



T. C.

**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**TÜRK TOPLUMUNDA SUTURA PALATİNA MEDIA
MATURASYONUNUN KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ KULLANILARAK KRONOLOJİK YAŞ İLE
İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE MATURASYON
AŞAMALARININ FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE
İNCELENMESİ**

Dt. Gülcan KOÇAL

**ORTODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU**

**EKİM 2017
BOLU**



T. C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**TÜRK TOPLUMUNDA SUTURA PALATİNA MEDIA
MATURASYONUNUN KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ KULLANILARAK KRONOLOİK YAŞ İLE
İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE MATURASYON
AŞAMALARININ FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE
İNCELENMESİ**

Dt. Gülcan KOÇAL

ORTODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU

EKİM 2017
BOLU

T. C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Tez Onay Belgesi

Tezin Başlığı : Tıbbi Toplumunda Sutura Palatina Media Moturasyonunun
Konik Kısıtlı Bilgisayarlı Tomografi Kollonlorde Kromatik Yaq ile
İlişkisinin Değerlendirilmesi ve Moturasyon Aspmaların
Fistikol Analiz Yöntemi ile incelenmesi

Tezin Savunma Tarihi : 24.10.2017

Tezin Danışmanı : Doc. Dr. Koray HALICIOĞLU

Jüri Başkanı : Yrd. Doc. Dr. Ali KİMLİ

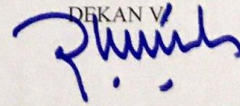
Üye : Doc. Dr. Koray HALICIOĞLU

Üye : Yrd. Doc. Dr. Yusemin NURKORKMAZ

DEKANLIK ONAYI

Bu tez "Uzmanlık Tezi" standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Hasan ORUÇOĞLU

DEKAN V.


ÖZET

TÜRK TOPLUMUNDA SUTURA PALATINA MEDIA MATURASYONUNUN KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANILARAK KRONOLOJİK YAŞ İLE İLİŞKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE MATURASYON AŞAMALARININ FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Çalışmamız Türk toplumunda kız ve erkek bireylerde sutura palatina media maturasyonunun konik ışınli bilgisayarlı tomografi kullanılarak kronolojik yaş ile ilişkisinin değerdendirilmesini ve maturasyon aşamalarının fraktal analiz yöntemi ile incelenmesini, bu veriler arasında herhangi bir korelasyon bulunup bulunmadığının belirlenmesini ve fraktal analiz sonuçlarının klinik uygulamada maturasyon aşamasına karar verebilecek bir kriter olarak kullanımının etkinliğini araştırmayı amaçlayan retrospektif bir arşiv çalışmasıdır.

Bu çalışmada yaş ortalaması $16 \pm 3,6$ yıl (kız bireyler için $16,1 \pm 3,6$ yıl ve erkek bireyler için $15,7 \pm 3,7$ yıl) olan 315 kız ve 200 erkek toplam 515 bireye ait konik ışınli bilgisayarlı tomografi verileri kullanılmıştır. Sutura palatina media maturasyonu, ilk olarak Angelieri ve ark. tarafından belirlenen sınıflandırma esas alınarak incelenmiştir. İkinci aşamada ise, fraktal analiz yöntemi ile elde edilen nicel veriler aracılığıyla değerdendirme yapılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre; sutura palatina media maturasyon aşamaları ile fraktal analiz ve kronolojik yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Sutura palatina media maturasyon aşamalarındaki fraktal boyut değerdeleri açısından kız ve erkek bireyler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildken, E maturasyon aşamasındaki kronolojik yaşın cinsiyetler arasında istatistiksel önemde farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kız ve erkek bireylerde maturasyon aşamaları ve fraktal analiz arasında pozitif yönlü zayıf istatistiksel anlamlı korelasyon vardır, ancak kız ya da erkek bireylerde maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş arasında istatistiksel anlamlı korelasyon mevcut değildir.

Tüm bu veriler dahilinde objektif ve nicel bir yöntem olan fraktal analizin, sutura palatina media maturasyon aşamasının belirlenmesinde kullanılabilecek bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Fraktal boyut değeri ve maturasyon aşamaları arasındaki pozitif yönlü korelasyon da dikkate alınarak, optimum fraktal boyut eşik değeri ile sutura palatina mediada füzyon aşaması değerlendirilebilir. Bununla birlikte kronolojik yaş, maturasyon aşamalarının değerlendirilmesinde yararlı bir indikatör değildir; ancak sutura palatina mediada füzyonun gerçekleştiği zaman hakkında alternatif bir bilgi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fraktal analiz, Konik ışınli bilgisayarlı tomografi, Sutura palatina media

ABSTRACT

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MIDPALATAL SUTURE MATURATION AND CHRONOLOGIC AGE WITH CONE-BEAM COMPUTERIZED TOMOGRAPHY VIA FRACTAL ANALYSIS IN A TURKISH POPULATION

This is a retrospective archive study and the aim of the study is to evaluate of the relationship between midpalate suture maturation and chronologic age with cone beam computerize tomography and to investigate the maturation stages of the midpalatal suture via fractal analysis in female and male individuals in Turkish population, to state whether there is any correlation between these data and to investigate effectiveness of using the results of fractal analysis as a criterion which specifies the maturation stage in clinical practice.

Cone beam computerize tomography images from 515 subjects (315 female, 200 male) with a mean age of 16 ± 3.6 years (female subjects 16.1 ± 3.6 years, male subjects 15.7 ± 3.7) were included in this study. The midpalatal suture maturation was firstly evaluated based on the classification described by Angelieri et al. In the second stage, the evaluation was made through the quantitative data obtained by fractal analysis.

According to the results of the study; there was a statistically significant difference between fractal analysis and chronologic age with the maturation of the midpalatal suture. While there was no statistically significant difference between fractal dimension and male or female according to the maturation of the midpalatal suture, there was a statistically significant difference between chronologic age and gender in stage E. There was a weak positive statistically significant correlation between maturation of the midpalatal suture and fractal analysis in male and female subjects, but there was no statistically significant correlation between maturation stages and chronologic age in male or female subjects.

As a result, fractal analysis, which is an objective and quantitative method, is a method that can be used in determining the maturation of the midpalatal suture. Considering the positive correlation between fractal dimension and maturation of the midpalatal suture, the optimal fractal dimension cut-off value can be used to assess fusion in the midpalatal suture. On the other hand chronologic age is not a useful indicator for evaluating the maturation of midpalatal suture, but it can be considered to offer alternative information about time when fusion takes place in the midpalatal suture.

Key words: Cone-beam computerize tomography, Fractal analysis, Midpalatal suture

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tezimin her aşamasında desteğini benden esirgemeyen, yüksek bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim ve gerektiğinde bir ağabey gibi yol gösteren saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU'na;

Her ne kadar aynı klinik ortamında kısa süre bir arada çalışma imkanı bulmuş olsam da benimle bilgi birikimini paylaşan ve desteğini her zaman hissettiğim Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasemin Nur KORKMAZ'a;

Tezimin gerçekleşme aşamasında en önemli rollerden birini oynayan, her türlü soru ve isteklerime içtenlikle yanıt veren Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Seval BAYRAK'a;

Ailemden uzakta geçirdiğim uzmanlık eğitim sırasında her zaman yanımda olan sevgili arkadaşlarım Sayın Arş. Gör. Dt. Ebru AKGÜL'e, Arş. Gör. Dt. Tülay ÖZKAN'a ve Arş. Gör. Dt. E. Melis KOÇAK'a;

Beraber çalıştığım Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda görev yapmakta olan asistan arkadaşlarıma ve bölümümüzün tüm çalışanlarına;

Arkadaştan öte kardeş olarak nitelendirdiğim Sayın Gözde ARSLAN'a ve Ayşe YAMAN'a;

Her türlü fedakarlığı göstererek maddi ve manevi desteklerini hiç bir zaman esirgemeyen sevgili annem Fahriye KÖSE'ye, ablam Gülşah KÖSE'ye ve kardeşim Görkem KÖSE'ye;

Hayatımın her anında gösterdiği anlayış ve destek için sevgili eşim Ahmet KOÇAL'a ve sayesinde tanıştığım ikinci ailem olan annem Nurcan KOÇAL'a, babam Hızır KOÇAL'a ve kardeşim Tarık KOÇAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatını çocuklarına iyi bir gelecek sunmak için adayan sevgili babam Recep KÖSE'yi rahmetle anıyor ve bu tezi, ona ithaf ediyorum...

