verilerin analizinde sıklıkla kullanılmaktadır. Üst düzey makine öğrenme algoritmaları, büyük

çaplı ve karmaşık veri yapılarında değişkenler arası ilişkileri kendi kendine öğrenebilecek şekilde geliştirilmektedir. Bu amaçla eğitim kümesi (*train set*) olarak adlandırılan bir veri setinde makine öğrenme algoritmaları çalıştırılarak modellerin eğitilmesi sağlanır. Eğitilen bu modeller yardımı ile eğitim kümesinde kullanılmayan veya yeni elde edilen veri setleri (*test set*) için çıkarımlarda bulunulur.

Makine öğrenme algoritmaları birçok farklı amaç için kullanılmakla birlikte bu algoritmalarından çoğunlukla sınıflama (*denetimli öğrenme, supervised learning*) veya kümeleme (*denetimsiz öğrenme, unsupervised learning*) problemlerinde yararlanılmaktadır. Denetimli öğrenme yaklaşımında yanıt değişkeni (*çıkıtkı değişkeni, output*) ve bağımsız değişkenler (*girdi değişkenleri, input*) arasındaki ilişki veri setinden öğrenilerek model oluşturulur. Bu modelleme tekniğinde girdi ve çıkıtkı değişkenleri bilindiğinden dolayı algoritmalar bu iki küme arasındaki ilişkiyi modellemek üzere eğitilmektedir. Sınıflama ve regresyon problemleri denetimli öğrenme yaklaşımına bir örnek olarak verilebilir. Denetimsiz öğrenme yaklaşımında ise bilinen bir çıkıtkı değişkeni bulunmamaktadır. Bu nedenle, denetimsiz öğrenme yaklaşımına dayalı algoritmalar girdi değişkenleri arasındaki ilişki yapılarına göre gözlemleri gruplamayı ve çıkıtkı değişkenine yönelik olası alt grupları elde etmeyi amaçlar. Kümeleme problemleri denetimsiz öğrenme yaklaşımına bir örnek olarak verilebilir. Bu tez kapsamında toplanan verilerde girdi ve çıkıtkı değişkenleri bilinmektedir. Bu nedenle, tez kapsamında kullanılan makine öğrenme algoritmaları denetimli öğrenme yaklaşımına dayalı algoritmalarlardır.

### **2.8.1.Sınıflandırma ve Regresyon Ağaçları (SRA) (*Classification and Regression Trees, CART*)**

Karar ağaçları, sınıflama ve regresyon problemlerinde kullanılan popüler ve aynı zamanda basit bir algoritma altyapısına sahip olan makine öğrenme teknikleri arasındadır. Bu yöntemde, girdi değişkenlerinin aldığı değerlere göre ayrılarak dallanan ve giderek büyüyen bir ağaç formu söz konusudur. Çıkıtkı değişkeninin sayısal

değer alması durumunda regresyon modeli, kategorik değerler alması durumunda ise sınıflama modeli oluşturulmaktadır. Karar ağaçlarının bir diğer avantajı ise sınıflama ve/veya regresyon modelinin basit bir şekilde görselleştirilebilmesidir. Şekil 2.12.'de sınıflama problemine ait örnek bir karar ağacı verilmiştir. Bu örnekte internet üzerinden hizmet veren bir bilet satış platformunun müşterilerine ürün teklifi yaparken izlediği strateji görsel olarak verilmiştir. Girdi değişkenlerinin değerlerine göre başlangıç adımından ileriye doğru ağacın dallanarak büyüdüğü ve bir noktada karar adımına ulaştığı görülmektedir.



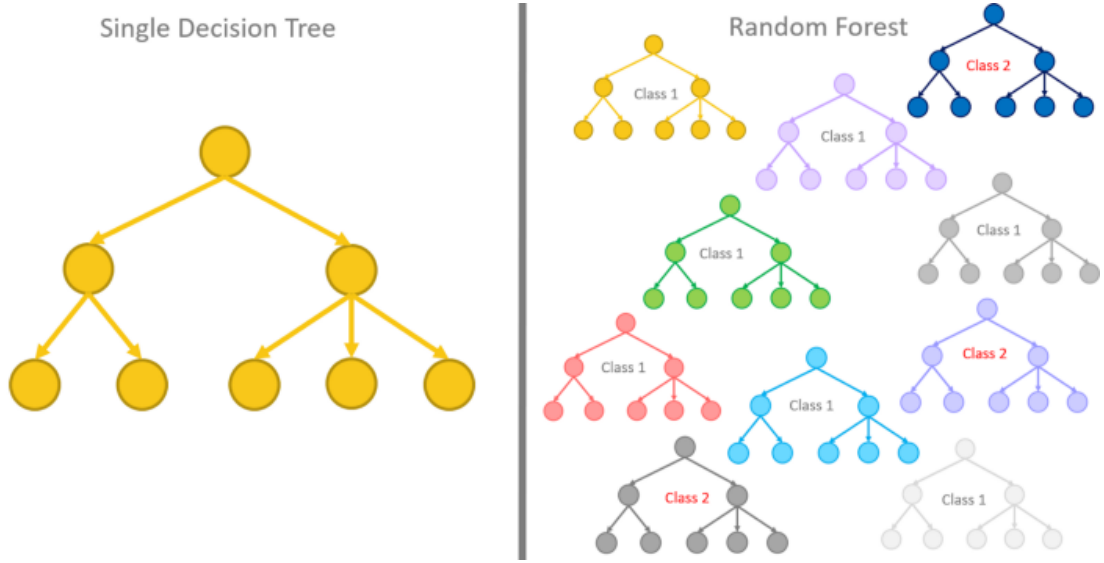
Şekil 2.12. Bilet satış tarifleri için bir karar ağacı örneği.

Karar ağaçlarında hangi girdi değişkenlerinin karar sürecinde dikkate alındığı, dallanma sırasında kullanılan kriter, ağaç derinliği (dal sayısı), vb. ölçütler oluşturulan modelin performansına doğrudan etki etmektedir. Bu tez kapsamında karar ağaçları oluşturulurken SRA algoritmasından yararlanılmıştır (119). Ağaç derinliği model oluşturma aşamasında performansı en yüksek yapan değer olacak şekilde optimize edilmiştir.

### 2.8.2.Rastgele Orman (RO) (*RANDOM FOREST*)

Karar ağaçları, kolay yorumlanabilir olması ve karmaşık olmaması nedeniyle veri madenciliği uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak, model performansı çoğu makine öğrenme algoritmasına göre daha düşük çıkabilmektedir. Bu nedenle, karar ağaçlarının performansını arttırmaya yönelik yeni teknikler geliştirilmiştir. Rastgele orman yaklaşımı sınıflama performansı düşük olan çok sayıda karar ağacını birlikte değerlendirmek ve birden fazla modele dayalı ortak karar vermek üzere geliştirilmiş bir makine öğrenme algoritmasıdır (119, 120).

Rastgele orman algoritması sınıflama ve regresyon problemlerinde kullanılan denetimli öğrenme algoritmalarından birisidir. Sınıflama problemlerinde, çok sayıda karar ağacı kullanılarak alınan kararlar birleştirilir ve yanıt değişkeni çoğunluğun verdiği karara göre (*majority voting*) belirlenir. Regresyon problemlerinde ise kurulan karar ağaçlarından elde edilen sonuçlar ortalaması alınarak birleştirilir. Bu sayede, zayıf performans gösteren çok sayıda karar ağacı birleştirilerek daha güçlü sonuçlar üreten bir karar ağacı ağının oluşturulması mümkündür. Rastgele orman algoritması, SRA yöntemine göre daha yüksek performans verme eğilimindedir, ancak, karar modelinin görselleştirilmesi çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Klasik karar ağacı yaklaşımı ile rastgele orman arasındaki ilişki Şekil 2.13.'de gösterilmiştir.

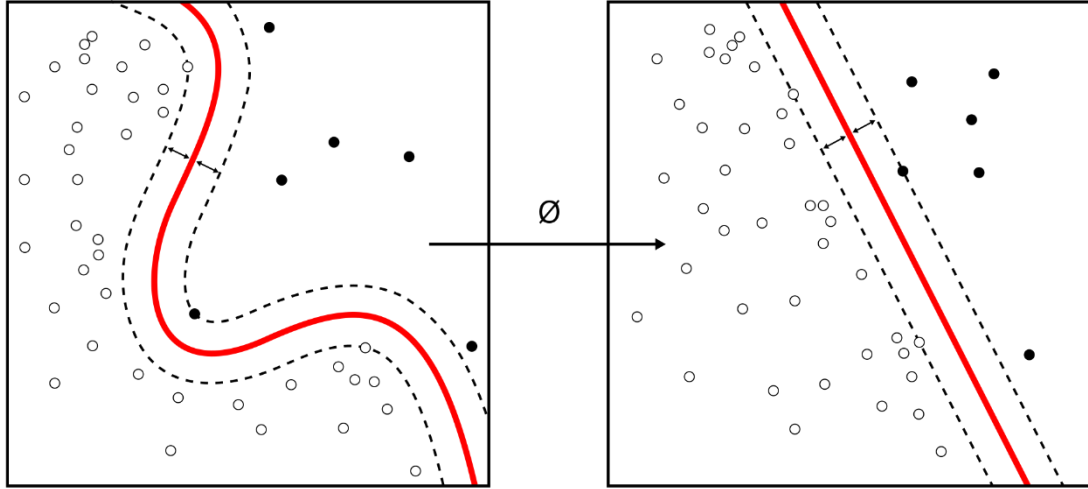


Şekil 2.13. Karar ağacı (SRA) ile rastgele orman (RO) yöntemleri arasındaki ilişki.

### 2.8.3. Destek Vektör Makinesi (DVM) (*SUPPORT VECTOR MACHINES, SVMs*)

Destek vektör makinesi (DVM) (*support vector machines, SVMs*) temelleri Vladimir Vapnik ve ekibi tarafından atılan, sınıflama veya regresyon problemlerinde kullanılan etkin bir makine öğrenme algoritmasıdır (121). İki kategorili bir sınıflama probleminde destek vektör makineleri, bir girdi değişkenler kümesinden elde edilen bilgi ile her bir gözlemi olası iki sınıftan birisine atamayı amaçlar. Bu yönü ile DVM iki kategorili doğrusal ayırma problemi olarak da ele alınabilir. DVM algoritmasının güçlü altyapısı ve özellikleri sayesinde bu yöntem ikiden çok kategorili sınıflama problemlerine veya Şekil 2.14.'de gösterildiği üzere doğrusal yapıda ayrılmayan problemlere uyarlanabilmektedir. Eğrisel ayırma bölgeleri çeşitli çekirdek fonksiyonlar kullanılarak belirlenebilmekte ve hiper-düzlemler yardımı ile ayırma işlemleri yapılabilmektedir (122).





**Şekil 2.14.** Destek vektör makinesi sınıflama problemi – eğrisel (solda) ve doğrusal (sağda) ayırma modelleri.

Makine öğrenme algoritmalarında eğitilen modelin performansı parametre optimizasyonuna bağlı olarak değişmektedir. DVM algoritmasında model parametreleri eğitim kümesinde optimize edilmektedir. Bu amaçla farklı teknikler kullanılmakla birlikte bu tez kapsamında parametre optimizasyonları çapraz geçerlilik (*cross-validation*) yöntemi ile belirlenmiştir. Modelin doğru sınıflama performansı ise bağımsız bir test kümesi üzerinde ölçülmüştür.

#### 2.8.4. Lojistik Regresyon (LR)

Lojistik regresyon modeli, yanıt değişkeninin iki veya daha fazla kategorili bir nitel değişken olduğu durumda kullanılan genelleştirilmiş doğrusal modeller (*Generalized Linear Models*, GLMs) ailesinden bir modelleme tekniğidir. Yanıt değişkeni üzerinde etkili olduğu düşünülen bağımsız değişkenler üzerinden bir model denklemi elde edilir. Yanıt değişkeninin iki kategorili (hasta/sağlıklı, evet/hayır, var/yok, vb.) olduğu bir çalışmada çoklu lojistik regresyon modeli Eşitlik (2.2.)’de verildiği şekli ile ifade edilir.

$$\text{logit}(p) = \log \log \left( \frac{p}{1-p} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (2.2.)$$

Burada,  $p$  olasılığı bir bireyin ilgilenilen olay ile karşılaşma olasılığını göstermektedir. Lojistik regresyon modeli, bağımsız değişkenlerin *logit*inde doğrusal yapıda bir modeldir. Bağımsız değişkenlerin ilgilenilen olayla karşılaşma olasılığı üzerindeki etkileri değerlendirilirken odds oranı (*odds ratio*, OR) yardımı ile incelenmektedir. Eşitlik (2.2.)’de verilen model için  $X_1$  değişkeninin olayla karşılaşma olasılığı üzerindeki etkisi üstel fonksiyon yardımı ile  $e^{\beta_1}$  olarak hesaplanır. Bu değer,  $X_1$  değişkenindeki birim artışın olayla karşılaşma olasılığını kaç kat arttırdığını (veya azalttığını) gösteren bir risk ölçüsüdür. Eşitlik (2.2.)’de verilen model için yanıt değişkeni ikiden fazla kategorili olduğu durumda regresyon modeli “Çok kategorili lojistik regresyon” (*multinomial logistic regression*) adını alır. Bu model iki kategorili lojistik regresyon modeline göre yorumlanabilirliği daha karmaşık bir modeldir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Etik Kurul Onayı

Çalışma protokolü Helsinki Bildirgesi'ndeki düzenlemeleri içerecek şekilde tanımlanan prensiplere uygun olarak hazırlanmış ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 17.12.2019 tarihinde GO 19/1187 protokol numarası ile etik onay alınmıştır.

#### 3.2. KIBT Görüntülerinin Seçimi ve Değerlendirilmesi

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda; klinik tanı ve tedavi için alınmış KIBT görüntüleri digital arşiv sistemine aktarılarak depolanmaktadır. Retrospektif olarak yapılan bu çalışma için kullanılacak görüntüler 2019-2021 yılları arasında depolanmış görüntüler taranarak elde edilmiştir. Çalışmada değerlendirilen mevcut tüm KIBT görüntüleri *i-CAT Next Generation CBCT scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA)* cihazı (Şekil 3.1.) kullanılarak elde edilmiştir. Görüntülerin voksel boyutu 0.20-0.30 mm, FOV boyutu 16x(8-13) ve 23x17 cm'dir. Kullanım parametreleri 120 kVp, 5 mA, 14,7-17,8 sn'dir.

Çalışma için 5208 görüntü taranmış olup 18 yaş üstü bireye ait, görüntüleme hatası içermeyen ve ölçüm yapılabilecek, maksiler santral (MakS), maksiller lateral (MakL), maksiller kanin (MakKan) ve mandibular kanin (ManKan), mandibular 1.premolar (Man1pr) ve mandibular 2. premolar (Man2pr) dişlerin mevcut olduğu 236 görüntü ve 1416 diş seçilmiştir. Dişler değerlendirilirken sağ sol kadran ayrımı yapılmamıştır.

KIBT görüntülerinin çalışmaya dahil olma kriterleri;

- Bireye ait yaş ve cinsiyet bilgilerinin bulunması,
- 18 yaşından büyük bireye ait olması,
- MakS, MakL, MakKan ve Mankan, Man1pr ve Man2pr dişlerin mevcut olması,
- Dişlerin tamamen sürmüş olması,

- Dişlerin kök gelişiminin tamamlanmış olması.,
- Dişlerde çürük, fraktür veya periapikal patoloji bulunmaması,
- Dişlerde restorasyon veya kök-kanal dolgusu bulunmaması,
- Dişlerde atrizyon, abrazyon, erozyon olmaması,
- Diş pulpasında kalsifikasyon gibi anomali bulunmamasıdır.

Seçilen görüntüler 1'den 236'ya kadar numaralandırılarak Uluslararası Standartlar Örgütü tarafından referans gösterilen *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) formatında bilgisayar dosyasına aktarılmıştır. Ayrıca seçilen bireylere ait yaş ve cinsiyet bilgisi de ayrı bir Microsoft Excel dosyasına kaydedilmiştir. Kronolojik yaşlar, KIBT görüntülerinin çekildiği tarihten bireylerin doğum tarihlerinin çıkartılması ile elde edilmiştir.

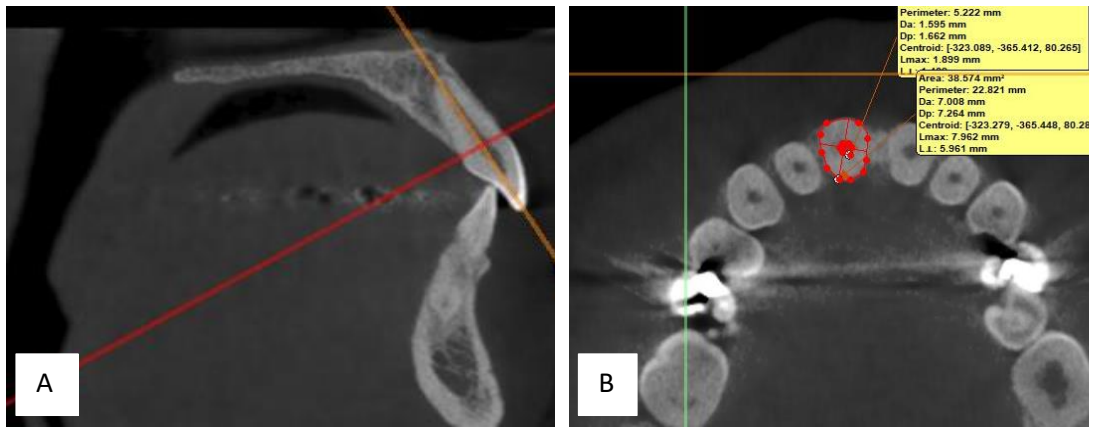


**Şekil 3.1.** Görüntülerin elde edildiği KIBT cihazı.

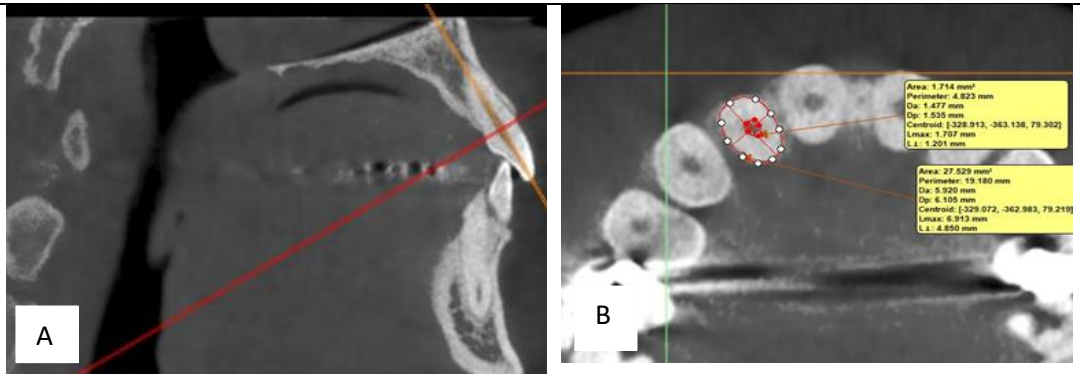
Değerlendirme kriterlerine uygun görüntüler Mimics  
(Materialise Mimics Research version 20.0, Materialise NV Leuven, Belgium,)

programı kullanılarak her diş için ayrı ayrı detaylı ölçüm yapılabilecek büyütmede ve gerektiğinde kontrast, keskinlik ve parlaklık ayarları düzenlenerek yapılmıştır.

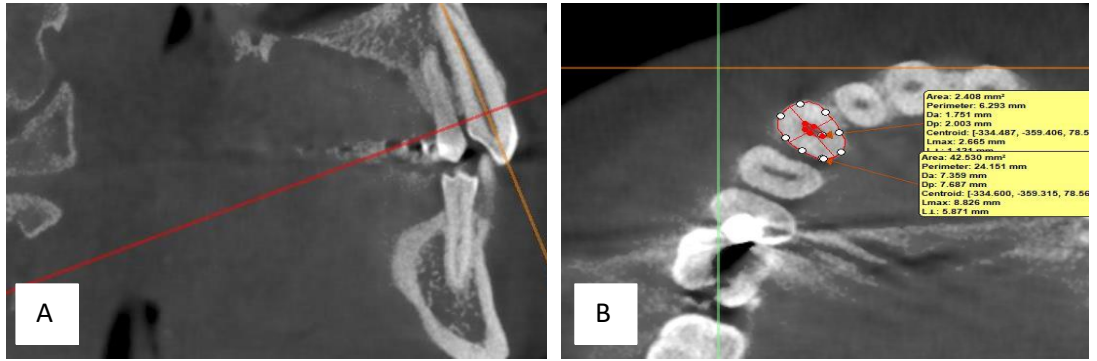
Sagittal kesitte, ölçüm yapılacak diş için kök apeksinden kuron ucuna olacak şekilde uzun akstan geçen düzlemler belirlenmiştir. Dişin uzun aksından geçen düzlemlerle mine sement sınırından geçen düzlem dik olacak şekilde ayarlamalar yapılmış ve aksiyel kesite geçilmiştir (Şekil 3.2.A, Şekil 3.3.A, Şekil 3.4.A, Şekil 3.5.A, Şekil 3.6.A, Şekil 3.7.A).



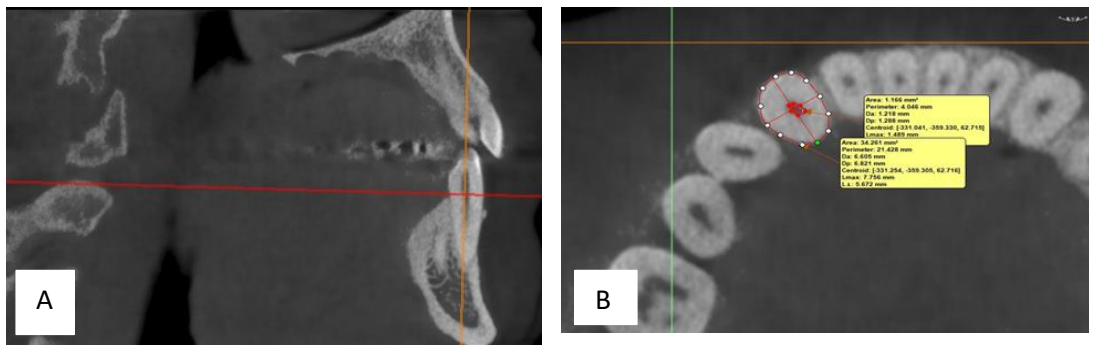
Şekil 3.2. Maksiller santral dişe ait: A) Sagittal kesit B) Aksiyel kesit.



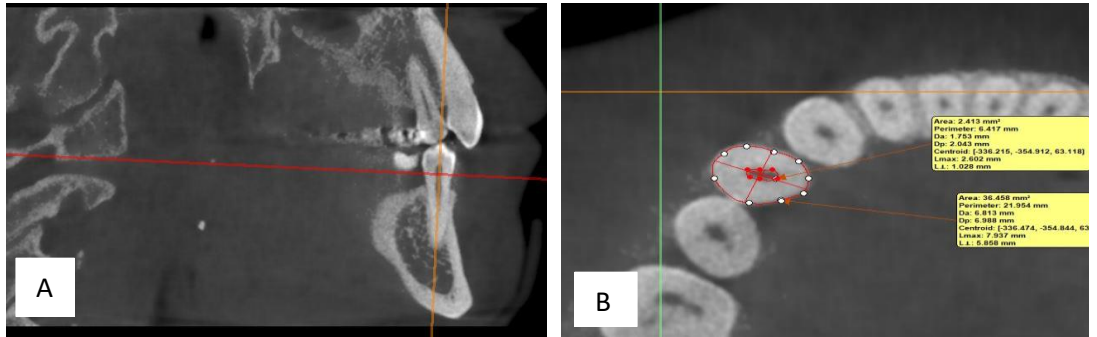
Şekil 3.3. Maksiller lateral dişe ait: A) Sagittal kesit B) Aksiyel kesit.



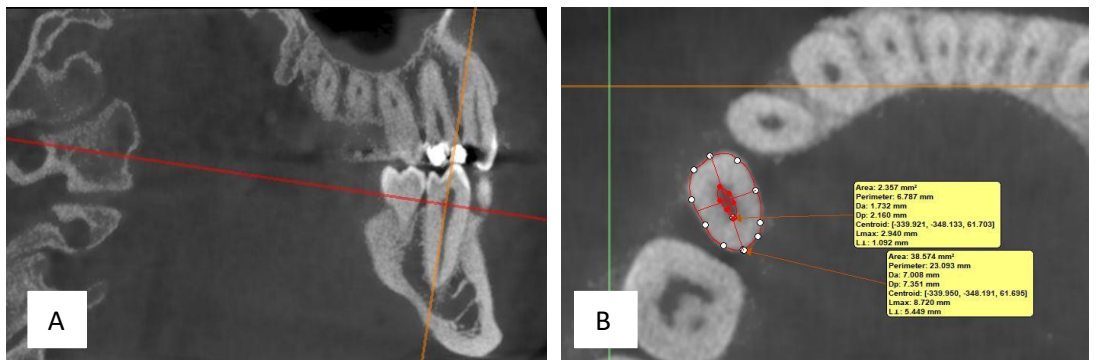
Şekil 3.3. Maksiller kanin dişe ait: A) Sagittal kesit B) Aksiyel kesit.



Şekil 3.4. Mandibular kanin dişe ait: A) Sagittal kesit B) Aksiyel kesit.



Şekil 3.5. Mandibular 1.premolar dişe ait: A) Sagittal kesit B) Aksiyel kesit.



Şekil 3.6. Mandibular 2.premolar dişe ait: A) Sagittal kesit B) Aksiyel kesit.

Eksenler ayarlandıktan sonra aksiyel kesit mine sement sınırında diş ve pulpa sınırlarını belirlemek için manuel olarak noktalar (pulpa için en az 6, diş için en az 10 nokta) konulmuştur. Noktaların birleştirilmesi ve alan hesaplaması program tarafından yapılmıştır (Şekil 3.2.B, Şekil 3.3.B, Şekil 3.4.B, Şekil 3.5.B, Şekil 3.6.B, Şekil 3.7.B).

Ölçümler tecrübeleri 2 yıl olan uzmanlık öğrencisi iki gözlemci tarafından yapılmıştır (ÖBD VE Şİ). Belirlenen dişlerde pulpa alanı ve diş alanı ölçümü ve oran hesaplanması gözlemciler tarafından bağımsız olarak yapılmıştır.

Gözlemci içi tutarlılığın değerlendirilmesi için önce HB tarafından rastgele seçilen 50 bireye ait ölçümler birinci gözlemci (ÖBD) tarafından gerçekleştirilmiştir. Üç hafta ara verildikten sonra birinci gözlemci tarafından ikinci ölçümler tekrarlanmıştır. Bu ölçüm değerleri istatistiksel olarak sınıf içi korelasyon anlamlılık testi ile değerlendirilmiş ve yüksek düzeyde tutarlılık saptanmıştır. Elde edilen bu sonuç doğrultusunda çalışmaya dahil edilen tüm görüntülerin ölçüm aşamasına geçilmiştir.

Gözlemciler arası tutarlılığın değerlendirilmesi için de 50 bireyin KIBT görüntülerine ait ölçümler bağımsız olarak ikinci gözlemci (ŞD) tarafından gerçekleştirilmiştir.

### **3.3.Verilerin Analizi**

Verilerin istatistiksel analizleri R programlama dilinde ([www.r-project.org](http://www.r-project.org), ver. 3.6.2) yapılmıştır. Sayısal değişkenler normal dağılıma uygunluğuna bakılarak özetlenmiştir. Normal dağılan sayısal değişkenler için ortalama ve standart sapma, normal dağılmayan değişkenler için ise ortanca ve çeyreklikler (veya en küçük, en büyük değerler) kullanılmıştır. Sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu grafiksel (histogram, Q-Q grafikleri, kutu-çizgi grafiği, vb.) ve analitik (Shapiro-Wilk normallik testi) yöntemler ile incelenmiştir. Kategorik değişkenler sayı ve yüzdeler ile özetlenmiştir. Görüntülerden elde edilen veriler kullanılarak bireylerin yaşlarının belirlenmesi regresyon modeli ve makine öğrenme algoritmaları ile yapılmıştır. Bu amaçla bireylerin yaşları kategorik hale getirilmiş ve çeşitli değişkenler dikkate

alınarak istatistiksel modeller kurulmuştur. Regresyon modellerinde elde edilen modelin standart hatası (Standart Error of the Estimate) ve açıklayıcılık katsayısı ( $r^2$ ) dikkate alınarak performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Makine öğrenme algoritmalarının performans değerlendirmeleri ise genel doğruluk oranı, duyarlılık ve seçicilik ölçüleri dikkate alınarak yapılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak belirlenmiştir. Makine öğrenme algoritmalarında modeller eğitim kümesi ile eğitilmiş ve bağımsız bir test kümesinde performans değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla veri seti %70'i eğitim ve %30'u test seti olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Eğitim kümesi ile makine öğrenme algoritmaları eğitilmiştir. Eğitilen modellerin parametre tahminleri 5 parça ve 10 tekrarlı çapraz geçerlilik yöntemi (*repeated cross-validation*) ile elde edilmiştir. Modelin aşırı uyum problemi (*overfitting*) yaşamaması için bağımsız bir test kümesi kullanılmıştır. Bu tez kapsamında makine öğrenme algoritmaları, 216 bireye ait Maks, MakL, MakKan, ManKan, Man1pr, Man2pr dışlarından elde edilen P/D alan oranları kullanılarak yaş gruplarına göre kronolojik yaşın [18-25], (25-35], (35-45], (45-55] ve (55+] olacak şekilde 5 farklı gruba ayrılmış yaş sınıflarının hangisine ait olduğunun belirlenmesi ve 35 yaş eşik alınarak kronolojik yaşın bu eşik yaştan büyük/küçük olup olmadığının belirlenmesi şeklinde iki farklı yaklaşımla değerlendirilmiştir.



#### 4.BULGULAR

Yaşları 18-70 arasındaki 236 bireyin (121 erkek ve 115 kadın) ortalama yaşı 38,0072'dır. Tüm katılımcıların cinsiyet ve yaş gruplarına göre dağılımları Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Örneklemenin cinsiyet ve yaş gruplarına göre dağılımı.

Yaş grupları	Kadın	Erkek	Toplam
[18-25]	33	25	58
(25-35]	26	23	49
(35-45]	24	33	57
(45-55]	21	28	49
(55-70]	11	12	23
Toplam	115	121	236

#### 4.1. Gözlemci İçi Tutarlılık Testleri Sonuçları

Gözlemci içi uyum sınıf içi korelasyon analizi ile değerlendirilmiş olup Tablo 4.2. de gösterilmiştir. Gözlemcinin aynı örneklem grubundan rastgele seçilen 50 birey için; birinci değerlendirmesi ve üç hafta sonra yinelenen ikinci değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. İki ölçüm arasındaki uyumluluk  $r=0.90$  ile  $r=0.95$  arasında olup oldukça kuvvetli bulunmuştur.

**Tablo 4.2.** Gözlemci içi tutarlılığın sınıf içi korelasyon katsayısı tablosu

Yapılan Ölçümler	Sınıf içi Korelasyon Katsayısı
MakSD P/D	0.95
MakLD P/D	0.90
MakKan P/D	0.94
ManKan P/D	0.95
Man1pr P/D	0.95
Man2pr P/D	0.95

#### 4.2 Gözlemciler Arası Tutarlılık Testleri Sonuçları

Gözlemciler arası tutarlılık testleri, rastgele seçilmiş olan 50 bireye ait 1. gözlemci ve 2. gözlemcinin ölçümleri değerlendirilerek hesaplanmıştır. Elde edilen veriler sınıf içi korelasyon testi ile analiz edilmiş, gözlemcilerin ölçümleri arasındaki tutarlılık  $r=0.86$  ile  $r=0.90$  arasında olup Tablo 4.3. de gösterilmiştir.

**Tablo 4.3.** Gözlemciler arası tutarlılığın sınıf içi korelasyon katsayısı tablosu.

Yapılan Ölçümler	Sınıfıçi Korelasyon Katsayısı
MakSD P/D	0.90
MakLD P/D	0.86
MakKan P/D	0.87
ManKan P/D	0.88
Man1pr P/D	0.86
Man2pr P/D	0.89

Gözlemci içi uyumları 0.94'den ( $r>0.94$ ) fazla olduğu ve gözlemciler arası uyum 0.87'den ( $r>0.87$ ) yüksek olduğu için analizler 1. gözlemcinin birinci ölçümleri üzerinden yapılmıştır. Bu analiz yöntem için yapılan ölçümlerin tekrarlanabilir ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Ölçümlerin değerlendirilmesinde sırasıyla korelasyon ve regresyon analizleri uygulanmıştır. Yaş ve her bir dişten yapılan ölçümlerden elde edilen oranlar arasındaki korelasyon analizinde negatif yönlü bir ilişki saptanmış olup Pearson korelasyon katsayıları Tablo 4.4.'de gösterilmiştir. Her bir diş, tek tek değerlendirildiğinde en yüksek değer  $r=-0.56$  ile MakS diş için elde edilmiş olup, tüm analizler incelendiğinde  $r=-0.62$  ile en yüksek değer 6 dişin hepsinin birlikte analize dahil edilmesiyle elde edildiği görülmüştür. Ancak MakS, MakL ve ManKan dişlerin üçü birlikte değerlendirildiğinde  $r=-0.61$  ile en yüksek değer olan  $r=-0.62$  ye çok yakın sonuç elde edildiği saptanmıştır.