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	Error! Bookmark not defined.
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar.....	x
ŞEKİLLER.....	xii
GRAFİKLER.....	xiii
RESİMLER.....	xiv
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Maksilla'nın Anatomisi	3
2.2. Sutura Palatina Mediana'nın Anatomisi	4
2.3. Posterior Çapraz Kapanış	5
2.4. Maksiller Darlık Tedavisinde Kullanılan Yöntemler	6
2.5. Satural Kemikleşme	7
2.6. Sutura Palatina Media Füzyonu ve Yaş ile İlişkisi.....	8
2.7. Bilgisayarlı Tomografi	14
2.8. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi	17
2.8.1. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin avantajları ve dezavantajları .	20
2.8.2. Ortodontide konik ışınlı bilgisayarlı tomografi kullanımı	21

2.9. Fraktal Analiz	23
3.GEREÇ ve YÖNTEM.....	36
4.BULGULAR	48
5.TARTIŞMA.....	61
6.SONUÇ ve ÖNERİLER.....	75
7.KAYNAKLAR.....	77
8.EKLER.....	88
9.ÖZGEÇMİŞ.....	91

TABLÖLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Sutura palatina media maturasyonu ile ilgili çalışmalara ait maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş dağılımları	14
2.2. Sutura palatina media maturasyonu ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalara ait veriler	22
3.1. Çalışmamıza ait güç analizi sonuçları	36
3.2. Çalışmamızda yer alan 515 bireyin cinsiyet dağılımları ve yaş ortalamaları	37
4.1. Çalışmamızda yer alan bireylerin kronolojik yaş değerleri	48
4.2. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve bireylerin kronolojik yaş değerleri	49
4.3. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB değerleri	50
4.4. Erkek bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve bireylerin kronolojik yaş değerleri	51
4.5. Erkek bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB değerleri	52
4.6. Gözlemci içi güvenilirliğin değerlendirildiği Kappa uyum testi sonuçları	53
4.7. FB değerleri arasındaki uyumun değerlendirildiği Cronbach Alpha Güvenilirlik Katsayısı Sonuçları	53
4.8. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının dağılımına göre ortalama FB değerleri	54
4.9. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değeri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkinin kız ve erkek bireylerde ikili karşılaştırmaları	55
4.10. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB arasındaki ilişki	56

4.11. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının dağılımına göre ortalama kronolojik yaş değerleri	59
4.12. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkinin kız ve erkek bireylerde ikili karşılaştırmaları	60
4.13. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişki	60



ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Maksillanın lateral planda görüntüsü	3
2.2. Maksillanın okluzal planda görüntüsü	4
2.3. Sutura palatina medianın morfolojik gelişimi:	5
A) Bebeklik döneminde, B) Çocukluk döneminde, C) Erişkinlik döneminde	
2.4. Sutura'nın histolojik tabakaları	8
2.5. X-ışın geometrisinin yayılımı:	16
A) Konik ışınlı projeksiyon, B) Fan beam projeksiyon	
2.6. Bütün kenarları eşit uzunlukta olan iki boyutlu piksel ve pikselin üç boyutlu hali olan voksel	18
2.7. İzotropik ve anizotropik şekilde elde edilen hacimsel veri setlerinin karşılaştırılması	19
2.8. Düzenli şekillerin ve fraktal yapıların FB değerleri:	25
A) Düz çizgi, B: Koch kar tanesi, C: Üçgen, D: Sierpinski üçgeni	
2.9. Fraktal özellik gösteren bir yapının kutu sayma metodu ile FB değerinin hesaplanması	27
2.10. A) Koch fraktalinin ana hattı, B) Dilatasyon metodu ile görüntü üzerindeki değişiklik	27
2.11. A) Koch fraktalinin ana hattı, B) Sandbox yöntemi ile görüntü sınırlarına yerleştirilen daireler	28
3.1. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının şematik çizimi	42
3.2. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının belirlenmesinde izlenecek adımlar	43

GRAFİKLER

Grafik	Sayfa
4.1. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değerinin dağılım eğrisi	56
4.2. Kız bireylerde ROC eğrisi	57
4.3. Erkek bireylerde ROC eğrisi	58



RESİMLER

Resim	Sayfa
2.1. Sutura palatina medianın maturasyon aşamaları	12
2.2. KIBT hacimsel verileriyle elde edilen çok yönlü rekonstrükte edilmiş görüntüler	17
2.3. Doğal bir fraktal örneği olan karnibaharın farklı magnifikasyonlarda görünümü	24
3.1. i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa, USA) KIBT cihazı	37
3.2. Sutura palatina medianın izlendiği ana görüntünün elde edilmesi	39
3.3. A maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü	40
3.4. B maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü	40
3.5. C maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü	41
3.6. D maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü	41
3.7. E maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü	42
3.8. ROI seçimi	44
3.9. a) ROI görüntüsünün fraktal analize hazır hali, b) Bulanıklaştırılan görüntü, c) “Invert” seçeneği uygulanmış görüntü, d) Ana hatları belirlenmiş görüntü	45
3.10. Fraktal analizinde kutu sayma algoritmasının uygulanışı	46
3.11. Verilerin logaritmik ölçekte çizimi ve FB değeri	46

SİMGELER ve KISALTMALAR

BT	Bilgisayarlı Tomografi
FB	Fraktal boyut
FOV	Field of View (İncelenecek görüntü alanı)
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
Micro CT	Micro Computerize Tomography
n	Hasta sayısı
RME	Rapid Maxillary Expansion (Hızlı üst çene genişletmesi)
ROI	Region of Interest
ROC	Receiver Operating Characteristic
SARME	Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion (Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi)
TME	Temporomandibular eklem

1. GİRİŞ

Sutura palatina mediada füzyonun başlaması ve ilerlemesi hem cinsiyete hem de yaş faktörüne göre çeşitlilik göstermektedir (1). Sutura palatina media morfolojisini incelemek ve maturasyonunu değerlendirmek amacıyla kadavra üzerinde gerçekleştirilen histolojik (2-9), Micro Computerize Tomography (Micro CT) (10) ve okluzal radyografi (6, 9) kullanılarak yapılmış araştırmalar mevcuttur. Hayvan örnekleri kullanılarak da histolojik değerlendirme (5) ve tomografi çalışmaları (11, 12) gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte okluzal radyografilerin (13, 14) ve tomografi materyallerinin (1, 15-26) kullanıldığı klinik araştırmalar da bulunmaktadır. Ancak okluzal radyografiler sutura palatina media morfolojisinin analizi için güvenilir değildir, vomer ve eksternal nazal yapılar midpalatal bölgeyi örter ve sutura palatina media füzyon aşamalarının radyolojik olarak yorumlanmasında hatalara neden olabilir (6). Son 15 yılda konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ortodontik tanı ve tedavi planlaması için, özellikle de maksillofasiyal iskeletin kompleks anatomik ilişkilerinin ve maksillofasiyal iskeleti çevreleyen yapıların incelenmesinin gerekli olduğu durumlarda önemli bir ek radyografik teknik olarak ortaya çıkmıştır (27). KIBT, ortodontistler tarafından hastalarının üç boyutlu görüntülerini elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (28). Komşu anatomik yapıların süperpoze olmaları önlenerek oral ve maksillofasiyal suturaların üç boyutlu incelenmesine imkan sağlanmaktadır. KIBT'nin en önemli avantajı sagittal, aksiyal ve koronal düzlemlerde bilgisayar ortamında görüntülerin taranmasının mümkün kılınması, magnifikasyon olmadan rekonstrüksiyon sağlanması, uygun bir yazılım kullanılarak üç boyutlu görüntü elde edilmesi ve modelleme yapılma imkanının sunulmasıdır (29, 30). Bilgisayarlı Tomografi (BT) ile kıyaslandığında radyasyon dozu ve maliyeti düşüktür (31). KIBT aracılığıyla diğer anatomik yapılar dahil edilmeksizin suturanın tüm anteroposterior özellikleri belirlenerek sutura palatina media füzyon aşamasının tespit edilmesi mümkündür (1). Ancak ilgili bölgenin seçilmesine ilişkin gözlemler arasında farklılık olabilir ve kullanılan görüntünün kalitesi de önemlidir (20). Bu nedenle, sutura palatina medianın füzyon derecesine karar vermek amacıyla daha nesnel olarak seçilen bölgeleri içeren KIBT temelli bir yöntem geliştirmek gereklidir (32). İnsan kraniyal sutura biçimleriyle ilgili yapılan çalışmalar, suturanın yüksek derecede fraktal özellik gösterebileceğini belirtmektedir (33). Fraktal kelimesi Latince "fractus" yani