**Tablo 4.4.** Oranlar (P/D) ile yaş arasındaki korelasyon katsayılarına ait tablo.

Diş tipleri	Korelasyon Katsayıları
MakS	-0.5618
MakL	-0.5122
MakKan	-0.2817
ManKan	-0.381
Man1pr	-0.3323
Mand2pr	-0.3329
MakS, MakL, MakKan	-0.602
ManKan, Man1pr, Man2pr	-0.44
MakS, MakL, ManKan	-0.612
MakS, MakL, MakKan, ManKan, Man1pr, Man2pr	-0.62

### 4.3. İstatistiksel Bulgular

İstatistiksel olarak her diş için tek tek, maksiller 3 diş, mandibular 3 diş, maksiller santral, maksiller lateral ve mandibular kanin dişler ve tüm dişler birlikte olacak şekilde regresyon analizi yapıp modeller elde edilmiş ve modellerin istatistiksel olarak geçerliliği rezidüel analizi ile değerlendirilmiştir ayrıca cinsiyetin modele etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Modellere ait parametre tahminleri Tablo 4.5. ve Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Yaş belirlemede kullanılmak için elde edilen regresyon modelleri Tablo 4.7. de verilmiştir. Kurulan regresyon modelleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (F-testi,  $p < 0.001$ ).

**Tablo 4.5.** Altı dişin birlikte değerlendirildiği parametre tahminleri.

Değişken	Katsayı	S.H.	T	P
Sabit	70,717	3,714	19,043	<0,001
MakSD	-2,725	0,538	-5,063	<0,001
MakLD	-1,965	0,536	-3,668	<0,001
MakKan	1,007	0,634	1,589	0,113
ManKan	-1,424	0,693	-2,056	0,041
Man1pr	-0,369	0,606	-0,610	0,543
Man2pr	-0,551	0,501	-1,001	0,272
<b>Model uyumu</b>				
RMSE		10,51		
R <sup>2</sup>		0,39		
RMSE: Root mean squared error				
S.H.: Standart hata				

**Tablo 4.6.** Dişlerin üçlü gruplar halinde değerlendirildiği parametre tahminleri

Değişken	Katsayı	S.H.	P	Katsayı	S.H.	p	Katsayı	S.H.	P
Sabit	65,398	3,038	<0,001	67,967	4,138	<0,001	69,441	3,037	<0,001
MakSD	-3,108	0,521	<0,001				-2,824	0,521	<0,001
MakLD	-2,162	0,537	<0,001				-1,870	0,523	<0,001
MakKan	0,139	0,558	0,804						
ManKan				-2,514	0,705	<0,001	-1,275	0,605	0,036
Man1pr				-1,463	0,654	0,026			
Man2pr				-1,234	0,553	0,027			
<b>Model uyumu</b>									
RMSE		10,69			12,01			10,59	
R <sup>2</sup>		0,36			0,19			0,38	
RMSE: Root mean squared error									
S.H.: Standart hata									

**TABLO 4.7.** Elde edilen regresyon modelleri.

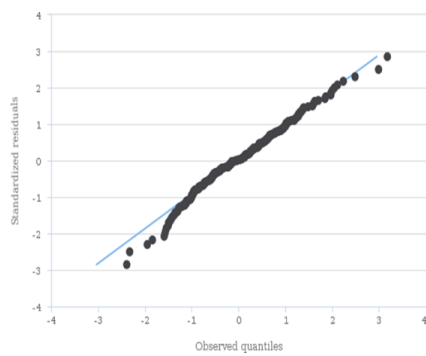
	EŞİTLİK	r <sup>2</sup>	S.E.E (YILLAR)
Her iki çeneden 6 diş	yaş=70,71-(2.7247XMakS+1.9649XMakL- 1.007XMakKan+1.424XManKan+0.3695XMa n1pr+0.5506XMan2pr)	0,39	10,51
MakS+MakL+MakKan	yaş=65,39-(3.10XMakS+2.16XMakL- 0.13XMakKan)	0,36	10,69
MakS+MakL+ManKan	yaş=69.44- (2.82XMakS+1.87XMakL+1.27XManKan)	0,38	10,59
ManKan+Man1pr+Ma n2pr	yaş=67.96-(2.51XManKan+1.46XMan1pr+ 1.23XMan2pr)	0,19	12,01
MakS	yaş= 61.60-4.36(MakS)	0,31	11,09
MakL	yaş= 58.97-4.00(MakL)	0,26	11,53
MakKan	yaş= 57.49-3.90(ManKan)	0,07	12,87
ManKan	yaş=57.49-3.90(ManKan)	0,14	12,40
Man1pr	yaş=56,74-3.14 (Man1pr)	0,11	12,65
Man2pr	yaş= 56.75- 2.66(Man2pr)	0,11	12,65

r<sup>2</sup>, belirleme katsayısı. S.E.E, tahmin standart hatası (yillar için)

Modellere ait rezidüel analizleri Tablo 4.8. Tablo 4.9. Tablo 4.10. Tablo 4.11. Tablo 4.12. ve Tablo 4.13'te verilmiştir.

**Tablo 4.8.** Maks P/D Regresyon modelinin rezidüel analizi

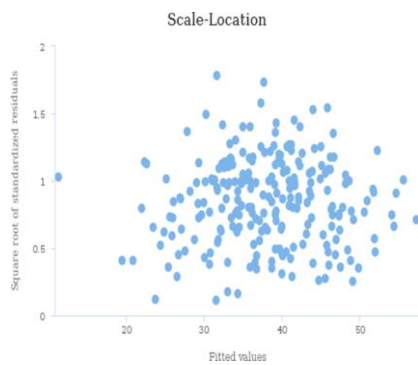
### QQ plot



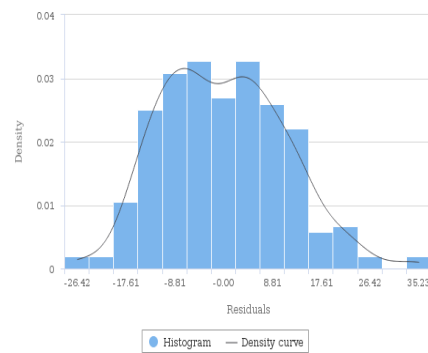
### Fitted versus residuals



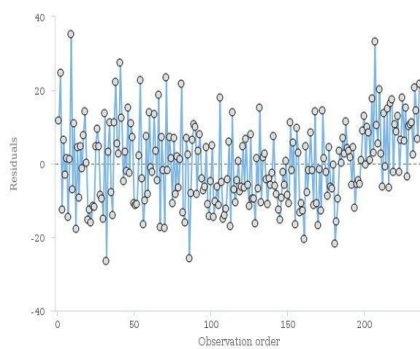
### Location scale

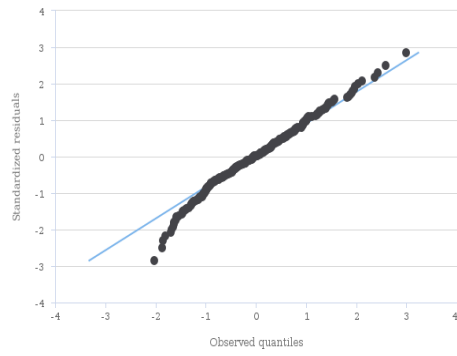
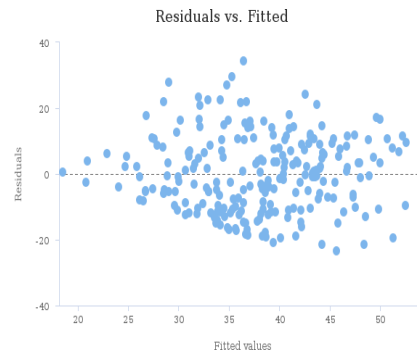
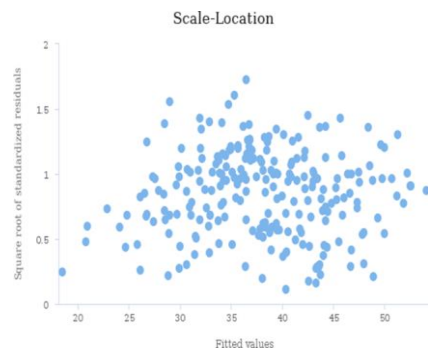
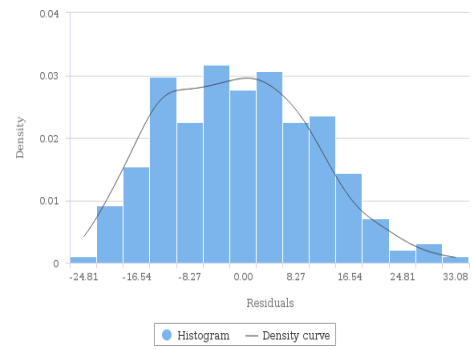
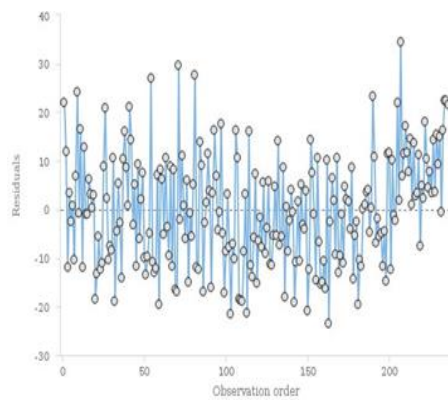


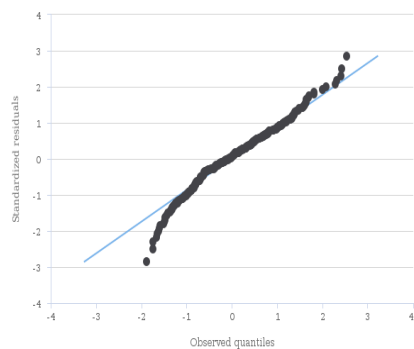
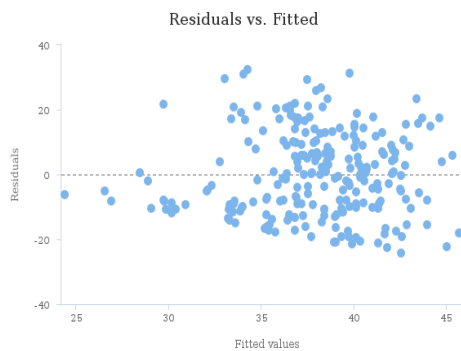
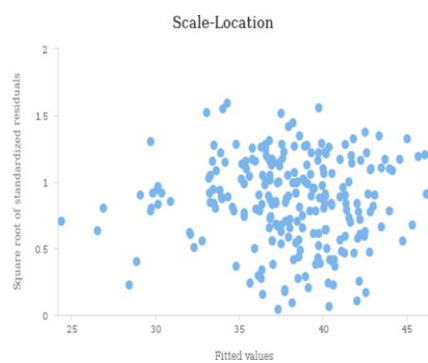
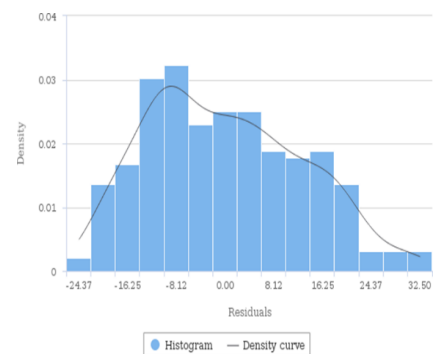
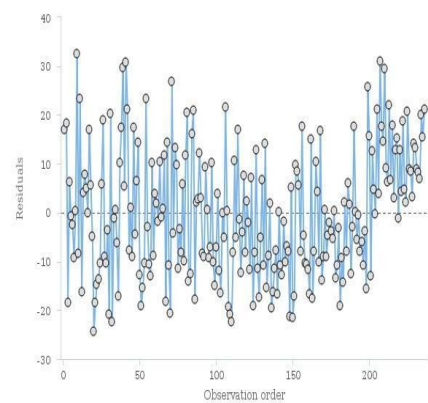
### Histogram

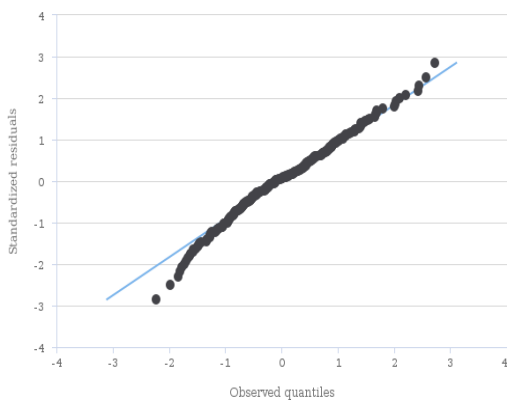
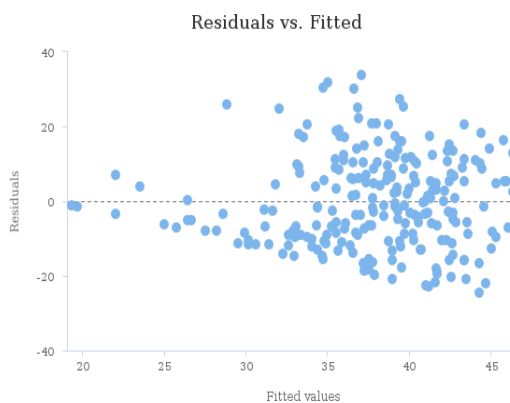
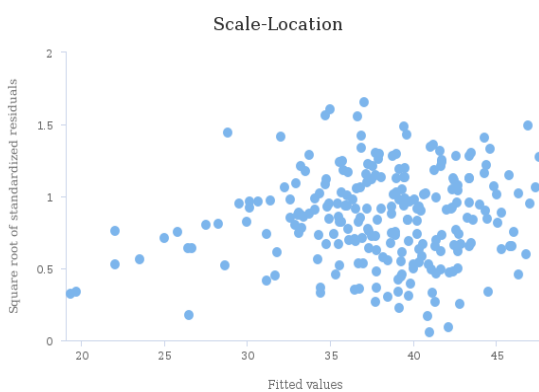
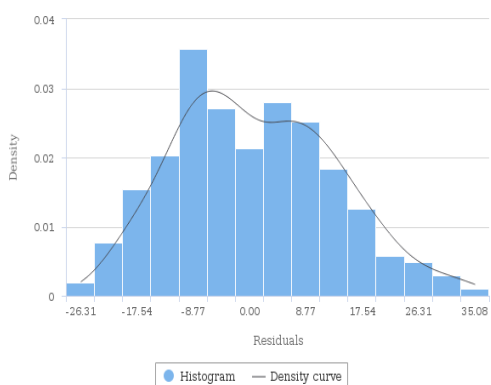
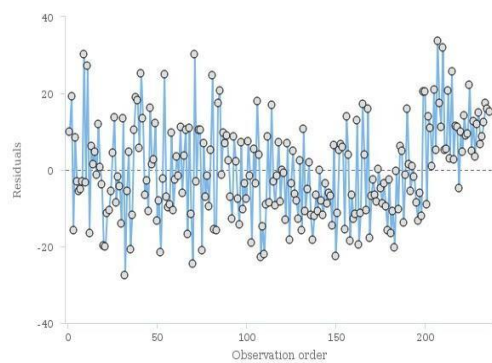


### Independence plot



**Tablo 4.9.** MakL P/D Regresyon modelinin rezidüel analizi**QQ plot****Fitted versus residuals****Location scale****Histogram****Independence plot**

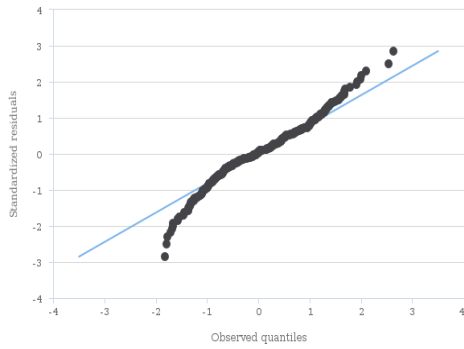
**Tablo 4.10.** Makkan P/D Regresyon modelinin rezidüel analizi**QQ plot****Fitted versus residuals****Location scale****Histogram****Independence plot**