kırk anlamına gelmektedir (34, 35). Fraktal geometrisi, farklı ölçeklerde izlendiğinde kendine benzeme özelliği gösteren düzensiz yapıları tanımlamak için kullanılmaktadır (36, 37). Fraktal geometrisinin en önemli özelliği, kendine benzerliktir. Desenler ya da düzensiz ayrıntılar giderek küçülen ölçeklerde yinelenir ve her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, yine cismin bütününe benzemektedir (38). Fraktal analizi, kompleks şekillerin ve yapısal dokuların tanımlanabilmesi için fraktal matematiğinden köken alan istatistiksel yapı analizidir (39). Fraktal analiz değeri, sayısal olarak fraktal boyut (FB) ile belirtilir (40). FB, yapının kendine benzerliğini ölçerek karmaşıklığını temsil etmektedir (39, 41, 42). Günümüz dijital teknolojisi ile geliştirilen matematiksel görüntü analiz yöntemleri aracılığıyla, dijital görüntüleme sistemleri ile elde edilen görüntüler üzerinde kemik dansitesi ve alveoler kemik yapısına ilişkin kalitatif ve kantitatif analizler yapılabilmektedir (41, 42). Alveoler kemiğin trabeküler ağı, radyografilerde belli çözünürlükte görüntülendiğinde kendine benzeme özelliği gösterdiğinden dolayı fraktal boyutlarla karakterize edilebilen bir yapı sergilemektedir (43-45). Düşük değerdeki FB, kemik içerisinde boşlukların daha yüksek oranda bulunduğunu ve kemik dokusunun daha porözlü bir yapıya sahip olduğunu belirtir. Yüksek değerdeki FB; kemik mimarisinin daha karmaşık, daha yoğun ve kemik içerisindeki boşlukların daha az miktarda olduğunu göstermektedir (46, 47).

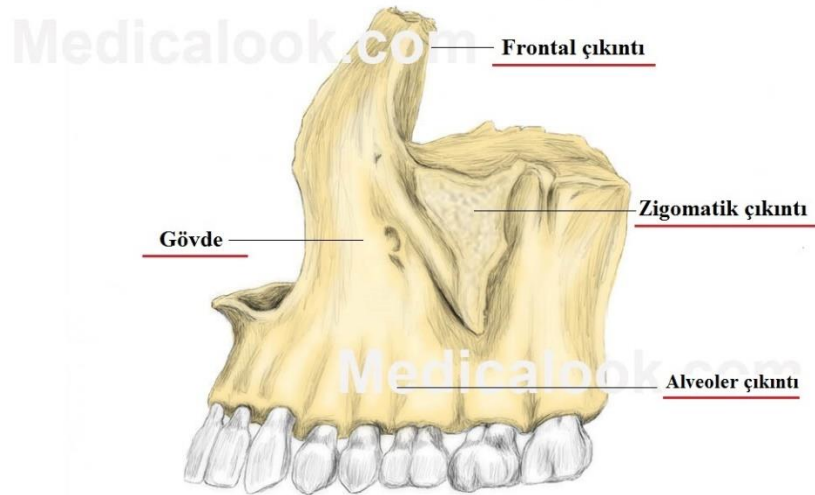
Çalışmamızda Türk toplumunda kız ve erkek bireylerde sutura palatina media maturasyonunun KIBT kullanılarak kronolojik yaş ile ilişkisinin değerlendirilmesi ve maturasyon aşamalarının fraktal analiz yöntemi ile incelenmesi, bu veriler arasında herhangi bir korelasyon bulunup bulunmadığının belirlenmesi ve fraktal analiz sonuçlarının klinik uygulamada maturasyon aşamasının tahmin edilmesinde rehber olabilecek bir kriter olarak kullanımının etkinliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

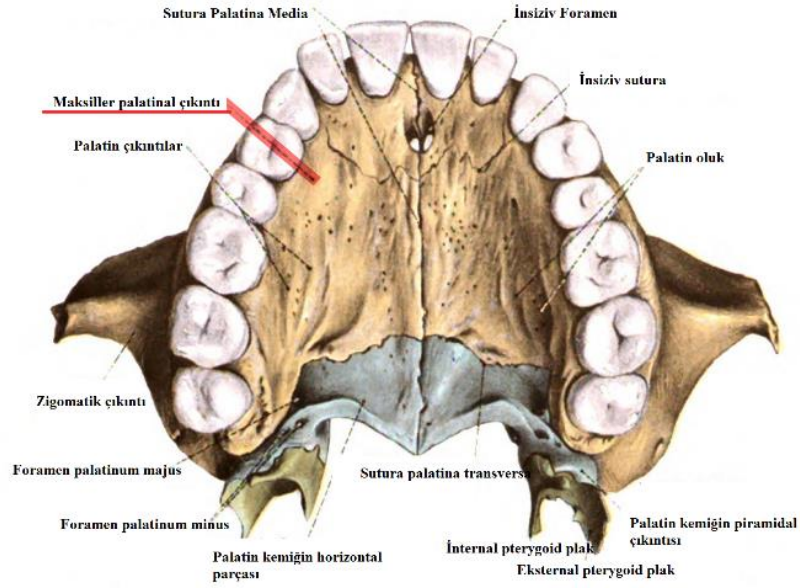
2.1. Maksillanın Anatomisi

Maksilla, palatal fissür boyunca birleşen iki parçadan meydana gelir. Kraniyal kemikler arasındaki en büyük kemik olan maksillanın her bir parçası, gövde ve dört adet çıkıntıdan oluşmaktadır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2) (48).

- Gövde, piramidal şekillidir ve anterior, posterior (infratemporal), superior (orbital) ve medial (nazal) olarak adlandırılan yüzeyleri vardır. Gövdenin içerisinde maksiller sinüs bulunmaktadır.
- Zigomatik çıkıntı, lateral yönde uzanarak zigomatik kemiğin maksiller çıkıntısıyla birleşir.
- Frontal çıkıntı, superior yönde uzanır; nazal, etmoid, frontal ve lakrimal kemiklerle birleşir.
- Palatinal çıkıntı, medial yönde uzanır ve sert damağın büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Posteriora palatal kemiğin horizontal kısmı ile ve orta hatta sutura palatina media boyunca karşı palatinal çıkıntıyla birleşir. Anterior bölgesinde insiziv forameni barındırır.
- Alveoler çıkıntı, aşağıya doğru uzanır ve maksiller dişleri destekler.



Şekil 2.1. Maksillanın lateral planda görüntüsü. www.medicallook.com (49) adresinden alınmıştır.

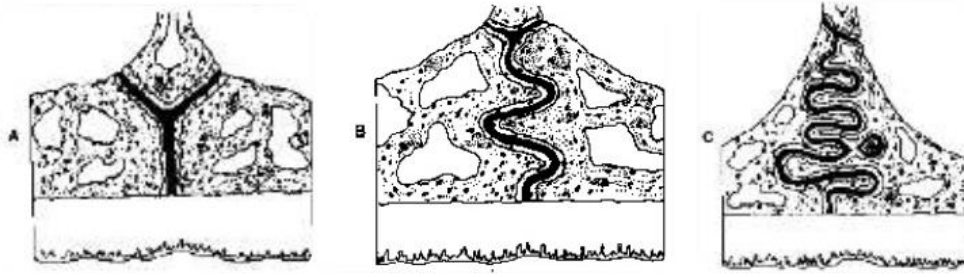


Şekil 2.2. Maksillanın okluzal planda görüntüsü. www.wikipedia.com (50) adresinden alınmıştır.

Maksilla ağız tavanı, burun tabanı, burun lateral duvarı ve orbita tabanının oluşumunda rol oynar. Aynı zamanda infratemporal ve pterygopalatin fossaların, inferior orbital ve pterygomaksiller fissürlerin oluşumuna katkıda bulunur. Maksilla iki kraniyal (frontal ve etmoid), yedi fasiyal (nazal, zigomatik, lakrimal, palatal kemik, vomer, inferior nazal konka ve maksilla) olmak üzere dokuz kemikle eklem yapmaktadır (48).

2.2. Sutura Palatina Medianın Anatomisi

Maksillanın palatinal çıkıntıları, üst çene genişletmesinde önemli rol oynayan sutura palatina mediada birleşir (3). Melsen (2) insan kadavralarında yapmış olduğu çalışmada sutura palatina media yapısını histolojik olarak incelemiş ve alman vertikal kesitlerde, bebeklik döneminde suturanın Y şeklinde olduğunu belirtmiştir (Şekil 2.3A). Ergenlik döneminde, kemiklerin birleşim kısmının yükselerek T şeklini aldığı ve interpalatal parçanın yılanı bir görüntüye sahip olduğu izlenmiştir (Şekil 2.3B). Erişkin dönemde, suturada interdijitasyon gerçekleşerek kemiklerin mekanik olarak kilitlendiği bildirilmiştir (Şekil 2.3C).



Şekil 2.3. Sutura palatina medianın morfolojik gelişimi: A) Bebeklik döneminde, B) Çocukluk döneminde, C) Erişkinlik döneminde. Melsen'den (2) alınmıştır.

Melsen (3); 1975 yılında 0-18 yaş arasındaki 60 insan kadavrası üzerinde yaptığı çalışmada da koronal düzlemde superiorda vomer, laterallerde maksilla'nın palatinal çıkıntılarının görüldüğü kesitlerde sutura palatina media yapısını incelemiştir. Postnatal büyüme esnasında suturanın şekil ve yapısında değişimler olduğunu belirterek sutural gelişim sürecini üç döneme ayırmıştır. Sutura palatina media infantil dönemde Y şeklinde, çok geniş, kısa ve hafif dalgali (sinuous) olacak şekilde oldukça düzgündür. Bu dönemde vomer kemiği, maksilla'nın iki yarısı arasındaki V şekilli oyukta bulunur. Juvenil dönemde (erken karışık dişlenme döneminde) suturanın daha dalgali ve kıvrımlı hale geldiği belirtilmiştir. Adölesan dönemde ise spiküllerde interdijitasyonun artışıyla sutura daha dolambaçlı bir yapı şeklinde izlenerek; kemikler arasındaki fizyonun, kırık oluşturmadan üst çene genişletmesine imkan vermeyecek kadar birbirine mekanik olarak sıkıca bağlanmış bir yapıda olduğu ve kemik adacıklarının olduğu gösterilmiştir.

2.3. Posterior Çapraz Kapanış

Normal oklüzyonda maksiller diş kavsi, mandibular diş kavsini uzayın her yönünde kutu kapağı gibi örtmektedir (51). Üst çenenin transversal yöndeki yetersizliği, kraniofasial bölgede oluşabilecek en yaygın iskeletsel problemlerden birisi olarak kabul edilmektedir ve bu maloklüzyona sahip hastalarda, genellikle tek ya da çift taraflı posterior çapraz kapanış meydana gelmektedir (52, 53). Çapraz kapanış, alt ve üst dişlerin bukkolingual yönde anormal okluzal ilişkisi olarak tanımlanan bir terimdir (54).

Posterior çapraz kapanış anomalisi; dişsel, isleletsel (morfolojik) ve fonksiyonel olarak görülebilmektedir (51). İskeletsel çapraz kapanış, alt ve/veya üst çenenin asimetrik büyümesi ve çenelerin bazal kaide genişlikleri arasında transversal yönde meydana gelen uyumsuzluk nedeniyle oluşmaktadır (48, 51, 55). Apikal kemik kaidesinin dar oluşuna bağlı olarak dişlerin kuronlarında bukkal yönlü tipping görülen kompanzasyon durumunda, sutura palatina medianın açılmasıyla apikal kaide genişletilmelidir (48, 56-59).

2.4. Maksiller Darlık Tedavisinde Kullanılan Yöntemler

Sutura palatina medianın yırtılma hızına bağlı olarak üst çene genişletme yöntemleri yavaş, yarı hızlı ve hızlı olmak üzere sınıflandırılmaktadır (48).

Yavaş üst çene genişletme metodu (Slow Maxillary Expansion), sutural dokuların direncinin kırılmadığı; böylece ortodontik hareket miktarının fazla, ortopedik hareket miktarının az olduğu genişletme şeklidir (48, 60).

Yarı hızlı üst çene genişletmesi (Semi Rapid Maxillary Expansion), Mew (61) tarafından hareketli bir apacey ile haftalık 1-1,5 mm'lik genişletme yapılacak şekilde gerçekleştirilen daha fizyolojik bir uygulama olarak tanıtılmıştır. İşeri ve Özsoy (62) ise, rijit akrilik bonded ekspansiyon apaceyi ile sutura palatina media açılana kadar günde iki çeyrek tur, suturada açılma tespit edildikten sonra haftada üç çeyrek tur olacak şekilde gerçekleştirdikleri vida çevirme programını yarı hızlı üst çene genişletmesi olarak adlandırmışlardır.

Premaksilla ve damağı oluşturan kemikler, bilateral olarak gelişerek sutura palatina mediada birleşir ve bu kemiklerin, fiziksel olarak suturadan hızlı bir şekilde ayrılmasıyla yapılan genişletme uygulaması, hızlı üst çene genişletmesi (RME - Rapid Maxillary Expansion) olarak tanımlanmıştır (63). RME, suturalar kapanmadan önce dişler veya palatal mukozaya ya da her ikisine birden lateral yönde kuvvet uygulanarak sutura palatina medianın açılması ile maksiller iki parçanın ayrılması sonucu ark genişliğinin ve çapının artırılması işlemidir (64).

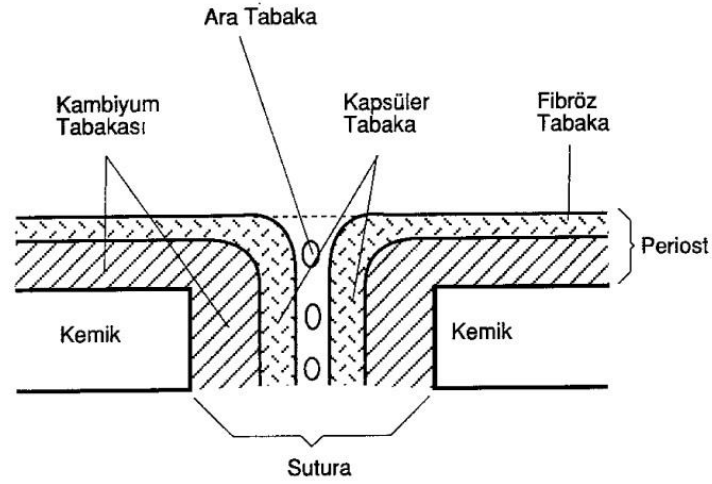
Maksiller suturalardaki interdijitasyon, sinostosis ve maksillayı çevreleyen kemiklerdeki rijidite artışına bağlı olarak yetişkin hastalarda RME öncesinde kortikotomi adı verilen cerrahi işleme gerek duyulabilmektedir. Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi (SARME - Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion)

olarak adlandırılan bu yöntem, RME endikasyonu bulunan iskeletsel olarak olgunlaşmış bireylerde uygulanan ve maksillanın transversal boyutlarının artırılmasını sağlayan bir tedavi yöntemidir (4, 6).

2.5. Sutural Kemikleşme

Prenatal ve postnatal büyüme dönemlerinde intramembranöz ve endokondral olmak üzere iki tür kemikleşme vardır (51, 65). Her iki kemikleşme türünde de mezenkimal progenitör hücreler, gelişimsel süreci başlatır ve kemiği meydana getiren osteoblast hücreleridir (51, 66). Endokondral kemikleşme sırasında, mezenkimal hücreler kıkırdak büyüme taslağını oluşturan kondrositlere farklılaşırlar ve kıkırdak model kademeli olarak kemikle yer değiştirir (67). İnsan iskeletindeki uzun, kısa ve düzensiz kemikleri içeren kemiklerin çoğu endokondral kemikleşmeyle oluşmaktadır (68, 69). Kafatası, yüz kemikleri ve pelvis gibi düz kemikler, intramembranöz kemikleşme ile yapılır (68-70). Intramembranöz kemikleşmede, mezenkimal kök hücreler doğrudan osteoblastlara farklılaşırlar (43).