**Tablo 4.11.** Mankan P/D Regresyon modelinin rezidüel analizi**QQ plot****Fitted versus residuals****Location scale****Histogram****Independence plot**

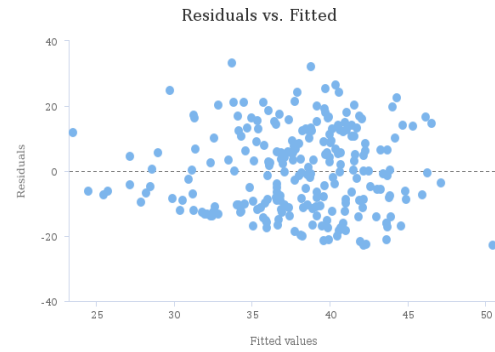


**Tablo 4.12.** Man1pr P/D Regresyon modelinin rezidüel analizi

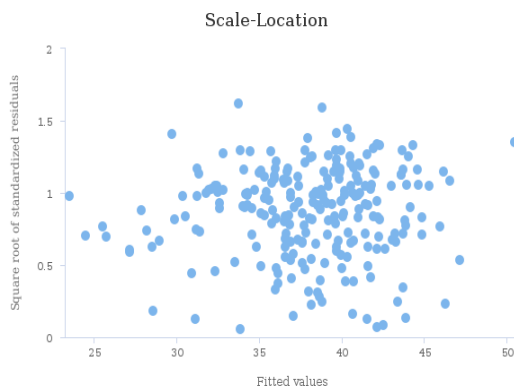
### QQ plot



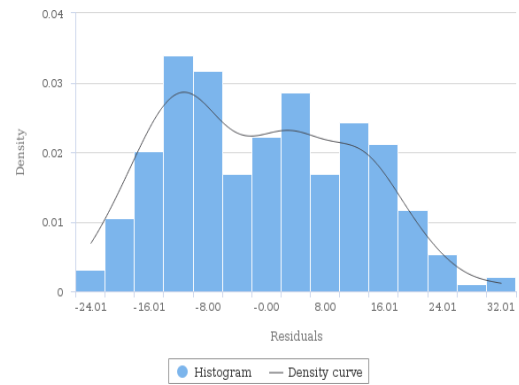
### Fitted versus residuals



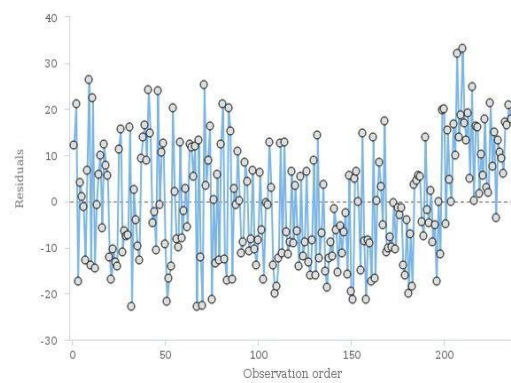
### Location scale



### Histogram

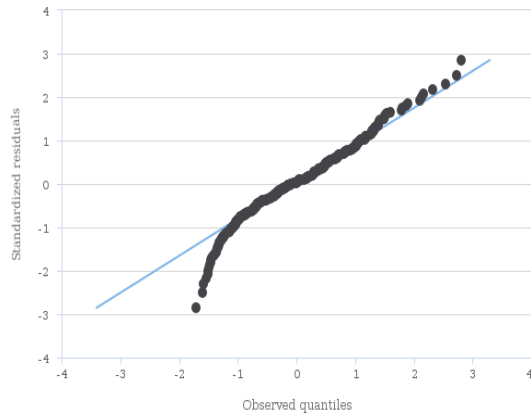


### Independence plot

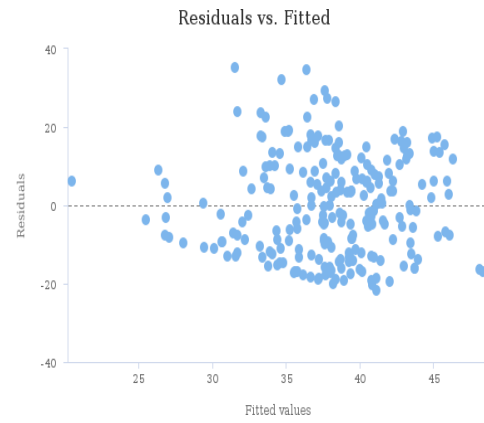


**Tablo 4.13.** Man2pr P/D Regresyon modelinin rezidüel analizi

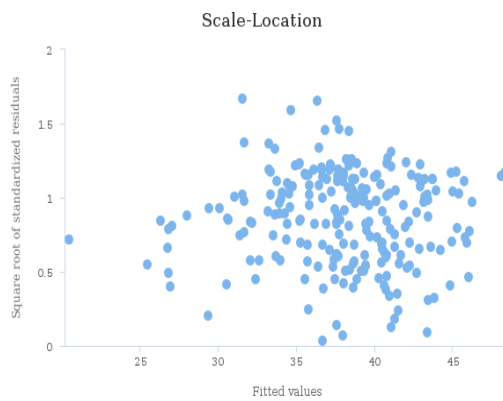
### QQ plot



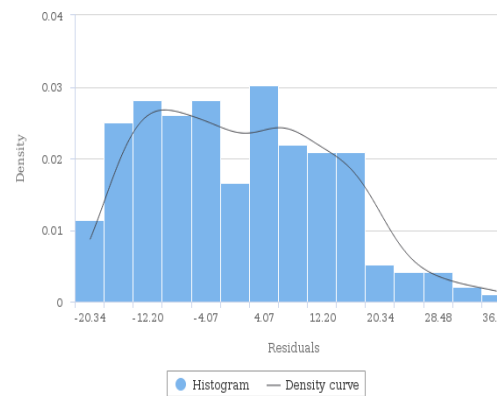
### Fitted versus residuals



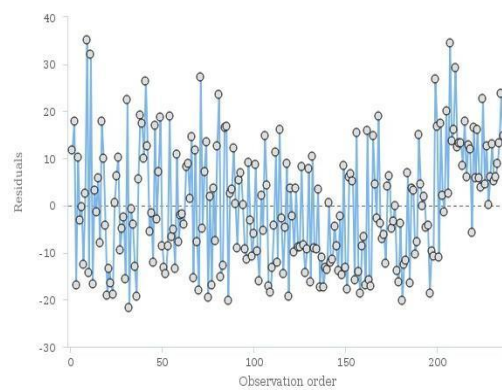
### Location scale



### Histogram



### Independence plot



Anova testi sonucuna göre oluşturulan regresyon modeli ile standart hatası değerlendirildiğinde en iyi sonuç veren regresyon modelinde normal yaştan 10,51 yıl hata ile yaş belirleme yapılabilmektedir. Literatürde erişkin bireyler için yaş belirlemenin kabul edilebilir olması için on yaş ve on yaştan daha az hata oranı belirlenmiştir. Dolayısıyla çalışmamızda hata payı yüksek olduğu için bu modellerin kullanılabilirliği kabul edilebilir sınırlar içinde değildir (123).

#### 4.4. Makine Öğrenme Bulguları

DVM, RO, SRA, LR modelleri kullanılarak iki farklı yaklaşımla yaş belirlemeye yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

İlk yaklaşımda DVM, RO, SRA modelleri her birisi farklı yaklaşımlar ile 5 kategoriye ayrılmış olan yaş sınıflarını tahminlemeye çalışan modeller olarak değerlendirilmiştir. Yaş sınıfları [18-25], (25-35], (35-45], (45-55] ve (55+] olacak şekilde ayrılmıştır. DVM, RO, SRA modelleri için yaş aralıkları tahminine yönelik eğitilen modellerin sınıflandırma sonuçları sırasıyla Tablo 4.14. Tablo 4.15. ve Tablo 4.16. verilmiştir.

**Tablo 4.14.** DVM modeline ait sınıflandırma sonuçları

	Tahmin	[18-25]	(25-35]	(35-45]	(45-55]	(55+]
Gerçek						
(0-25]		10	5	2	1	1
(26-35]		5	0	2	3	0
(36-45]		2	8	5	5	3
(46-55]		1	3	8	3	3
55+		0	0	0	0	1

**Tablo 4.15.** RO modeline ait sınıflandırma sonuçları

	Tahmin	[18-25]	(25-35]	(35-45]	(45-55]	(55+]
Gerçek						
(0-25]		10	5	1	0	1
(26-35]		5	1	3	4	0
(36-45]		1	6	4	2	3
(46-55]		2	4	8	6	2
55+		0	0	1	0	2

**Tablo 4.16.** SRA modeline ait sınıflandırma sonuçları.

	Tahmin	[18-25]	(25-35]	(35-45]	(45-55]	(55+]
Gerçek						
(0-25]		10	5	1	2	0
(26-35]		0	0	0	0	0
(36-45]		0	0	0	0	0
(46-55]		8	11	16	10	8
55+		0	0	0	0	0

Eğitilen modellerin doğru sınıflama performansları Tablo 4.17.'de verilmiş olup, modellere ait en yüksek doğruluk ve güven aralıklarına değerleri RO algoritmasına ait olup değerler sırasıyla 0.3239 ve (0.2176, 0.4455) olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.17.**Eğitilen modellerin doğru sınıflama performansları.

	DVM	RO	SRA
Doğruluk	0.2679	0.3239	0.2817
Güven Aralığı	(0.1694, 0.3859)	(0.2176, 0.4455)	(0.1813, 0.401)

Eğitilen modellerin tahmin performansları bağımsız bir test kümesi üzerinde incelenmiştir. DVM, RO, SRA modelleri için performans ölçülerinden duyarlılık, özgüllük, pozitif tahmin, negatif tahmin ve dengeli doğruluk değerleri Tablo 4.18., Tablo 4.19. ve Tablo 4.20. de verilmiştir. Elde edilen performans ölçülerine göre modellerin performansları düşük bulunmuştur.

DVM modeline ait en iyi duyarlılık ve dengeli doğruluk (18-25] yaş kategorisine ait olup değerler sırasıyla 0.5556 ve 0.6929 olarak bulunmuştur, özgüllük ve pozitif tahmin değerleri ise 1.0 ve 1.0 olarak (55+] kategorisine ait verilerden elde edilmiştir (Tablo 4.21.).

**Tablo 4.18.** DVM modeli tahmin performansı.

	[18-25]	(25-35]	(35-45]	(45-55]	(55+]
Duyarlılık	0.5556	0.0000	0.2942	0.2500	0.1250
Özgüllük	0.8302	0.8182	0.6666	0.7457	1.0000
Pozitif tahmin değeri	0.5263	0.0000	0.2173	0.1666	1.0000
Negatif tahmin değeri	0.8462	0.7377	0.7500	0.8301	0.9000
Dengeli doğruluk	0.6929	0.4091	0.4803	0.4978	0.5625

RO modeline ait en iyi duyarlılık ve dengeli doğruluk (18-25] yaş kategorisine ait olup değerler sırasıyla 0.5556 ve 0.7117 olarak bulunmuştur, özgüllük ve pozitif tahmin değerleri ise 0.9841 ve 0.6666 olarak (55+] kategorisine ait verilerden elde edilmiştir (Tablo 4.19.).

**Tablo 4.19.** RO modeli tahmin performansı

	[18-25]	(25-35]	(35-45]	(45-55]	(55+]
Duyarlılık	0.5556	0.0625	0.2352	0.5000	0.2500
Özgüllük	0.8679	0.7818	0.7777	0.7288	0.9841
Pozitif tahmin değeri	0.5882	0.0769	0.2500	0.2727	0.6666
Negatif tahmin değeri	0.8519	0.7413	0.7636	0.8775	0.9117
Dengeli doğruluk	0.7117	0.4221	0.5065	0.6144	0.6170

SRA modeline ait en iyi duyarlılık pozitif tahmin değeri ve dengeli doğruluk (18-25] yaş kategorisine ait olup değerler sırasıyla 0.5556, 0.5556 ve 0.7023 olarak bulunmuştur. En yüksek özgüllük (25-35], (35-45] ve [55+] kategorileri için 1.0000 olarak bulunmuştur (Tablo 4.20.).

**Tablo 4.20.** SRA modeli tahmin performansı.

	[18-25]	(25-35]	(35-45]	(45-55]	(55+]
Duyarlılık	0.5556	0.0000	0.0000	0.8333	0.0000
Özgüllük	0.8491	1.0000	1.0000	0.2712	1.0000
Pozitif tahmin değeri	0.5556	NaN	NaN	0.1887	NaN
Negatif tahmin değeri	0.8491	0.7746	0.7606	0.8889	0.8873
Dengeli doğruluk	0.7023	0.5000	0.5000	0.5523	0.5000

İkinci bir yaklaşım olarak DVM, RO, SRA ve LR modelleri kullanılarak kronolojik yaşın 35 yaş eşliğinden büyük/küçük olup olmadığı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Modellerin yaş tahmini sonuçları Tablo 4.21. Tablo 4.22. Tablo 4.23. ve Tablo 4.24.'te verilmiştir.

**Tablo 4.21.** DVM modeli yaş tahmini sonuçları.

Tahmin	<=35	>35
Gerçek		
<=35	22	6
>35	12	31

**Tablo 4.22.** RO modeli yaş tahmini sonuçları.

	Tahmin	<=35	<=35
Gerçek			
<=35		22	7
<=35		12	30

**Tablo 4.23.** SRA modeli yaş tahmini sonuçları.

	Tahmin	<=35	<=35
Gerçek			
<=35		18	6
<=35		16	31

**Tablo 4.24.** LR modeli yaş tahmini sonuçları.

	Tahmin	<=35	<=35
Gerçek			
<=35		21	8
<=35		13	29

Eğitilen modellere ait doğruluk ve güven aralıkları değerleri Tablo 4.25.'de verilmiştir. En yüksek doğruluk ve güven aralığı DVM modeline ait olup değerler sırasıyla 0.7465 ve (0.6292, 0.8423) olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.25.** Eğitilen modellerin doğru sınıflama performansları.

	DVM	RO	SRA	LR
Doğruluk	0.7465	0.7324	0.6901	0.7042
Güven Aralığı	(0.6292, 0.8423)	(0.6141, 0.8306)	(0.5692, 0.7946)	(0.5841, 0.8067)

Modeller arası karşılaştırmaların yapılabilmesi için her bir modele ait duyarlılık, özgüllük, pozitif tahmin, negatif tahmin ve dengeli doğruluk performans değerleri Tablo 4.26.'da verilmiştir. Tüm değerler göz önüne alındığında en iyi duyarlılık DVM ve RO modellerine ait olup 0.6471 olarak bulunmuştur. En yüksek özgüllük, pozitif tahmin ve dengeli doğruluk değerleri DVM modeline ait olup değerler sırasıyla; 0.8378, 0.7857 ve 0.7424 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.26.** Modellere ait  $\leq 35$  yaş sınırına ait performans tablosu.

	DVM	RO	SRA	LR
Duyarlılık	0.6471	0.6471	0.5294	0.6176
Özgüllük	0.8378	0.8108	0.8378	0.7838
Pozitif tahmin değeri	0.7857	0.7586	0.7500	0.7241
Negatif tahmin değeri	0.7209	0.7143	0.6596	0.6905
Dengeli doğruluk	0.7424	0.7289	0.6836	0.7007

## 6.TARTIŞMA

Yaşayan bireylerin ve cesetlerin yaşının belirlenmesi adli bilimlerin önemli bir yönüdür (124). Soyu tükenmiş ve var olan popülasyonların yaşının belirlenmesine ek olarak, suç soruşturması kapsamında da yaş belirlemeden yararlanılabilir (45). Örneğin, adli durumlarda sanığa verilen cezanın miktarını belirlemek için yaş belirleme hayati önem taşıyabilir. Yaş belirlemenin gereksinim duyulduğu diğer alanlar; somut yaş ve doğum kayıtları kanıtı olmayan göçmenler (yasal veya başka şekilde), askerlik, evlilik, emeklilik, iş başvurusu gibi yaş sınırlılığı olan durumlardır. Bu durumlar halen sorun teşkil edebilmekte ve bu sebeple davalar görülmektedir (12-14) . Bu nedenle yaş belirleme hem yaşayan bireylerde hem de cesetlerde; çocukları, ergenleri ve yetişkin yaş gruplarını kapsar (125).

Literatüre göre dişler çevresel faktörlerden, genetik faktörlerden, beslenme şeklinden, hormonal ve patolojik değişikliklerden iskelet yapılarına göre daha az etkilenmektedir. Ayrıca dişlerin vücudun en sert dokusu olması, demineralizasyonun ömür boyu sürmesi, olumsuz koşullardan (mekanik, termal, kimyasal vb.) etkilenmeden uzun süre kalmaları nedeniyle (58, 126) yaş belirlemedeki kullanımı ve önemi uzun zamandır bilinmektedir.