Suturada kemikleşme, intramembranöz olarak gerçekleşmektedir. Birbirine komşu iki kemik arasında bulunan sutura, bir bağ dokusu şeridinden ibarettir. Suturada karşı karşıya gelen iki kemiğin üzerini örten periost, suturada devam ediyormuş gibi düşünülebilir. Her iki kemik periostu suturada ayrı ayrı birbirlerine sırtını vermiş olarak, iki ayrı periost halinde devam etmektedir. Periost bir bağ dokusu membranıdır. Periostun en üst tabakası fibröz bir tabaka olup fibroblastlar, kollojen lifler, damar ve sinirlerden oluşmuştur. Periostun kemiğe komşu tabakası ise esas kemik yapan (osteojenik) kambiyum tabakası olup; osteoblastların çoğaldığı, osteoblastlar tarafından salgılanan kollojen lifler üzerine kalsiyum tuzlarının çökerek Sharpey lifleri haline dönüştüğü ve kemiğin üretildiği tabakadır. Suturada karşı karşıya gelen iki kemiğin de ayrı ayrı birer kambiyum tabakası ve fibröz dokudan oluşan birer kapsüler tabakası vardır. İki kapsüler tabaka arasında da kan damarlarının bulunduğu bir ara tabaka vardır (Şekil 2.4). Suturada karşı karşıya gelen iki kemiğin de ayrı ayrı birer kambiyum tabakası bulunduğu için her iki kemik de ayrı ayrı büyür. Bu kemikler birbirleri ile aynı oranlarda büyüebildiği gibi, biri diğerinden daha az ya da fazla da büyüeyebilir (51).



Şekil 2.4. Sutura'nın histolojik tabakaları. Ülgen'den (51) alınmıştır.

2.6. Sutura Palatina Media Füzyonu ve Yaş ile İlişkisi

Sutura palatina media, uç uca devam eden bir sutura olarak tanımlanmaktadır (71). Sutura palatina mediada füzyonun başlaması ve ilerlemesi yaşa ve cinsiyete göre çok fazla değişkenlik göstermektedir (1). Füzyon, sutura marjinlerinden kemik uzantıları ile adacıklar halinde başlamakta ve kemik uzantıları, yaşla birlikte artarak sutura boyunca oluşmaktadır (2, 4, 5, 10). Yaş ilerledikçe artan kemik uzantıları, iki sutura arasında birbirine yaklaşmaktadır (6, 8). Ardından füzyon posteriorda başlayarak, anteriora doğru ilerlemekte ve kortikal kemik yerini süngerimsi kemiğe bırakmaktadır (4, 8, 71, 72).

Sutura palatina media morfolojisini incelemek ve maturasyonunu değerlendirmek amacıyla kadavra üzerinde gerçekleştirilen histolojik incelemeler (2-9), Micro CT (10) ve okluzal radyografi (6, 9) kullanılarak yapılmış araştırmalar mevcuttur. Hayvan örnekleri kullanılarak da histolojik değerlendirme (5) ve tomografi çalışmaları (11, 12) gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte okluzal radyografilerin (13, 14) ve tomografi materyallerinin (1, 15-26) kullanıldığı klinik araştırmalar da bulunmaktadır.

Melsen'in (3) çalışmasının sonuçlarına göre; sert damağın nazal yüzeyinde 14-15 yaşna kadar rezorpsiyon, oral yüzeyinde ise 13-14 yaşna kadar apozisyon devam etmektedir. Osteoklastik aktivite en çok transversal suturanın posterior bölgesinde

görülmektedir ve damağın posterior sınırının remodellingi 16-18 yaşına kadar sürmekte iken, kızlarda erkeklerden daha önce sonlanma eğilimindedir. Sert damağın uzunlamasına büyümesinden 13-15 yaşına kadar transversal suturadaki büyüme ve damağın posterior marjindeki apozisyon sorumludur. Bu yaştan sonra sutural büyümenin durduğu, ancak apozisyonun birkaç sene daha devam ettiği belirtilmiştir. Kızlarda 15, erkeklerde 17 yaşından sonra transversal ve midpalatal suturalar inaktif osteoblastları içeren dar bir bağ dokusundan oluşmaktadır. Doğumda geniş ve hafif eğri olan sutura, 10 yaşında tipik skuamöz özellik göstermektedir ve suturanın en geniş kısmı olan alt kısmında dijitasyon başlangıcı görülmektedir. 13-14 yaşından sonra yani puberte döneminde, damağın iki kısmı arasındaki bağ dokusu daralmakta ve sutura kısalarak hafif eğri (dalgalı) bir görünüm almaktadır. Bu değişim sert damağın vertikal büyümesi için önemlidir. Sutura palatina medianın transversal büyümesinin kızlarda 16 ve erkeklerde 18 yaşına kadar devam etmekte olduğu bildirilmiştir.

Persson ve Thilander (4), 15-35 yaşları arasındaki 24 insan kadavrası üzerinde yaptıkları çalışmada intermaksiller ve transvers palatin suturanın ossifikasyonunda yaşla oluşan değişimleri incelemişlerdir. 15 yaşındaki bir kız çocukta intermaksiller suturanın posterior kısmında füzyon varken, 27 yaşındaki bir kadın hastada sutura kenarlarında hiçbir füzyon gözlenmediğini belirterek; bireysel farklılıkların ve aynı sutura üzerinde ossifikasyon farklılıklarının görülebileceğini, intermaksiller suturaların posteriorunda anteriorundan daha önce kapanmanın gerçekleştiğini ve juvenil dönemde sutural kapanmanın olabileceğini ancak 3. dekata kadar tam bir kapanmanın nadir olarak görüldüğünü belirtmişlerdir. Sutura palatina media füzyonunu, 15-19 yaş aralığında gözlemlerken; 27 ve 32 yaşlarında sutura palatina mediada füzyon belirtisi olmayan hastalar olduğunu da tespit etmişlerdir. Füzyonun geç gerçekleşebileceği ihtimaline karşılık, RME'nin 25 yaşına kadar denenebileceğini ve bu yaşa kadar sutura palatina medianın %5 ihtimalle tam olarak kapanmadığını ifade etmişlerdir.

Schlegel ve ark. (7) insan otopsi materyalleri üzerinde yaptıkları biyopsi çalışmasında, sutura palatina media ossifikasyonunu incelemişlerdir. Çalışmalarında 50 yaşında bir bireyde sutura palatina mediada ossifikasyon olmadığını belirterek füzyonunun 23 yaşından önce nadir olarak tamamen gerçekleştiğini gözlemlemişler

ve suturanın anterior kısmının, posterior kısmından daha az kalsifiye olduğunu bildirmişlerdir.

Knaup ve ark. (8), gerçekleştirdikleri kadavra çalışmasında 18-63 yaşındaki 22 insan damak örneğini kullanarak sutura palatina mediada yaşla birlikte oluşan sutural genişlik ve füzyon değişimlerini araştırmışlardır. 25 yaşından küçük ve 26 yaşından büyük olacak şekilde iki grup oluşturarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, sutural genişliğin her iki grupta farklı olduğunu belirtmişlerdir. Sutura palatina medianın genç grupta daha geniş olduğunu, genç gruptaki füzyonun %0, yaşlı grupta ise %3,11 olduğunu gözlemlemişlerdir. Sutura palatina mediada görülen en erken füzyonun 21, en geç füzyonun ise 54 yaşında bir erkekte olduğunu kaydetmişler ve ölçülen maksimum obliterasyonun 44 yaşında bir erkekte görüldüğünü bildirmişlerdir.

N'guyen ve ark. (9), 70 yaş üzerindeki 20 erkek insan damağını, okluzal radyografi ve histolojik değerlendirme ile inceleyerek sutura palatina medianın yaşlılarda bile tamamen kapanmayabilen tek sutura olduğunu belirtmişlerdir. N'guyen ve ark. (15) tarafından gerçekleştirilen farklı bir çalışmada, sutura palatina medianın füzyonu ile cinsiyet arasında bir ilişki olmadığı ifade edilmiştir.

Korbmacher ve ark. (10), yaşları 14-71 arasında değişen 28 insan kadavrasına ait sutura palatina mediayı Micro CT ile incelemişler ve 71 yaşında sutura palatina mediada henüz füzyon belirtisi başlamamış hasta olduğunu rapor etmişlerdir. Ortalama füzyon gerçekleşme indeksinin bireyler arasında önemli farklılıklar göstererek genellikle düşük ve kronolojik yaştan bağımsız olduğunu belirterek, interdijitasyon miktarının da yaştan bağımsız olduğunu bildirmişlerdir.

Revelo ve Fishman (13) büyümenin tamamlanması ile sutura palatina mediada ossifikasyonun başlaması arasında bir ilişki olduğunu, ancak ossifikasyon sürecinde bireyler arasında geniş varyasyonlar bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Stuart ve Wiltshire (14), yirmili yaşların erken dönemlerinde sutura palatina medianın her ne kadar radyografik olarak kapanmış şekilde görünse de, tam olarak füzyonun gerçekleşmemiş olabileceğini ve bu yaşlarda üst çene genişletmesi uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Franchi ve ark. (16) prepubertal dönemde olan 17 hastayı dahil ettikleri çalışmalarında; RME tedavisinden önce, aktif ekspansiyon dönemi sonunda ve 6 aylık

retansiyon periyodu sonrasında düşük doz BT aracılığıyla alınan görüntülerde sutura palatina media yoğunluğunu, nicel bir araç olan Hounsfield Skalası kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; ekspansiyon öncesinde anterior sutura bölgesinde ölçülen değerin posterior sutura bölgesindeki değerden ve sutura palatina media yoğunluğunun, maksiller kemikte ölçülen yoğunluktan anlamlı derecede daha düşük olduğu rapor edilmiştir.

Poorsattar ve ark. (19), 49 yaşında erkek ve 54 yaşında kadın hastaya ait olan KIBT görüntülerini incelediklerinde, her iki bireyde de suturanın üçte iki anterior bölümünde füzyonun gerçekleşmediğini gözlemlemişlerdir.

Björk ve Skieller (73) 4 ile 20 yaşları arasındaki bireylerde yaptıkları implant çalışmasında; üst çenenin bu dönemde transversal yöndeki büyüme miktarının ortalama 6,5 mm olduğunu, transversal ve sagittal yöndeki sutural büyümenin ise 17 yaşında tamamlandığını belirtmişlerdir. Sutura palatina mediadaki büyüme ile boy artışının aynı grafik özellikleri gösterdiğini ve pubertal büyüme atılımının maksimum olduğu dönemde, sutural büyümenin de maksimum seviyede olduğunu ifade etmişlerdir.

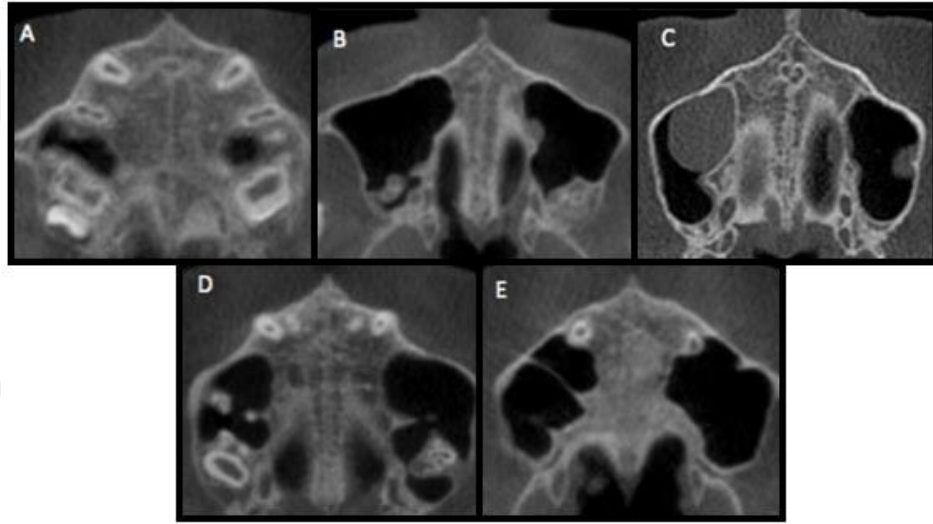
Bacetti ve ark. (74) üst çene genişletmesinin kısa ve uzun dönem etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; pubertal büyüme atılımı en üst noktaya ulaşmadan önce gerçekleştirilen tedavinin, iskeletsel düzeyde daha belirgin transversal değişiklikler ile sonuçlandığını belirtmişlerdir.

Alpern ve Yurosko (75) ise; SARME endikasyonu için cinsiyetin seçim kriteri olduğunu belirtmişlerdir. Kızlarda 18, erkeklerde 21 yaşına kadar cerrahi destek alınmadan üst çene genişletmesi işleminin gerçekleştirilebileceğini ifade ederek, 20 yaşından büyük kadın hastalarda ve 25 yaşından büyük erkek hastalarda cerrahi destek ile genişletme işlemini gerçekleştirdiklerini bildirmişlerdir.

Sumer ve ark. (76), ultrasonografi aracılığıyla sutura palatina media mineralizasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında; SARME sonrası belirli zaman periyodlarında ve retansiyon dönemi boyunca kemik doluluk skorunda anlamlı bir artış görüldüğünü rapor etmişlerdir. Ultrasonografinin düşük maliyetli, güvenilir ve noninvaziv bir yöntem olduğu (77, 78); ancak kortikal kemiğe penetre olmamasının dezavantaj oluşturduğu belirtilmiştir (76). Bu teknolojinin olgunlaşmamış sutura

palatina mediaya nüfuz edip etmeyeceğinin ve klinik olarak kemiğin olgunluğu ve suturanın interdijitasyonuna ilişkin değerlendirme yapılmasında kullanılabilecek bir yöntem olup olmadığının araştırılmasının gerektiği ifade edilmiştir (76).

Angelier ve ark. (1) 2013 yılında yayınlanan çalışmalarında; Brezilyalı 140 hastaya ait KIBT görüntülerini kullanarak, KIBT'nin oral ve maksillofasiyal yapıların üç boyutlu görüntülenmesine ve RME'den önce sutura palatina medianın maturasyon aşamasının güvenilir şekilde teşhis edilmesine imkan sağladığını belirtilmiştir. Bu çalışmada sutura palatina media maturasyonu beş aşamada sınıflandırılmıştır:



Resim 2.1. Sutura palatina medianın maturasyon aşamaları. Angelieri ve ark.'ndan (1) alınmıştır.

A: Düz, yüksek yoğunluklu sutura çizgisi görülür. İnterdijitasyon yoktur ya da çok azdır (Resim 2.1A).

B: Sutura düzensiz, taraklı ve yüksek yoğunlukludur. Bazı alanlarda iki tane paralel, taraklı, yüksek yoğunluklu, birbirine yakın çizgi izlenir ve küçük, düşük yoğunluklu boşluklarla ayrılmıştır (Resim 2.1B).

C: İki paralel yüksek yoğunluklu birbirine yakın çizgi vardır. Maksilla ve palatal kemik küçük, yoğunluklu boşluklarla ayrılmıştır. Sutura daha düzdür ya da düzensiz olarak da izlenebilir (Resim 2.1C).

D: Palatal kemikte sutura palatina media maturasyonu gerçekleşmiştir ve sutura izlenmez, ancak maksillada füzyon yoktur. Maksillanın etrafındaki kemik yoğunluğuna göre posteriora parasutural kemik yoğunluğu artmıştır (Resim 2.1D).

E: Maksillada sutura füzyonu gerçekleşmiştir ve her iki bölgede kemik yoğunluğu benzerdir (Resim 2.1E).

Angelieri ve ark. (1) E aşamasının, 14 yaş ve üzerindeki kız ve 18 yaş üzerindeki erkek bireylerde dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir.

Beş evreden oluşan bu sınıflama kullanılarak gerçekleştirilen sutura palatina mediada füzyonun değerlendirildiği çalışmalara (20, 21, 23-26) ait maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş dağılımları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Angelieri ve ark. (17), Brezilya toplumundaki farklı bir çalışmalarında kız bireylerde 13,6 ve erkek bireylerde 14,6 yaşlarından önce sutura palatina mediada füzyon izlenmediğini bildirmişlerdir.

Jang ve ark. (21), Kore toplumunda KIBT verilerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında; kız bireylerde 11 ile 18 ve erkek bireylerde 15 ile 20 yaşları arasında suturada füzyonun gerçekleştiğini rapor etmişlerdir.

Haghanifar ve ark.’na (24) ait çalışmada, yaşları 10 ile 70 arasında değişen İranlı 114 hastanın KIBT verileri kullanılarak sutura palatina media maturasyonu incelenmiş ve her iki cinsiyette de suturadaki ossifikasyon derecesinin yaş ile arttığı belirtilmiştir. Araştırmada 20 yaş üzerinde suturanın tamamen açık olarak izlendiği görüntüler olduğu da rapor edilmiştir.

Angelieri ve ark. (25), ortalama yaşları $36,4 \pm 15$ yıl olan Brezilya toplumundaki yetişkin bireylerde gerçekleştirdikleri 2017 yılına ait araştırmalarında, ortalama yaşları $38,7 \pm 15,4$ olan 50 kişide suturada füzyon görüldüğünü tespit etmişler; ancak kronolojik yaş ya da cinsiyet ile sutura palatina media maturasyon aşamaları arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını belirtmişlerdir.