Yetişkinlerde dental yaş belirleme, sekonder dentin birikimi gibi dişlerin yaşa bağlı morfolojik değişikliklerinin nicelleştirilmesine dayanır. Dişin kök oluşumu tamamlandıktan sonra bile odontoblastlar işlevseldir ve sekonder dentin üretimi ömür boyu devam eder. Bu fizyolojik durumdan dolayı pulpa odasının boyutları yavaş yavaş değişmektedir. Bu azalma temel alınarak çeşitli yaş belirleme yöntemleri geliştirilmiştir (127). Bu değerlendirme histolojik ve biyokimyasal yöntemler gibi radyolojik olmayan yöntemlerle kesin olarak yapılabilir (128). Bununla birlikte, bu teknikler dişlerin çekilmesini ve genellikle diş kesitinin alınmasını/işlenmesini gerektirir. Bu yöntemlerin invaziv olması nedeniyle yaşayan bireylerde ve insan kalıntılarında doku toplanmasını yasaklayan durumlarda kullanılması mümkün değildir. Bu nedenle dental yaş belirleme için diş çekimi veya kesit alma



gerektirmeyen radyolojik yöntemler daha kolay uygulanabilir olarak değerlendirilebilir.

Radyolojik yöntemler, yaş belirleme çalışmalarında yarım yüzyıldan uzun bir süredir kullanılmaktadır. Adli radyoloji, doktorlara yardımcı olmak için kullanılan tıbbi görüntüleme teknolojilerinin belirli bir alanında yer almaktadır. Geleneksel olarak, periapikal ve panoramik radyografilerden ölçülen pulpa/diş alanı oranı, tahribatsız bir yaş belirleme yöntemi olarak kullanılmıştır (7). Kvaal ve ark. (4) periapikal radyografları kullanarak erişkinlerde dişlerden yaş belirleme yapılabileceğini savunan ilk araştırmacılardandır. Daha sonra Drusini, Cameriere ve sonrasında birçok araştırmacı periapikal ve panoramik radyografları kullanarak yaş belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarda pulpanın yaşla birlikte kalsifiye olması ve pulpa boşluğunun daralması nedeniyle pulpa/diş alan oranı, pulpa boyutu ile kök boyutu ve pulpa boyutu ile diş boyutu arasındaki oranlar gibi çeşitli yöntemler kullanılarak başarılı şekilde tahminler elde edilmiştir. Ancak 2 boyutlu radyograflar düzgün şekilde elde edilse bile distorsiyonlar, süperpozisyonlar ve magnifikasyonlar nedeniyle görüntü sınırlıdır (129-131). Ayrıca bu radyografik görüntüler, dişin yatay veya paralel yönlerinin birikmiş iki boyutlu görüntülerinden oluşur ve bu nedenle lineer ölçümlerle hesaplanan oranlar dişlerdeki üç boyutlu morfolojik değişikliklerin tamamını temsil etmez (106). Üç boyutlu olan pulpanın iki boyutlu radyografi görüntülerinin oluşturulmasından dolayı bulanık köşeler oluşur ve bu durumun gözlemciler arasında farklılığa sebep olabileceği ileri sürülmektedir (132).

Radyolojik yöntemler zamanla önemli ölçüde gelişerek ilerlemiş ve çenelerin küçük hacimlerindeki sert dokuların üç boyutlu görüntülenmesine izin vermiştir. KIBT canlı bireylerde tek tarama ile dişlerin üç boyutu hakkında detaylı görüntü verir (107). KIBT sayesinde adli odontoloji ve diş hekimlerinin bilimsel çalışmalar veya adli vakalardaki rolü; dişler ile yaş belirleme, travma vakalarının araştırılması, cinsiyet ve ırkın belirlenmesi gibi birçok uygulamada kapsamlı bir şekilde gelişmiştir.

Dijital KIBT görüntülemenin avantajları; çekiminin hızlı olması, nispeten düşük doz radyasyon içermesi, yüksek hassasiyetli ve doğrudan bilgisayar ekranında görüntü

oluşturabilmesi, KIBT dijital yazılımında mevcut olan kontrast, yoğunluk, keskinlik, görüntü ve renk ayarlarının yapılabilmesi, kontrollü büyütme imkanı sağlaması, görüntülerde süperpozisyon olmaması ve geometrik bozulma olmamasını içerir (133-135). Üç boyutlu radyografların kullanımı ile iki boyutlu görüntüleme yöntemlerinin dezavantajları ortadan kaldırılır ve bunlar kullanılarak daha tutarlı ve doğru sonuçlar elde edilir. Bununla birlikte KIBT'in dedektörden kaynaklanan hassasiyetler, konik ışın projeksiyon geometrisi, radyasyon dozu, kontrast çözünürlüğü gibi sınırlamaları vardır. Bu sebeple, bireylerin iyonize radyasyona maruz kalması hem klinik hem de adli tıpta tartışmalı bir konudur, bu nedenle bireyler için radyasyona maruz kalma durumu dikkatle değerlendirilmelidir (110). Konik ışın projeksiyon geometrisi, her görüntü projeksiyonunda büyük bir hacmin ışınlanmasına neden olur. Bu durum da artan *Compton* saçılma etkileşimi ve görüntü bozulmasına neden olan yüksek görüntü gürültüsü ile sonuçlanır. Diş, pulpa gibi ölçüm yapılan anatomik yapılar çok küçük boyutludur komşu dokularla ayırımının yapılması zordur (7). Bu nedenle ölçüm yapılacak sınırların gri skala değerlerine göre belirlenmesi güvenilirliği azaltabilir (108). Hacimsel ölçümlerin manuel ve otomatik olarak elde edilmesinin benzer sonuçlar verdiği, manuel ölçülerin zaman alıcı ve gözlemci hassasiyeti gerektirdiği, otomatik segmentasyonun ise anatomik yapıları belirlemede zorlandığını ve tüm dişlere aynı ayar parametreleri kombinasyonunu uygulamanın imkansız olduğu bildirilmiştir (136, 137). Çalışmamızda ölçüm yapılacak alan manuel olarak belirlenmiş alan hesaplaması program tarafından yapılmıştır.

Radyograflar üzerinde referans noktalar belirlenerek yapılan ölçümlerde, ölçüm yapan kişilerden kaynaklanan öznel farklılıklar, sonuçları negatif etkileyebilmektedir (138). Ayrıca radyolojik yaş belirleme yöntemlerinde, ölçümlerin farklı gözlemler tarafından yapılarak gözlemciler arası tutarlılığın değerlendirilmesinin önemli olduğu bildirilmiştir (138, 139) Çalışmamızda yöntemin güvenilirliği değerlendirebilmek için ölçümler aynı gözlemci tarafından birbirinden bağımsız olarak, 3 hafta ara ile tekrarlanmıştır, yöntemin tekrarlanabilirliği ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi için de ölçümler iki ayrı gözlemci tarafından

yapılmış ve daha önceki çalışmalara benzer olarak (107, 140) gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum değerlendirilmiş olup tutarlılıklar oldukça yüksek ( $r=0,87$ ) bulunmuştur.

Bu çalışmada KIBT görüntülerinin aksiyel kesitleri üzerinde; MakS, MakL, MakKan, ManKan, Man1pr ve Man2pr dişler için pulpa/diş alanı oranı hesaplanmış olup, sekonder dentin birikiminden yararlanarak, yetişkinlerde yaş belirleme amaçlanmıştır. Çalışma için KIBT görüntülerinin değerlendirildiği tekniğin seçilmesinin nedeni ölçümlerin daha detaylı yapılabileceği düşüncesidir. KIBT sayesinde kontrollü büyütme, görüntüleri süperpozisyon olmadan değerlendirebilme, kontrast ayarlaması gibi birçok avantaj elde edilmiştir (133). Ancak çalışmamız ekstra x-ışını maruziyetinden kaçınmak için retrospektif olarak yapılmıştır. Arşivde var olan KIBT görüntüleri; implant planlanması, periapikal lezyon değerlendirmesi, ortodontik tedavi değerlendirmesi, kist, tümör gibi patolojileri saptamak amacıyla alındığı için elde olan görüntülerde kriterlere uygun görüntülerin tespiti zaman alıcı ve zor olmuştur. Ayrıca ölçüm yapılacak dişlerin eksik, çürük, aşınmış veya restorasyonlu olması gibi nedenlerle çok sayıda görüntü değerlendirme dışı bırakılmıştır. Çalışmalar yaş belirlemek için farklı çenelerde birden fazla dişin kullanılmasının avantaj sağladığını göstermiştir (77, 141). Ayrıca yapılan birçok yaş belirleme çalışmasında sağ ya da sol kadranda bulunan aynı dişlerin değerlendirilmesinde anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir (4, 5, 77, 139, 142). Modellerin tek bir kadrana bağlı olmasının kullanılabilirliği azalttığını düşünmekteyiz. Çalışmamızda da sağ sol diş ayrımı yapılmamış olup kesit üzerinde daha net görünen dişler çalışmaya dahil edilmiştir. Bunun avantajı elde edilen modellerin, bireyin her iki tarafta mevcut olan dişleri için kullanılabilmesidir.

Maksiller santral ve maksiller lateral dişler tek kök, tek kanal, geniş pulpa odası, erken yaşta tam kök oluşumu ve sürmesi, oklüzal kuvvetlere karşı direçli olması ve geniş bir yaş grubu için ağızda bulunmaları nedeniyle; maksiller kanin ve mandibular kanin dişler, tek köklü, en uzun ve en dayanıklı diş köklerine sahip olması ve uzun süre ağızda kalması nedeniyle; premolar dişler ise tek köklü ve kesicilere göre

destrüksiyona dirençli olmaları nedenleriyle birçok çalışmada yaş belirlemek için kullanılmıştır (143, 144). Bu sebeplerle çalışmamızda bu dişlerin ölçümlerinin hesaplanması tercih edilmiştir.

Literatür incelendiğinde diş dokularından yaş belirlemek için çok fazla sayıda çalışma yapıldığı tespit edilmiş olup, araştırmalarda yaş belirlemek için popülasyona özgü yöntemlerin geliştirilmeye çalışıldığı saptanmıştır (8, 84, 88, 99, 115, 141, 145-150).

KIBT görüntüleri üzerinde yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak hacim hesaplarıyla yapıldığı görülmüş (107, 108, 112-115, 130, 140, 151-153) , pulpa/diş alanı oranlarının değerlendirildiği az sayıda çalışma olduğu tespit edilmiştir (6-9, 147, 154, 155). Bizimle aynı yöntemi kullanan sadece 5 çalışma bulunmuş olup, seçtiğimiz dişlerin hepsinin birden değerlendirildiği bir çalışma bulunmamıştır. Ayrıca Türk popülasyonu üzerinde bizim yöntemimizin kullanıldığı bir çalışma saptanmamıştır. Türk popülasyonunda yöntemin değerlendirilmesi için çalışmanın yapılması gerekli görülmüştür.

KIBT görüntülerinden alan oranı hesaplanarak yaş belirleme yapılan çalışmalar incelendiğinde; Haghanifar ve ark. (2019), elde edilen verilerin cinsiyetle ilişkisini değerlendirdiğinde erkekler için korelasyonun daha iyi olduğunu bildirmiştir. Arita Rai ve ark. (2016), Lee ve ark. (2017), Afify ve ark. (2019), Aydın ve ark. (2018), Bansal ve ark. (2022) ise elde edilen oranlara cinsiyetin etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğunu bildirmişlerdir. Önceki çalışmalarla uyumlu olarak, bizim çalışmamızda da cinsiyetin etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Cinsiyetten bağımsız modeller elde edilmiştir dolayısıyla bu modeller cinsiyetin tanımlanmadığı durumlarda da kullanılabilir.

Rai ve ark. (2016), Hint popülasyonunda 60 bireye (20-85y) ait KIBT görüntülerinin sagittal, koronal ve aksiyel kesitlerinde pulpa/diş alanı oranını hesaplayarak yaptıkları çalışmada maksiller kanin dişi değerlendirmişler. Aksiyel kesitte ilave olarak kökün orta seviyesinde ve mine sement sınırından  $\frac{1}{4}$  kök uzaklığında da ölçümler yapmışlardır. Her kesitte elde edilen oranlar için yaşla

korelasyonu en yüksek verilerin aksiyel kesitin mine sement sınırından elde edildiğini ve korelasyon katsayısının  $r=-0.32$  olduğunu bildirmişlerdir. Sagital ve koronal kesit için korelasyonlar ise sırasıyla;  $r=-0.11$  ve  $r=-0.3$  olarak bildirilmiştir. Ayrıca aksiyel kesitte mine sement sınırından alınan oranların 3. dereceden ve 4.dereceden kuvvetini alarak yaşla korelasyonunu hesaplamış ve korelasyonun yükseldiğini saptamışlardır. Oluşturulan modellerde  $r=-0.42$  ile en yüksek korelasyonu, aksiyel kesitte mine sement sınırından hesaplanan oranların 4. dereceden kuvvetinin hesaplanmasıyla elde edilen regresyon modelinden bulmuşlardır. Bunun nedenini muhtemelen mine sement sınırında pulpa ve dişin dış hatlarının daha net bir şekilde belirlenebilmesi olarak bildirmişlerdir. Bu makale referans alınarak, sagital ve koronal kesitlerden elde edilen oranların yaşla korelasyonu çok düşük olduğu için bizim çalışmamızda ölçümler için aksiyel kesit tercih edilmiştir. Çalışmamızda farklı olarak maksiller anterior dişler ve mandibular kanin ve premolar dişler dahil edilmiş ve altı diş üzerinde ölçümler yapılmıştır. Bu dişlerin ilave edilme sebebi, daha önce başka metodların kullanıldığı yaş belirleme çalışmalarında bu dişlerde yapılan ölçümlerin yaşla korelasyonlarının yüksek bulunmasıdır. Bizim çalışmamızda aksiyel kesitte mine sement sınırında ölçülen maksiller kanin diş pulpa/diş alanı oranları için korelasyon katsayısı  $r= -0.28$  olarak Rai ve ark.'nın çalışmasıyla benzer bulunmuştur (7).

Lee ve ark. (2017) Kore popülasyonundan 224 (20-77y) bireyin maksiller kanin dişinin KIBT görüntülerinde, sagital kesitte ve aksiyel kesitte mine sement sınırında ve kökün orta seviyesinde pulpa/diş alan oranı hesaplanmış ve oranların yaş ile korelasyonuna bakmışlardır. En yüksek korelasyon katsayısını  $r=-0.72$  ile sagital kesitten elde edilen oranlar için bulmuşlardır. Aksiyel kesitte mine sement sınırından elde edilen oranların korelasyonunu  $r=-0.65$  olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda benzer şekilde yapılan ölçümlerde maksiller kanin diş için elde ettiğimiz korelasyon katsayısının  $r=-0.28$  sonucunun Lee ve ark. elde ettiği verilerden düşük olduğu görülmüştür. Örneklem sayısı ve ölçüm yöntemi benzer olan bu iki çalışmanın böyle farklı sonuçlar vermesi popülasyon farklılığından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bu çalışmalarda, KIBT görüntülerinin piksellerinden pulpa/diş alan oranları

hesaplanmıştır dolayısıyla KIBT cihazının çözünürlüğü de korelasyon katsayısını etkileyebilir. Çözünürlüğü etkileyen bir diğer durum da kullanılan vksel boyutudur, Lee ve ark. çalışmasında 0.2 mm vksel boyutnda alınmış görüntüler çalışmaya dahil edilirken, bizim çalışmamızda 0.2 ve 0.3 mm vksel boyutunda alınmış görüntüler dahil edilmiştir. Bu da çalışmalardaki farklı sonuçların sebepleri arasında yer alabilir. Lee ve ark. çalışmasına kanin dişleri dahil etmiştir, bizim çalışmamızda sadece kanin dişin değil anterior ve premolar dişlerin dahil edilmesi ile dişlerin birlikte değerlendirilmesiyle korelasyon katsayısının 0.62'ye yükseltilebilmesini sağlamıştır (147).