Tonello ve ark. (26), yaşları 11 ile 15 arasında değişen Brezilyalı 84 bireye ait KIBT verileri kullanarak yaptıkları çalışmalarında suturada füzyonun başladığı ve tamamlandığı D ve E aşamalarının daha düşük prevalansta olduğunu ve E aşamasının çoğunlukla 14 ve 15 yaşlarındaki bireylerde dağılım gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Tablo 2.1. Sutura palatina media maturasyonu ile ilgili çalışmalara ait maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş dağılımları (n: Hasta sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum).

Yazar	Angelieri ve ark. (1)					Angelieri ve ark. (17)				
	2013					2015				
Maturasyon Aşaması	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Kız									E	
n	3	35	16	11	21	6	24	25	11	17
Ort ± Ss	-	-	-	-	-	6,2 ± 0,5	9 ± 2,1	14,8 ± 9,2	21,7 ± 10	20,1 ± 11,2
Kronolojik yaş										
Min	-	-	-	-	-	5,5	5,6	9,8	13,6	12,8
Maks	-	-	-	-	-	6,7	13,6	58,4	47,4	55,2
Erkek										
n	2	22	15	6	9	10	21	17	5	5
Ort ± Ss	-	-	-	-	-	6,5 ± 1,6	11,6 ± 1,7	14,4 ± 3,5	24,9 ± 9,6	32,7 ± 11,1
Kronolojik yaş										
Min	-	-	-	-	-	5,3	7,9	10,6	14,6	18,5
Maks	-	-	-	-	-	10,3	14,9	26,3	37,7	44,8

Tablo 2.1. Sutura palatina media maturasyonu ile ilgili çalışmalara ait maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş dağılımları (n: Hasta sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum) (Devam)

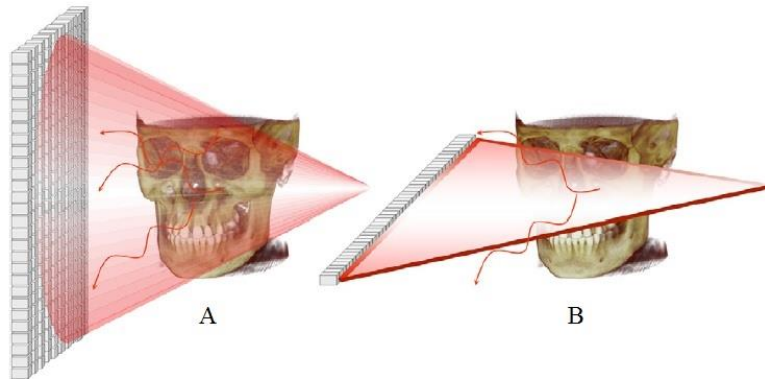
Yazar		Jang ve ark. (21)					Angelieri ve ark. (25)					Tonello ve ark. (26)				
		2016					2017					2017				
Maturasyon Aşaması		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Kız																
n		6	4	20	13	16	0	3	4	15	42	1	9	25	6	3
Kronolojik yaş	Ort ± Ss	-	-	-	-	-	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min	6	7	8	10	11	-	--	-	-	-	11	11	11	12	12
	Maks	9	11	14	17	18	-	--	-	-	-	11	12	15	15	15
Erkek																
n		13	10	7	6	4	0	0	2	4	8	0	12	17	5	6
Kronolojik yaş	Ort ± Ss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Min	8	8	9	13	15	-	-	-	-	-	-	11	11	12	14
	Maks	11	13	14	19	20	-	-	-	-	-	-	15	15	15	15

2.7. Bilgisayarlı Tomografi

BT, kesitsel görüntülerin elde edilmesi ve çeşitli yazılımlar aracılığıyla bu görüntülerin bilgisayar ortamında toplanarak işlenmesi, iyileştirilmesi, taşınması ve arşivlenmesi prensibine dayanmaktadır. BT teknolojisi, tıbbın bilinen uygulamaları dışında diş hekimliğinde de tanı, tedavi planlaması, bazı klinik uygulamalar ve akademik araştırmalarda zaman zaman başvuru alan değerli bir görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmiştir (79).

Tomografi kelimesi, Yunanca “*tomos*” (kesit) ve “*graphy*” (görüntü) kelimelerin birleşiminden oluşmaktadır. BT, X-ışını kullanılarak bir cismin kesitler halinde iki boyutlu veya üç boyutlu görüntülerinin oluşturulmasına yarayan radyolojik teşhis yöntemidir (80).

BT cihazları, X-ışınının yayılım geometrisine göre *fan beam* (yelpaze biçiminde) ve *cone beam* (konik biçimde) olarak iki grup şeklinde incelenebilir (Şekil 2.5). *Fan beam* tarayıcılarda, fan şekilli X-ışını demeti kullanılarak hastanın taranması gerçekleştirilir (81, 82). Çok kesitli BT cihazlarında X-ışını *fan beam* şeklinde olduğundan dolayı, hastadan görüntü alınabilmesi için hastanın kademeli olarak cihazın içinde hareket ettirilmesi gerekmektedir (83). Hasta kesit kesit ve genellikle aksiyal planda ışınlanır, iki boyutlu rekonstrüksiyon oluşturulması için kesitler toplanır (81, 82). Konik ışın sistemleri ise, tek bir rotasyonda oldukça düşük radyasyon dozu ile üç boyutlu volumetrik veri elde edilme imkanı sağlamaktadır (84).

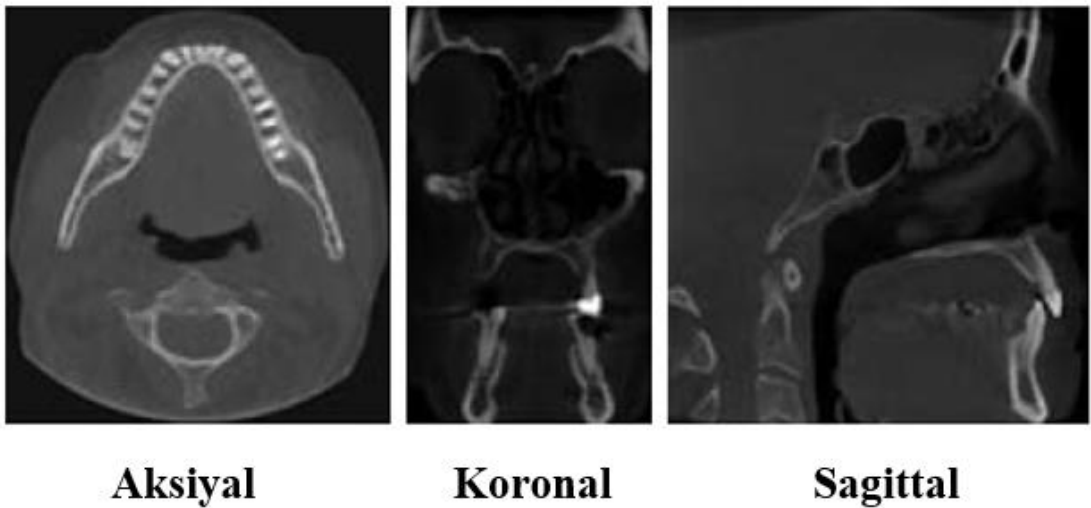


Şekil 2.5. X-ışın geometrisinin yayılımı: A) Konik ışın projeksiyon, B) Fan beam projeksiyon. Scarfe ve Farman'dan (81) alınmıştır.

2.8. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

BT'nin maliyetinin yüksek olması, uzun görüntüleme zamanı, erişiminin kolay olmaması ve hastaların aldığı radyasyon dozunun fazla olması gibi nedenlerden dolayı diş hekimliğinde kullanımı kısıtlı olmuştur (81, 85, 86). Bu nedenle diş hekimliği pratiğinde kullanılabilecek, az yer kaplayan, daha az radyasyonla ve düşük maliyetle üç boyutlu görüntülerin elde edilebileceği yeni sistemler üretilmeye çalışılmıştır (87, 88). İlk prototip klinik KIBT tarayıcısı, 1982 yılında anjiyografi amacıyla kullanılmıştır (89). Dentomaksillofasiyal bölge için özel KIBT cihazları ise, 1990'ların sonunda Arai ve ark. (90) ve Mozzo ve ark. (88) tarafından birbirinden bağımsız olarak geliştirilmiştir. Bu dönemden itibaren oral ve maksillofasiyal radyoloji alanında farklı araştırmacı grupları tarafından bu görüntüleme tekniğine ilgi artmıştır (31).