Haghanifar ve ark. (2019) İran popülasyonunda 377 bireye (20-69 y) ait KIBT görüntülerinin aksiyel ve sagittal kesitleri üzerinde pulpa/diş alanı oranını hesaplamıştır. Çalışmada maksiller santral, maksiller kanin ve mandibular santral, mandibular kanin dişler değerlendirilmiştir ve cinsiyetin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek korelasyonun  $r=-0.76$  mandibular diş için aksiyel kesitte ve erkeklerde olduğunu bildirmişlerdir. Haghanifar ve ark. çalışmasında maksiller santral, maksiller kanin, mandibular kanin dişler için aksiyel kesitteki korelasyonlar sırasıyla; kadınlar için  $r=-0.71$ ,  $r=-0.69$ ,  $r=-0.64$  ve erkekler için  $r=-0.74$   $r=-0.70$   $r=-0.76$  olarak bildirilirken, bizim çalışmamızda  $r=-0.56$ ,  $r=-0.28$ ,  $r=-0.38$  olarak bulunmuştur. İki çalışmada da benzer şekilde en iyi korelasyon katsayısı maksiller santral dişler için bulunurken en düşük korelasyon maksiller kanin dişler için bulunmuştur. Ancak korelasyon katsayıları karşılaştırıldığında; bizim çalışmamızdaki değerler daha düşük bulunmuştur. Haghanifar ve ark.'nın çalışmasında kanin dişlerin pulpa/diş alanları oranlarının yaş ile korelasyonu yaş belirleme için kullanılabilir olarak bulunmuş olmasına rağmen bizim çalışmamızda bu dişlerin pulpa/diş alanları oranlarının yaş ile korelasyonu oldukça düşük çıkmış olup, elde edilen modeller istatistiksel olarak anlamlı olsa da ( $p<0.001$ ) yaş belirleme için kullanılabilir olarak bulunmamıştır (6).

Afify ve ark (2019) Mısır popülasyonunda 150 bireyin (14-60y) maksiller kanin ve mandibular kanin dişlerine ait KIBT görüntülerinin aksiyel ve sagittal kesitlerinde

pulpa/diş alanı oranını hesaplayarak yaş ile korelasyonuna bakmışlardır. Analizler incelendiğinde yaş ile en yüksek korelasyonun  $r=-0.95$  ile maksiller kanin dişin sagittal kesitinden hesaplanan oran ile bulduklarını belirtmişlerdir. Sagittal kesitte yapılan ölçümlerin daha büyük bir alana sahip olması nedeniyle daha kolay ölçüldüğünü bu nedenle sonuçların sagittal kesit için daha iyi olduğunu savunmuşlardır. Çalışmanın bizim çalışmamızla benzer kısımları incelendiğinde sırasıyla maksiller kanin ve mandibular kanin dişler için korelasyon katsayıları; Afify ve arkadaşlarının çalışmasında  $r=-0.88$ ,  $r=-0.82$  iken bizim çalışmamızda  $r=-0.28$  ve  $r=-0.38$ 'dir. İki çalışmanın korelasyon katsayıları arasında belirgin bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılığın sebepleri arasında popülasyon farklılığı ve örneklem grubuna 18 yaş altı bireylerin dahil edilmesi düşünülebilir. Yine sırasıyla standart hatalara bakıldığında diğer çalışmada 7.8 ve 8.0 iken, bizim çalışmamızda 12.8 ve 12.9 olarak saptanmıştır. Afify ve ark.'nın elde ettiği modeller klinik olarak uygulanabilir bulunmuş ancak bizim çalışmamızdaki modeller uygulanabilir bulunmamıştır. Afify ve ark.'nın çalışmasındaki limitasyon tek dişin değerlendirilmesi olup, kanin diş eksikliğinde yaş belirlemenin mümkün olmamasıdır. Bizim çalışmamızda ise yaş belirlemede kullanılabilecek, daha öncesinde güvenilir sonuçların elde edildiği altı farklı diş değerlendirilmiştir. Bireyin ağzında mevcut olan dişe göre değerlendirme yapabilmek için her dişe özgü, üçlü gruplar halinde ve dişlerin birlikte değerlendirildiği modeller elde edilmiştir (8).

Bansal ve ark. (2022), Hint popülasyonunda 205 bireye (20-65y) ait KIBT görüntülerinin sagittal, koronal ve aksiyel kesitlerinde pulpa/diş alanı oranını hesaplayarak yaptıkları çalışmada maksiller santral ve maksiller kanin dişleri değerlendirmişler. Aksiyel kesitte mine sement sınırında, kökün orta seviyesinde ve  $\frac{1}{4}$  kök uzaklığında ölçümler yapmışlardır. Regresyon modelini kullanarak maksiller santral dişe ait elde edilen oranlar için yaşla en yüksek korelasyonun sagittal kesitten elde edildiğini ve korelasyon katsayısının  $r=-0.74$  olduğu bildirilmiştir. Koronal kesit, aksiyel kesit mine sement sınırında, kökün  $\frac{1}{4}$  ünde ve kökün ortasından elde edilen oranlar için korelasyonlar ise sırasıyla;  $r=-0.7$  ve  $r=-0.11$ ,  $r=-0.52$  ve  $r=-0.72$  olarak bildirilmiştir. Regresyon modelini kullanarak maksiller kanin dişe ait elde edilen

oranlar için yaşla en yüksek korelasyonun aksiyel kesit mine sement sınırından elde edildiğini ve korelasyon katsayısının  $r=-0.32$  olduğu bildirilmiştir. Sagittal kesit, koronal kesit, aksiyel kesit kökün  $\frac{1}{4}$  ünde ve kökün ortasından elde edilen oranlar için korelasyonlar ise sırasıyla;  $r=-0.28$  ve  $r=-0.31$ ,  $r=-0.01$  ve  $r=-0.27$  olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamızla benzer kısımlar incelendiğinde sırasıyla maksiller santral ve maksiller kanin dişlerin aksiyel kesit mine sement sınırından elde edilen korelasyon katsayıları; Bansal ve arkadaşlarının çalışmasında  $r=-0.11$  ve  $r=-0.32$  iken bizim çalışmamızda  $r=-0.56$  ve  $r=-0.28$ 'dir. Aynı sırayla çalışmalara ait standart hatalar Bansal ve arkadaşlarının çalışmasında 14,48 ve 13,76 iken bizim çalışmamızda 11,09 ve 12,87 olarak bulunmuştur. İki çalışmaya ait aynı yöntemle elde edilen sonuçlar benzer şekilde yaş belirleme için klinik kullanıma uygun bulunmamıştır (154).

Aydın ve ark. (2018), Türk popülasyonunda 120 bireye ait KIBT görüntülerinin sagittal kesitinde, maksiller santral dişler için pulpa/diş alanı oranının yaş ile korelasyonunu  $r=-0.61$  olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda santral dişin yaşla korelasyonu  $r=-0.56$  olarak benzer bulunmuştur. Bu çalışma literatürde Türk popülasyonunda KIBT görüntüleri kullanılarak alan oranı değerlendiren tek çalışmadır. 120 bireyin verilerinin kullanılarak yapıldığı çalışmada yöntem bizim çalışmamızdan farklıdır. Bu yöntem farklılığı da değerlendirme yapılan kesit farklılığından kaynaklanmaktadır. Bizim çalışmamızda yaşa bağlı sekonder birikiminin en fazla olduğu aksiyel kesit kullanılmıştır. Sagittal kesitte daha geniş bir alanın değerlendirilmesi kolay olabilirken, aksiyel kesitte yapılan dikkatli bir ölçüm daha az zaman alabilir. Aksiyel kesitin bu avantajı, çok sayıda dişin değerlendirildiği durumlarda araştırmacıya veya klinisyene zaman kazandırır. İki çalışmada da benzer şekilde cinsiyetin yaşla etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bunun avantajı da elde edilen modellerin antropolojik örnekler gibi cinsiyetin belirli olmadığı durumlarda da kullanılabilmesidir. Aydın ve ark.'nın çalışmasında tek diş değerlendirilmiş olup, bizim çalışmamızda ağızda mevcut bulunan dişlerle yaş belirleme yapabilmek için iki farklı çeneden farklı diş grupları değerlendirilmiştir.



Literatürde yaş belirleme için KIBT görüntülerinden elde edilen hacim oranlarının kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Gulşahi ve ark. (2017) Türk popülasyonda 15 yaş üstü 204 bireye ait KIBT görüntülerinden elde edilen pulpa/diş hacim oranlarıyla yaş belirlemek için yaptıkları çalışmada yaşla en yüksek korelasyonu maksiller santral diş için bulduklarını bildirmişler. Çalışmada kullanılan dişler bizim çalışmamızla aynı olup pearson korelasyon yüzdeleri MakS, MakL, MakKan, ManKan, Man1pr ve Man2pr dişler için sırasıyla %53,2, 25,2, %15,3, %21 %20,7 %21,7 olarak bildirilmiştir. Benzer şekilde iki çalışmada da en yüksek korelasyon maksiller santral dişler için bulunurken en düşük korelasyon maksiller kanin dişler için bulunmuştur. İki çalışmada da cinsiyetin modeller üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Aynı popülasyonda aynı dişler kullanılarak farklı yöntemin uygulandığı iki çalışmada sonuçların paralel olması sevindiricidir.

Tıbbi görüntü analizi, makine öğrenimi alanında trend (156) olan ve zorlu bir araştırma alanıdır. Dijital tıbbi görüntülerin kullanımı, daha karmaşık makine öğrenimi tekniklerinin geliştirilmesine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır. Bireyler için yaş belirleme analizleri adli tıp uzmanları tarafından manuel olarak yapıldığında sonuç alınması birkaç gün sürebilmektedir. Son zamanlarda dişlerin dijital görüntülerine dayalı olarak insanların yaşını belirleyen tam otomatik sistemler geliştirilmeye başlanmıştır (157).

Dişler kullanılarak birçok manuel yöntemle yaş belirme çalışılmış olsa da literatür incelendiğinde dişlere dayalı otomatik yöntemlerle yaş belirlenmesi üzerine çok az çalışma yapıldığı görülmüştür. Çalışmalar incelendiğinde, farklı dental parametreleri kullanarak yaşı belirlemek için öncelikle regresyon modellerinin kullanıldığı saptanmıştır. Doğrusal regresyon modellerinin önemli bir dezavantajı, sadece doğrusal bir fonksiyonu modellemek için iyi çalışmalarıdır. Çıktı ve girdi arasındaki ilişki doğrusal değilse, doğrusal regresyon yalnızca yerel bir yaklaşıklık oluşturabilir ve küresel düzeyde kullanıldığında yaklaşıklık oldukça hatalı hale gelebilir. Çıktı ve girdi arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmama biçiminin belirtilmediği durumda, çeşitli doğrusal olmayan davranış türlerini barındırabilen

daha fazla esnekliğe sahip kendi kendini ayarlayan bir yaklaşım gereklidir. Böyle durumlarda otomatik yöntemleri kullanmak faydalı olabilir (122, 157-159).

Otomatik yöntemlerle yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun iki boyutlu panoramikler kullanılarak gerçekleştirildiği görülmüştür (157, 160-166). Stepanovsky ve ark. panoramik üzerinde yapılan 22 farklı yaş belirleme yöntemini doğrusal regresyon ve içinde destek vektör makineleri de olan birkaç farklı makine öğrenme yöntemiyle değerlendirmiş ve makine öğrenme yöntemlerinin daha başarılı sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir (164).

Yaş belirlemek için panoramiklere göre daha iyi sonuçlar veren KIBT görüntülerinden (167) elde edilen verilerle yaş belirlemek için otomatik sistemlerin kullanımı oldukça azdır (137, 156, 168, 169). Çalışmamızda olduğu gibi KIBT aksiyel kesitte mine sement sınırından elde edilen pulpa/diş alan oranların otomatik yöntemlerle değerlendirildiği bir çalışma bulunamamıştır. Ayrıca otomatik yöntemlerin (SRA, LR, RO, DVM) belirlenen yaş sınıflarından hangisine ait olduğu veya belirlenen eşik yaştan büyük/küçük olup olmadığının değerlendirildiği çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız bu yönleriyle ilk olma özelliğindedir.

Saric ve ark. KIBT görüntülerinden elde edilen verileri doğrusal regresyon analizi, destek vektör makineleri ve rastgele orman modellerini yaş belirlemek için kullanmışlardır. Çalışmalarında yaş belirlemek için bukkal kemik seviyesi ve maksiller sinüs boyutlarını değerlendirmişlerdir. En iyi sonucu rastgele orman algoritmasından elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda benzer şekilde destek vektör makineleri, rastgele orman modelleri yaş belirlemek için kullanılmış olsa da değerlendirilen veriler ve değerlendirme yöntemleri farklıdır. (168).

Farhadian ve ark. 300 bireye ait (14-60y) ait maksiller kaninin dişin KIBT sagittal kesitte pulpa/diş alan oranı da olmak üzere birkaç farklı ölçümden elde ettikleri verileri sinir ağları yöntemini kullanarak yaş belirleme çalışması yapmışlardır. Doğrusal regresyon ile sinir ağları yöntemini kıyasladıklarında sinir ağları yönteminin daha başarılı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan kesit ve makine öğrenme yöntemi bizimkinden farklıdır. Farhadian ve ark.'nın maksiller kanin dişin

KIBT sagital kesitte pulpa/diş alan oranından elde ettikleri verilerin korelasyon katsayısını  $r=-0.77$  olarak bildirilmiş olup bu değer bizim çalışmamızda elde ettiğimiz tüm korelasyon katsayılarından daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda makine öğrenme yöntemiyle regresyon analizi yöntemi kıyaslanmamış olup, makine öğrenme algoritmaları yaş aralıkları ve eşik yaşa göre belirlenen yaşın konumunun değerlendirilmesi olmak üzere iki farklı yaklaşımla ele alınmıştır. Ancak yine de modellerin performansının düşük olma sebebi; elde ettiğimiz pulpa/diş alan oranlarının yaşla iyi bir korelasyon göstermiyor olması olabilir (169).

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 236 yetişkin Türk bireyinde sekonder dentin birikiminin yaş ile ilişkisini değerlendirmek için KIBT görüntülerinin aksiyel kesitinin MSS'ndan elde edilen pulpa/diş alan oranları ile yaş uyumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Doğruluk ve güvenilirlik için ölçüm yapılan araştırmalarda ölçümlerin iki gözlemci tarafından yapılması gerekmektedir. Bizim çalışmamızda da ölçümler iki farklı gözlemci tarafından yapılmış olup gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum yüksek bulunmuştur.

Böylece tekniğin farklı araştırmacılar tarafından tekrarlanabilirliği de sınanmıştır.

Elde ettiğimiz regresyon modellerinde cinsiyetin yaşa etkisi anlamsız olarak bulunmuştur. Cinsiyet etkisinin anlamsız olması adli çalışmalar için önemli bir avantaj olarak düşünülmektedir. Cinsiyetin bilinmediği vakalarda da modellerin kullanılması mümkündür.

Çalışmamızda sağlıklı dişler seçildiği için ölçümler KIBT görüntüleri üzerinde sağ-sol ayrımı yapılmadan gerçekleştirilmiştir. Sağ-sol ayrımının yapılmaması seçilen dişlerin bireyin tek bir kadranda var olması halinde bile modelin uygulanabilmesini sağlamaktadır. Ancak iki kadranda da diş varsa iki diş için ölçüm yapıp ortalamasının alınması ön görülemeyen farklılıklar nedeniyle ortaya çıkabilecek değişiklikleri azaltabilir.

MakS, MakL, MakKan, ManKan, Man1pr ve Man2pr dişler tek tek, altı diş birlikte ve MakS,MakL, MakKan dişler birlikte, ManKan, Man1pr ve Man2pr dişler birlikte, MakS,MakL ve ManKan dişler birlikte olacak şekilde farklı regresyon modelleri elde edilmiştir. Dişler tek tek değerlendirildiğinde belirlenen yaş ile kronolojik yaş arasında en iyi korelasyon MakS diş ile bulunmuş olup tüm modeller arasında en iyi korelasyon altı diş birlikte değerlendirildiğinde elde edilmiştir. MakS, MakL ve ManKan dişlerin üçü birlikte değerlendirildiğinde altı diş birlikte değerlendirildiğinde elde edilen sonuca çok yakın veriler elde edilmiştir.

Regresyon analizi ile elde edilen modellere göre ile belirlenen yaş ile kronolojik yaş arasındaki fark yüksek olup elde edilen modeller Türk popülasyonunda yetişkin bireyler için uygulanabilir olarak saptanmamıştır. Modellerle belirlenen yaşlardaki yüksek hataların azaltılması için ileri araştırmalarla belirlenecek ek yaş belirleme parametreleri kullanılabilir.

Elde edilen oranların yaşla ilişkisini değerlendirmek için SRA, RO, DVM ve LR modelleri eğitilmiştir. Bu modeller 2 farklı yaklaşımla yaş sınıflarını belirlemeye çalışan modeller ve eşik yaşa göre kronolojik yaşın konumunu belirlemeye çalışan modeller olarak değerlendirilmiştir. Modeller performans olarak düşük bulunmuştur ama farklı bir yaklaşım olarak ele alınmıştır.

KIBT görüntüleriyle elde edilen oranlar ile belirlenen yaş ile kronolojik yaş arasındaki ilişki uyumlu değildir. Ölçümler aksiyel kesit MSS'ında yapılmış olup ölçüm yapılan alanın tek bir kesit üzerinde olması sekonder dentin birikiminin doğrusal olarak birikmiyor olduğunu düşündürebilir. İki boyutlu görüntülerden ve nispeten hacim oranlarıyla elde edilen verilerden geliştirilen yöntemlerin uyguladığımız yöntemden daha başarılı sonuçlar veriyor olması bu düşüncemizin oluşmasında etkilidir. Ayrıca çalışmanın retrospektif olması nedeniyle bireylerde brüksizm, dil itme gibi kötü alışkanlıkların varlığı, plak/hareketli protez kullanımını, ortodontik tedavi geçmişi, kortikosteroid kullanımı, sistemik hastalıklar (böbrek hastalığı gibi), beslenme şekli, eksik/çürük diş varlığı nedeniyle çiğneme alışkanlıklarındaki değişiklikler, oklüzyon şekli (kanin koruyuculu oklüzyon varlığı) gibi dişlerdeki okluzal stresleri artıracak ve sekonder dentin birikimini etkileyecek parametrelerin varlığı dışlanamamıştır.

Regresyon modelleri ve makine öğrenme algoritmaları ile yaş belirleme geliştirilebilmesi için, KIBT görüntülerinden elde edilen verilerde pulpa boyutunun ve oranların farklı ölçüm yöntemleriyle ve/veya ek parametlerle birlikte araştırılmasını önermekteyiz.

## 7.KAYNAKLAR

1. Demirkıran DS, Çelikel A, Zeren C, Arslan MM. Yaş tespitinde kullanılan yöntemler. 2014.
2. Thali MJ, Viner MD, Brogdon BG. Brogdon's forensic radiology: CRC press; 2010.
3. Senn DR, Weems RA. Manual of forensic odontology: CRC press; 2013.
4. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic science international. 1995;74(3):175-85.
5. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. Journal of Forensic Science. 2004;49(2):1-3.
6. Haghanifar S, Ghobadi F, Vahdani N, Bijani A. Age estimation by pulp/tooth area ratio in anterior teeth using cone-beam computed tomography: comparison of four teeth. Journal of Applied Oral Science. 2019;27.
7. Rai A, Acharya AB, Naikmasur VG. Age estimation by pulp-to-tooth area ratio using cone-beam computed tomography: a preliminary analysis. Journal of forensic dental sciences. 2016;8(3):150.
8. Afify M, Salem W, Mahmoud N. Age estimation from pulp/tooth area ratio of canines using cone-beam computed tomography image analysis: study of an Egyptian sample. J Forensic Res. 2019;10(1):1-7.
9. Uğur Aydın Z, Bayrak S. Relationship Between Pulp Tooth Area Ratio and Chronological Age Using Cone-beam Computed Tomography Images. Journal of forensic sciences. 2019;64(4):1096-9.
10. Koç S, Can M. Birinci Basamakta Adli Tıp. İstanbul, İstanbul Tabip Odası Yayınları. 2010:18-36.
11. Rai B, Kaur J. Evidence-based forensic dentistry: Springer Science & Business Media; 2012.
12. YILDIRIM A, Çetin İ, Erdal Ö, Gümüş B. ADLİ TIP ANABİLİM DALINA 2006-2010 YILLARI ARASINDA YAŞ TAYİNİ İÇİN BAŞVURAN OLGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ. Çağdaş Tıp Dergisi.1(2).
13. Atılğan M, Akkoyun M. Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalından Yaş Tayini İstenen Olguların Değerlendirilmesi. Adli Tıp Bülteni. 2017;22(1):34-9.
14. ŞENER MT, POLAT Ş. Adli yaş tahmini yapılan olguların değerlendirilmesi: retrospektif bir çalışma. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi.15(2):1-6.
15. Resmi G. Askeralma Kanunu 30 Nisan 2022 [Available from: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/06/20190626-1.htm>].
16. Gazete TCR. Gelir İdaresi Başkanlığı Personeli Yer Değiştirme Yönetmeliği. 21 Ocak 2022;31726.
17. Gazete TCR. Bireysel Emeklilik Tasarruf Ve Yatırım Sistemi Kanunu İle Bazı Kanunlarda Ve 375 Sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun 22 Ocak 2022 [Available from: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/01/20220122-1.htm>].
18. Gilsanz V, Ratib O. Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity: Springer; 2005.

19. Bala M, Pathak A, Jain R. Assessment of skeletal age using MP 3 and hand-wrist radiographs and its correlation with dental and chronological ages in children. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2010;28(2):95.
20. Harorlı A. Adli dişhekimliği 2006.
21. Huda TF, Bowman JE. Age determination from dental microstructure in juveniles. *American Journal of Physical Anthropology*. 1995;97(2):135-50.
22. Kasımoğlu Y, Tuna-İnce EB. Diş hekimliğinde kemik yaşı tayininde kullanılan yöntemler: derleme. *Acta Odontologica Turcica*. 2016;33(1):39-46.
23. Kumar G. *Orban's oral histology and embryology*: Elsevier India; 2015.
24. Hargreaves KM, Goodis HE, Tay FR. *Seltzer and Bender's dental pulp*: Quintessence Pub.; 2012.
25. ÖZDEMİR O, HAZAR E, KOÇAK S, KOÇAK MM, SAĞLAM BC. Kök Rezorpsiyonları. *Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 5(2):38-44.
26. Jansen B, Van R. *Oral biology*. Chicago: Quintessence Pub Co. Inc; 1995.
27. Davis WL. *Oral histology: cell structure and function*. 1986.
28. Linde A, Goldberg M. Dentinogenesis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 1993;4(5):679-728.
29. Bosshardt DD, Nanci A. Immunocytochemical characterization of ectopic enamel deposits and cementicles in human teeth. *European journal of oral sciences*. 2003;111(1):51-9.
30. Smith CE, Nanci A. Overview of morphological changes in enamel organ cells associated with major events in amelogenesis. *International Journal of Developmental Biology*. 2003;39(1):153-61.
31. Nanci A. *Ten Cate's Oral Histology-Pageburst on VitalSource: Development, Structure, and Function*: Elsevier Health Sciences. 2007:57-198.
32. Sturdevant CM, Roberson TM, Swift EJ, Heymann H. *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry*: Mosby; 2002.
33. Philippas GG, Applebaum E. Age factor in secondary dentin formation. *Journal of dental research*. 1966;45(3):778-89.
34. Philippas GG. Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. *Journal of Dental Research*. 1961;40(6):1186-98.
35. Hargreaves G, Goods H. *Dental Pulp*. Ed. Quintessence. 2004.
36. Solheim T. Amount of secondary dentin as an indicator of age. *European Journal of Oral Sciences*. 1992;100(4):193-9.
37. Oi T, Saka H, Ide Y. Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. *International Endodontic Journal*. 2004;37(1):46-51.
38. Nitzan DW, Michaeli Y, Weinreb M, Azaz B. The effect of aging on tooth morphology: a study on impacted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1986;61(1):54-60.
39. Vasiliadis L, Darling A, Levers B. The amount and distribution of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*. 1983;28(7):645-9.
40. Zander HA, Hürzeler B. Continuous cementum apposition. *Journal of Dental Research*. 1958;37(6):1035-44.
41. Pharoah MJ. *Oral radiology: principles and interpretation*. 2004.
42. Hillmann G, Geurtsen W. Light-microscopical investigation of the distribution of extracellular matrix molecules and calcifications in human dental pulps of various ages. *Cell and tissue research*. 1997;289(1):145-54.

43. Smith A. Pulpal responses to caries and dental repair. *Caries research*. 2002;36(4):223-32.
44. Tziafas D. Dentinogenic potential of the dental pulp: facts and hypotheses. *Endodontic Topics*. 2007;17(1):42-64.
45. Gustafson G. Age determination on teeth. *J Am Dent Assoc*. 1950;41(1):45-54.
46. Gupta S, Chandra A, Agnihotri A, Gupta OP, Maurya N. Age estimation by dentin translucency measurement using digital method: An institutional study. *Journal of forensic dental sciences*. 2017;9(1):42.
47. Bang G, Ramm E. Determination of age in humans from root dentin transparency. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1970;28(1):3-35.
48. Vasiliadis L, Darling A, Levers B. The histology of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*. 1983;28(8):693-700.
49. Singhal A, Ramesh V, Balamurali P. A comparative analysis of root dentin transparency with known age. *Journal of forensic dental sciences*. 2010;2(1):18.
50. PRIYADARSHINI C, Puranik MP, Uma S. DENTAL AGE ESTIMATION METHODS-A REVIEW: LAP Lambert Academic Publ; 2015.
51. Johanson G. Age determination in human teeth. *Odontol Revy*. 1971;22(21):40-126.
52. Maples W, Rice P. Some difficulties in the Gustafson dental age estimations. *Journal of Forensic Science*. 1979;24(1):168-72.
53. Solheim T. A new method for dental age estimation in adults. *Forensic science international*. 1993;59(2):137-47.
54. Singla DY, Sharma DR, Mishra A, Sharma R. Age estimation by forensic Odontology. *International Journal of Current Research in Life Sciences*. 2018;7(05):2097-100.
55. Spalding KL, Buchholz BA, Bergman L-E, Druid H, Frisén J. Age written in teeth by nuclear tests. *Nature*. 2005;437(7057):333-4.
56. Takasaki T, Tsuji A, Ikeda N, Ohishi M. Age estimation in dental pulp DNA based on human telomere shortening. *International journal of legal medicine*. 2003;117(4):232-4.
57. Tsuji A, Ishiko A, Takasaki T, Ikeda N. Estimating age of humans based on telomere shortening. *Forensic Science International*. 2002;126(3):197-9.
58. Martin-de las Heras S, Valenzuela A, Bellini R, Salas C, Rubino M, Garcia JA. Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry. *Forensic science international*. 2003;132(1):57-62.
59. Renz H, Schaefer V, Duschner H, Radlanski R. Incremental lines in root cementum of human teeth: an approach to their ultrastructural nature by microscopy. *Advances in dental research*. 1997;11(4):472-7.
60. Renz H, Schaefer V, Duschner H, Radlanski R. *Advances in Dental Rese arch*. *Adv Dent Res*. 1997;100(4):472-7.
61. Naylor JW, Miller WG, Stokes GN, Stott GG. Cemental annulation enhancement: a technique for age determination in man. *American journal of physical anthropology*. 1985;68(2):197-200.
62. Sousa E, Stott GG, Alves JB. Determination of age from cemental incremental lines for forensic dentistry. *Biotechnic & histochemistry*. 1999;74(4):185-93.
63. Molnar S. Sex, age, and tooth position as factors in the production of tooth wear. *American Antiquity*. 1971:182-8.
64. Scott TW. Growth and age determination of nestling Brown-headed Cowbirds. *The Wilson Bulletin*. 1979;91(3):464-6.



65. Smith BH. Patterns of molar wear in hunter–gatherers and agriculturalists. *American journal of physical anthropology*. 1984;63(1):39-56.
66. Hongwei S, Jingtao J. The estimation of tooth age from attrition of the occlusal surface. *Medicine, Science and the Law*. 1989;29(1):69-73.
67. Ball J. A critique of age estimation using attrition as the sole indicator. *The Journal of forensic odonto-stomatology*. 2002;20(2):38-42.
68. YAŞAR ZF. DİŞLERDEN YAŞ TAHMİNİ METOTLARI: DERLEME. SAĞLIK BİLİMLERİNDE.7.
69. Stavrianos C, Mastagas D, Stavrianou I, Karaïskou O. Dental age estimation of adults: A review of methods and principals. *Res J Med Sci*. 2008;2(5):258-68.
70. Afsin H, Karaman F, Cologlu S. Washington, DC July 24–28, 2000. *Forensic Science Communications*. 2000.
71. Helfman PM, Bada JL. Aspartic acid racemization in tooth enamel from living humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1975;72(8):2891-4.
72. Bada JL, Helfman PM. Amino acid racemization dating of fossil bones. *World Archaeology*. 1975;7(2):160-73.
73. Ritz S, Schütz H, Peper C. Postmortem estimation of age at death based on aspartic acid racemization in dentin: its applicability for root dentin. *International journal of legal medicine*. 1993;105(5):289-93.
74. Ritz S, Schütz H. Aspartic acid racemization in intervertebral discs as an aid to postmortem estimation of age at death. *Journal of Forensic Science*. 1993;38(3):633-40.
75. Panchbhai A. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2011;40(4):199-212.
76. Drusini AG, Toso O, Ranzato C. The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*. 1997;103(3):353-63.
77. Drusini AG. Age estimation from teeth using soft X-ray findings. *Anthropologischer Anzeiger*. 1993:41-6.
78. Juneja M, Devi YB, Rakesh N, Juneja S. Age estimation using pulp/tooth area ratio in maxillary canines–A digital image analysis. *Journal of Forensic Dental Sciences*. 2014;6(3):160.
79. Cameriere R, Ferrante L, Belcastro MG, Bonfiglioli B, Rastelli E, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by peri-apical X-rays. *Journal of forensic sciences*. 2007;52(1):166-70.
80. Cameriere R, Ferrante L, Liversidge H, Prieto J, Brkic H. Accuracy of age estimation in children using radiograph of developing teeth. *Forensic science international*. 2008;176(2-3):173-7.
81. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *International journal of legal medicine*. 2006;120(1):49-52.
82. Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. *Forensic science international*. 2012;214(1-3):105-12.
83. White SC, Pharoah Michael J. *Oral Radiology: Principles Anf Interpretation*: Elsevier; 2012.
84. MIRANDA JcD, Azevedo AdCS, Rocha M, Michel-Crosato E, Biazevic MGH. Age estimation in Brazilian adults by Kvaal’s and Cameriere’s methods. *Brazilian oral research*. 2020;34.

85. Bosmans N, Ann P, Aly M, Willems G. The application of Kvaal's dental age calculation technique on panoramic dental radiographs. *Forensic science international*. 2005;153(2-3):208-12.
86. Landa M, Garamendi P, Botella M, Alemán I. Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. *International journal of legal medicine*. 2009;123(2):123-8.
87. Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B. Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms—a contribution to forensic age estimation methods in adults. *International journal of legal medicine*. 2005;119(1):27-30.
88. Erbudak HÖ, Özbek M, Uysal S, Karabulut E. Application of Kvaal et al.'s age estimation method to panoramic radiographs from Turkish individuals. *Forensic science international*. 2012;219(1-3):141-6.
89. Akkaya N, Yılandı HÖ, Boyacıoğlu H, Göksülük D, Özkan G. Accuracy of the use of radiographic visibility of root pulp in the mandibular third molar as a maturity marker at age thresholds of 18 and 21. *International Journal of Legal Medicine*. 2019;133(5):1507-15.
90. Akkaya N, Yılandı HÖ. Assessment of third molar maturity index for legal age threshold of 18 in a sample of Turkish individuals. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2021;53(3):314-24.
91. Doğru HB, Gulsahi A, Çehreli SB, Galić I, van der Stelt P, Cameriere R. Age of majority assessment in Dutch individuals based on Cameriere's third molar maturity index. *Forensic science international*. 2018;282:231. e1-. e6.
92. Roh B-y, Lee W-J, Ryu J-W, Ahn J-M, Yoon C-L, Lee S-S. The application of the Kvaal method to estimate the age of live Korean subjects using digital panoramic radiographs. *International journal of legal medicine*. 2018;132(4):1161-6.
93. Drusini A. The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in human adults. *Cuad Med Forense*. 2008;14(53-54):235-49.
94. Hatice BD, Nihal A, Humeyra Ozge Y, Goksuluk D. Applicability of Cameriere's and Drusini's age estimation methods to a sample of Turkish adults. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2017;46(7):20170026.
95. Gunacar DN, Bayrak S, Sinanoglu EA. Three-dimensional verification of the radiographic visibility of the root pulp used for forensic age estimation in mandibular third molar. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2021:20210368.
96. Akay G, Karataş MS, Karadağ Ö, Gungor K, Üçok CÖ. An application for Olze's method and tooth coronal index for age estimation of a Turkish adult population. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2020;52(6):699-710.
97. Cantekin K, Sekerci AE, Büyük SK. Dental computed tomographic imaging as age estimation: morphological analysis of the third molar of a group of Turkish population. *The American journal of forensic medicine and pathology*. 2013;34(4):357-62.
98. Tardivo D, Sastre J, Catherine J-H, Leonetti G, Adalian P, Foti B. Age determination of adult individuals by three-dimensional modelling of canines. *International journal of legal medicine*. 2014;128(1):161-9.
99. Bassed RB, Briggs C, Drummer OH. Age estimation and the developing third molar tooth: an analysis of an Australian population using computed tomography. *Journal of forensic sciences*. 2011;56(5):1185-91.
100. Agematsu H, Someda H, Hashimoto M, Matsunaga S, Abe S, Kim H-J, et al. Three-dimensional observation of decrease in pulp cavity volume using micro-CT: age-related change. *The Bulletin of Tokyo Dental College*. 2010;51(1):1-6.

101. Nudel I, Pokhojaev A, Hausman BS, Bitterman Y, Shpack N, May H, et al. Age estimation of fragmented human dental remains by secondary dentin virtual analysis. *International journal of legal medicine*. 2020;134(5):1853-60.
102. Vandevoort FM, Bergmans L, Cleynenbreugel J, Bielen DJ, Lambrechts P, Wevers M, et al. Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. *Journal of Forensic Science*. 2004;49(4):1-4.
103. Someda H, Saka H, Matsunaga S, Ide Y, Nakahara K, Hirata S, et al. Age estimation based on three-dimensional measurement of mandibular central incisors in Japanese. *Forensic science international*. 2009;185(1-3):110-4.
104. Aboshi H. Age estimation of lower first premolars based on the ratio between width of root and pulp using a digital X-ray system-consideration of the bias in image geometry. *Nihou Univ Dent J*. 2001;75:533-9.
105. Scarfe WC, Angelopoulos C. *Maxillofacial cone beam computed tomography: principles, techniques and clinical applications*: Springer; 2018.
106. Maret D, Peters OA, Dedouit F, Telmon N, Sixou M. Cone-Beam Computed Tomography: A useful tool for dental age estimation? *Medical hypotheses*. 2011;76(5):700-2.
107. Yang F, Jacobs R, Willems G. Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. *Forensic science international*. 2006;159:S78-S83.
108. Star H, Thevissen P, Jacobs R, Fieuws S, Solheim T, Willems G. Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone beam computed tomography images of monoradicular teeth. *Journal of forensic sciences*. 2011;56:S77-S82.
109. Ge Z-p, Ma R-h, Li G, Zhang J-z, Ma X-c. Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. *Forensic science international*. 2015;253:133. e1-. e7.
110. Pinchi V, Pradella F, Buti J, Baldinotti C, Focardi M, Norelli G-A. A new age estimation procedure based on the 3D CBCT study of the pulp cavity and hard tissues of the teeth for forensic purposes: A pilot study. *Journal of forensic and legal medicine*. 2015;36:150-7.
111. Penalzoa TYM, Karkhanis S, Kvaal SI, Nurul F, Kanagasingam S, Franklin D, et al. Application of the Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). *Journal of forensic and legal medicine*. 2016;44:178-82.
112. Gulsahi A, Kulah CK, Bakirarar B, Gulen O, Kamburoglu K. Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2018;47(1):20170239.
113. Zhang Z-y, Yan C-x, Min Q-m, Li S-q, Yang J-s, Guo Y-c, et al. Age estimation using pulp/enamel volume ratio of impacted mandibular third molars measured on CBCT images in a northern Chinese population. *International journal of legal medicine*. 2019;133(6):1925-33.
114. Molina A, Bravo M, Fonseca GM, Márquez-Grant N, Martín-de-Las-Heras S. Dental age estimation based on pulp chamber/crown volume ratio measured on CBCT images in a Spanish population. *International Journal of Legal Medicine*. 2021;135(1):359-64.
115. Asif MK, Nambiar P, Mani SA, Ibrahim NB, Khan IM, Lokman NB. Dental age estimation in Malaysian adults based on volumetric analysis of pulp/tooth ratio using CBCT data. *Legal Medicine*. 2019;36:50-8.

116. Sue M, Oda T, Sasaki Y, Ogura I. Age-related changes in the pulp chamber of maxillary and mandibular molars on cone-beam computed tomography images. *Oral radiology*. 2018;34(3):219-23.
117. ALPAR R. Uygulamalı İstatistik ve Geçerlilik-Güvenirlik: SPSS'de Çözümleme Adımları İle Birlikte, 3. Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara. 2014.
118. Sümbüloğlu K, Sümbüloğlu V. Biyoistatistik. hatipoğlu basım ve yayım san. Tic Ltd Şti Baskı, Ankara. 2002.
119. Breiman L, Friedman J, Olshen R, Stone C. Classification and regression trees. Wadsworth & Brooks. Cole Statistics/Probability Series. 1984.
120. Breiman L. Random forests. *Machine learning*. 2001;45(1):5-32.
121. Cortes C, Vapnik V. Support-vector networks. *Machine learning*. 1995;20(3):273-97.
122. Hastie T, Tibshirani R, Friedman JH, Friedman JH. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction: Springer; 2009.
123. Solheim T, Sundnes PK. Dental age estimation of Norwegian adults—a comparison of different methods. *Forensic science international*. 1980;16(1):7-17.
124. Wood R. Forensic aspects of maxillofacial radiology. *Forensic science international*. 2006;159:S47-S55.
125. Solheim T, Vonen A. Dental age estimation, quality assurance and age estimation of asylum seekers in Norway. *Forensic science international*. 2006;159:S56-S60.
126. Jain S, Nagi R, Daga M, Shandilya A, Shukla A, Parakh A, et al. Tooth coronal index and pulp/tooth ratio in dental age estimation on digital panoramic radiographs—a comparative study. *Forensic science international*. 2017;277:115-21.
127. Murray PE, Stanley HR, Matthews JB, Sloan AJ, Smith AJ. Age-related odontometric changes of human teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;93(4):474-82.
128. Ohtani S. Estimation of age from the teeth of unidentified corpses using the amino acid racemization method with reference to actual cases. *The American journal of forensic medicine and pathology*. 1995;16(3):238-42.
129. Mohammed RB, Sanghvi P, Perumalla KK, Srinivasaraju D, Srinivas J, Kalyan US, et al. Accuracy of four dental age estimation methods in southern Indian children. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2015;9(1):HC01.
130. Kazmi S, Mânica S, Revie G, Shepherd S, Hector M. Age estimation using canine pulp volumes in adults: a CBCT image analysis. *International Journal of Legal Medicine*. 2019;133(6):1967-76.
131. Zirk M, Dreiseidler T, Pohl M, Rothamel D, Buller J, Peters F, et al. Odontogenic sinusitis maxillaris: A retrospective study of 121 cases with surgical intervention. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2017;45(4):520-5.
132. Kolltveit KM, Solheim T, Kvaal SI. Methods of measuring morphological parameters in dental radiographs: comparison between image analysis and manual measurements. *Forensic science international*. 1998;94(1-2):87-95.
133. Izham A, Auerkari EI, editors. The use of radiology CBCT in odontology forensic. AIP Conference Proceedings; 2021: AIP Publishing LLC.
134. Guo Y, Wei L, Zhu F, Yan C, Chen T. Development of CBCT technique and its application on dental age assessment. *Fa yi xue za zhi*. 2014;30(4):279-81.
135. Kamburoğlu K, Kiliç C, Özen T, Horasan S. Accuracy of chemically created periapical lesion measurements using limited cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2010;39(2):95-9.

136. Penalozza TYM, Karkhanis S, Kvaal SI, Vasudavan S, Castelblanco E, Kruger E, et al. Reliability and repeatability of pulp volume reconstruction through three different volume calculations. *The Journal of Forensic Odonto-stomatology*. 2016;34(2):35.
137. Zheng Q, Ge Z, Du H, Li G. Age estimation based on 3D pulp chamber segmentation of first molars from cone-beam-computed tomography by integrated deep learning and level set. *International Journal of Legal Medicine*. 2021;135(1):365-73.
138. Schulze R, Krummenauer F, Schalldach F, d'Hoedt B. Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2000;29(1):52-6.
139. Willems G, Moulin-Romsee C, Solheim T. Non-destructive dental-age calculation methods in adults: intra-and inter-observer effects. *Forensic science international*. 2002;126(3):221-6.
140. Akay G, Gungor K, Gurcan S. The applicability of Kvaal methods and pulp/tooth volume ratio for age estimation of the Turkish adult population on cone beam computed tomography images. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2019;51(3):251-65.
141. Limdiwala PG, Shah J. Age estimation by using dental radiographs. *Journal of forensic dental sciences*. 2013;5(2):118.
142. Marroquin T, Karkhanis S, Kvaal S, Vasudavan S, Kruger E, Tennant M. Age estimation in adults by dental imaging assessment systematic review. *Forensic science international*. 2017;275:203-11.
143. Aboshi H, Takahashi T, Komuro T. Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars. *Forensic science international*. 2010;200(1-3):35-40.
144. Koh K, Tan J, Nambiar P, Ibrahim N, Mutalik S, Asif MK. Age estimation from structural changes of teeth and buccal alveolar bone level. *Journal of forensic and legal medicine*. 2017;48:15-21.
145. Igbigbi P, Nyirenda SK. Age estimation of Malawian adults from dental radiographs. *West African journal of medicine*. 2005;24(4):329-33.
146. Azevedo AdCS, Alves NZ, Michel-Crosato E, Rocha M, Cameriere R, Biazevic MGH. Dental age estimation in a Brazilian adult population using Cameriere's method. *Brazilian oral research*. 2015;29:1-9.
147. Lee S-M, Oh S, Kim J, Kim Y-M, Choi Y-K, Kwak HH, et al. Age estimation using the maxillary canine pulp/tooth ratio in Korean adults: A CBCT buccolingual and horizontal section image analysis. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*. 2017;9:1-5.
148. Gulsahi A, Tirali RE, Cehreli SB, De Luca S, Ferrante L, Cameriere R. The reliability of Cameriere's method in Turkish children: a preliminary report. *Forensic science international*. 2015;249:319. e1-. e5.
149. Altan HO, Altan A, Bilgiç F, Sözer ÖA, Damlar I. The applicability of Willems' method for age estimation in southern Turkish children: A preliminary study. *Journal of forensic and legal medicine*. 2016;38:24-7.
150. Różyło-Kalinowska I, Kalinowski P, Piskórz M, Namięta N. Age estimation by pulp/tooth area ratio in upper canines: Cameriere's method assessed and modified in a Polish population sample using digital panoramic radiography. 2020.
151. Ge Z-p, Yang P, Li G, Zhang J-z, Ma X-c. Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images. *International journal of legal medicine*. 2016;130(4):1159-67.

152. Adisen MZ, Keles A, Yorubulut S, Nalcaci R. Age estimation by measuring maxillary canine pulp/tooth volume ratio on cone beam CT images with two different voxel sizes. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2020;52(1):71-82.
153. BOYACIOĞLU H, AVCU N, AKÇİÇEK G, AKKAYA N, DURAL S. Dental age estimation with cone beam computed tomography.
154. Bansal V, Konidena A, Nagi R, Kataria APS, Yumnam N, Farooq F. Correlation of pulp-to-tooth area ratio with age and gender using CBCT of maxillary central incisor and canine: A comparative study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*. 2022;34(1):87.
155. Salemi F, Farhadian M, Sabzkouhi BA, Saati S, Nafisi N. Age estimation by pulp to tooth area ratio in canine teeth using cone-beam computed tomography. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*. 2020;10(1):1-8.
156. Thurzo A, Kosnáčová HS, Kurilová V, Kosmel' S, Beňuš R, Moravanský N, et al., editors. *Use of Advanced Artificial Intelligence in Forensic Medicine, Forensic Anthropology and Clinical Anatomy*. Healthcare; 2021: Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
157. Santosh K, Pradeep N, Goel V, Ranjan R, Pandey E, Shukla PK, et al. Machine Learning Techniques for Human Age and Gender Identification Based on Teeth X-Ray Images. *Journal of Healthcare Engineering*. 2022;2022.
158. Lisboa PJ. A review of evidence of health benefit from artificial neural networks in medical intervention. *Neural networks*. 2002;15(1):11-39.
159. Farhadian M, Aliabadi M, Darvishi E. Empirical estimation of the grades of hearing impairment among industrial workers based on new artificial neural networks and classical regression methods. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2015;19(2):84.
160. Shen S, Liu Z, Wang J, Fan L, Ji F, Tao J. Machine learning assisted Cameriere method for dental age estimation. *BMC oral health*. 2021;21(1):1-10.
161. Houssein EH, Mualla N, Hassan M. Dental age estimation based on X-ray images. *Computers, Materials & Continua*. 2020;62(2):591-605.
162. Velemínská J, Pílný A, Cepek M, Kot'ová M, Kubelková R. Dental age estimation and different predictive ability of various tooth types in the Czech population: data mining methods. *Anthropologischer Anzeiger; Bericht Über die Biologisch-anthropologische Literatur*. 2013;70(3):331-45.
163. De Tobel J, Radesh P, Vandermeulen D, Thevissen PW. An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study. *The Journal of forensic odonto-stomatology*. 2017;35(2):42.
164. Štepanovský M, Ibrová A, Buk Z, Velemínská J. Novel age estimation model based on development of permanent teeth compared with classical approach and other modern data mining methods. *Forensic science international*. 2017;279:72-82.
165. Galibourg A, Cussat-Blanc S, Dumoncel J, Telmon N, Monsarrat P, Maret D. Comparison of different machine learning approaches to predict dental age using Demirjian's staging approach. *International Journal of Legal Medicine*. 2021;135(2):665-75.
166. Wallraff S, Vesal S, Syben C, Lutz R, Maier A. Age estimation on panoramic dental X-ray images using deep learning. *Bildverarbeitung für die Medizin 2021: Springer*; 2021. p. 186-91.
167. Dalessandri D, Tonni I, Laffranchi L, Migliorati M, Isola G, Visconti L, et al. 2D vs. 3D radiological methods for dental age determination around 18 Years: a systematic review. *Applied Sciences*. 2020;10(9):3094.

168. Saric R, Kevric J, Hadziabdic N, Osmanovic A, Kadic M, Saracevic M, et al. Dental age assessment based on CBCT images using machine learning algorithms. *Forensic Science International*. 2022;334:111245.
169. Farhadian M, Salemi F, Saati S, Nafisi N. Dental age estimation using the pulp-to-tooth ratio in canines by neural networks. *Imaging science in dentistry*. 2019;49(1):19-26.

## 8. EKLER

### EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri



- |                                  |          |                                     |       |
|----------------------------------|----------|-------------------------------------|-------|
| 1. Prof. Dr. Ayşe Lale Doğan     | (Başkan) | 9. Doç. Dr. Fatma Visal Okur        | (Üye) |
| 2. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu  | (Üye)    | 10. Doç. Dr. Can Ebru Kurt (İzinli) | (Üye) |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım Sara    | (Üye)    | 11. Doç. Dr. H. Hüsrev Turgangöl    | (Üye) |
| 4. Prof. Dr. Nejdet Sağlam       | (Üye)    | 12. Dr. Öğr. Üyesi Özay Gököz       | (Üye) |
| 5. Prof. Dr. Mintaze Kerem Güner | (Üye)    | 13. Dr. Öğr. Üyesi Müge Demir       | (Üye) |
| 6. Prof. Dr. Oya Noyan Emiroğlu  | (Üye)    | 14. Öğr. Gör. Dr. Meltem Şengelen   | (Üye) |
| 7. Prof. Dr. M. Özgür Uyanık     | (Üye)    | 15. Av. Meltem Onurlu               | (Üye) |
| 8. Doç. Dr. Gözde Girgin         | (Üye)    |                                     |       |



**EK-2: Orjinallik Ekran Çıktısı****Dijital Makbuz**

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Özlem Büşra Doğan Eralp  
Ödev başlığı: Özlem  
Gönderi Başlığı: YETİŞKİN BİREYLERE AIT KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGR...  
Dosya adı: tezim.docx  
Dosya boyutu: 2.53M  
Sayfa sayısı: 77  
Kelime sayısı: 16,274  
Karakter sayısı: 114,731  
Gönderim Tarihi: 20-May-2022 09:57ÖS (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 1840836333



## EK 3: Orjinallik Ekran Çıktısı

YETİŞKİN BİREYLERE AİT KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI  
TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNDE PULPA/DİŞ ALAN ORANI  
ÖLÇÜMLERİ İLE BELİRLENEN YAŞ İLE KRONOLOJİK YAŞ  
ARASINDAKİ UYUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

## ORJİNALLIK RAPORU

<b>%7</b>	<b>%6</b>	<b>%1</b>	<b>%3</b>
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

## BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<b>openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>2</b>	<b>nek.istanbul.edu.tr:4444</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>3</b>	<b>acikbilim.yok.gov.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Ankara University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>5</b>	<b>www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>6</b>	<b>polen.itu.edu.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Recep Tayyip Erdogan University</b> Öğrenci Ödevi	<b>&lt;%1</b>
<b>8</b>	<b>openaccess.ogu.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>