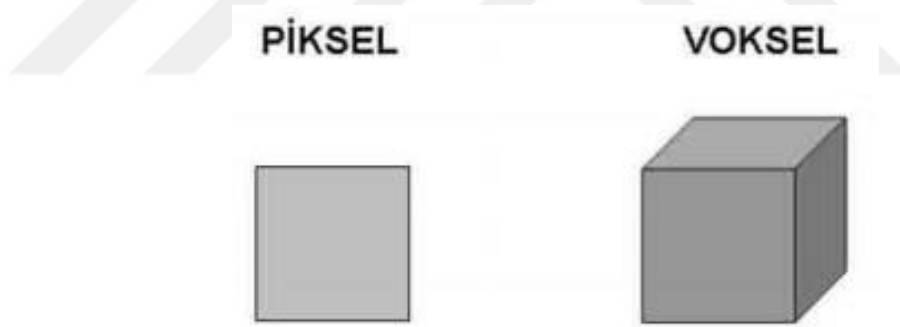
BT cihazlarında tam bir görüntü elde edilmesi için çok sayıda görüntü dilimlerine ihtiyaç duyulurken, KIBT'de radyasyon kaynağının tek bir dönüşü ile ilgili bölgenin tamamı görüntülenir (91). Dedektör ve X-ışını kaynağı, görüntülenmesi istenen bölgenin merkezi etrafında 180° veya 360° tek bir rotasyon yapar. KIBT'de X-ışını konik şekilde yayılım gösterirken, görüntüyü meydana getiren veriler silindirik bir nesneye dönüştürülür ve üç ayrı düzlemde farklı kalınlıkta kesitler uzaysal olarak elde edilir (Resim 2.2) (92-94).



Resim 2.2. KIBT hacimsel verileriyle elde edilen çok yönlü rekonstrükte edilmiş görüntüler. Acar ve Kamburoğlu'ndan (30) alınmıştır.

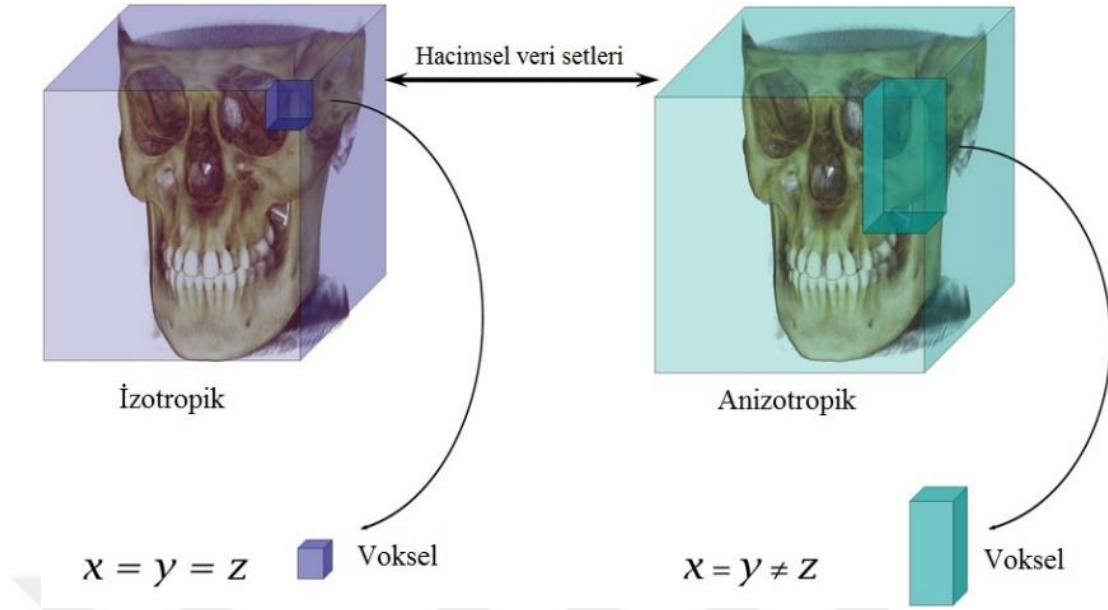
Rotasyon sırasında incelenecek görüntü alanında (FOV - Field of View) 150 ile 600 arasında değişen ardışık düzlemsel projeksiyonlar elde edilir ve bu projeksiyonlardan, çeşitli yazılım programları aracılığıyla aksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde rekonstrüksiyon elde edilmesini sağlayabilecek üç boyutlu hacimsel veriler oluşturulur (81, 82). Her bir hasta için, inceleme alanının sınırlandırılmasıyla ve ilgili alanın özelliklerine göre optimal FOV boyutu belirlenebilir (95). İncelenecek alanın boyutuna göre küçük FOV seçilebilmekte ve yüksek çözünürlükte görüntü elde edilebilmektedir (81).

Resimsel bir görüntü milyonlarca pikselin bir araya gelmesi ile oluşur. İki boyutlu bir kavram olan piksel, bütün kenarları eşit uzunlukta olan bir kareden meydana gelmektedir (82, 96). Tomografi verileri ise; yükseklik, genişlik ve derinlik le karakterize edilen voksel olarak bilinen görüntü elemanlarından meydana gelen üç boyutlu dizilerden oluşmaktadır (97). Vokseller üç boyutlu piksellerden oluşur, uzaysal olarak x, y ve z koordinatları vardır (82, 96).



Şekil 2.6. Bütün kenarları eşit uzunlukta olan iki boyutlu piksel ve pikselin üç boyutlu hali olan voksel. Yiğit Özer'den (96) alınmıştır.

Her bir voksel farklı derecede X-ışını absorpsiyonunu temsil eder ve voksellerin boyutları görüntü çözünürlüğünü ifade eder (82). Vokseller, KIBT cihazlarında genellikle izotropik (x, y ve z eksenlerinde voksel boyutlarının eşit olması) olmaktadır (81, 82). BT'lerde z kenarının uzunluğu varyasyon göstererek anizotropik veya dikdörtgen şeklindedir ve bu nedenle çoklu düzlemlerin ölçümleri tam olarak gerçekleştirilemez (Şekil 2.7) (82, 96).



Şekil 2.7. İzotropik ve anizotropik şekilde elde edilen hacimsel veri setlerinin karşılaştırılması. Scarfe ve Farman'dan (81) alınmıştır.

Temel projeksiyonda ham veriden volumetrik veri elde edilmesine, yani görüntünün yeniden düzenlenmesine “rekonstrüksiyon” adı verilir (81). KIBT cihazlarında hacimsel veri tabanının izotropik yapıda olmasından dolayı veriler, dikey olmayan düzlemlerde de izlenebilir. Görüntülerin dikey olmayan düzlemlerde ya da oblik oryantasyonlarda izlenmesi “Multiplanar düzlem görüntüsü” olarak adlandırılmaktadır (82). Rekonstrüksiyonlar sonucu ilgili alanın sagittal, koronal veya aksiyal düzlemlerde tekrar oluşturularak birbirleriyle uyumlu olarak incelenebildiği bu işlem “Multiplanar Reformasyon” olarak tanımlanmaktadır (29, 88).

KIBT cihazı ile görüntü elde edilmesi sırasında hasta oturur durumda, ayakta ya da supin pozisyonunda iken çalışılabilir. Yatar pozisyonda görüntü alınan cihazlar daha fazla yer kaplamaktadır ve fiziksel engelli bireyler için uygun olmayabilir. Ayakta tarama yapan cihazların boyunun, tekerli sandalye kullanan bireylere göre ayarlanması ile ilgili sorunlar oluşabilir. Oturur durumda tarama yapan cihazlar daha rahattır (81).

2.8.1. Konik ışınli bilgisayarlı tomografinin avantajları ve dezavantajları

KIBT cihazları, yüksek kontrastlı yapıların görüntülenmesini sağlar ve özellikle kraniyofasiyal alanın kemik yapılarının görüntülenmesi için uygundur. Dentomaksillofasiyal KIBT cihazlarının kullanımı kolaydır ve kapladıkları alan daha küçüktür. BT cihazlarına göre fiyatları daha uygundur (81).

KIBT cihazları ile tüm tarama tek bir rotasyonda gerçekleştirildiğinden dolayı tarama süresi (10-70 sn) kısadır. Hızlı tarama genellikle volumetrik verilerin elde edildiği temel görüntülerin azalmasına neden olsa da harekete bağılı artefaktların azalmasını sağlamaktadır (82). KIBT ile çalışıldığında hastanın cihazda kalış süresi kısalarak hasta memnuniyeti de artmaktadır (81). KIBT ile konvansiyonel BT tarayıcıları için gereken etkin radyasyon dozunun %98 oranına kadar azaltıldığı, 4-15 panoramik radyografi için gereken radyasyon dozuna eşdeğer olacak şekilde görüntü alınmasının mümkün olduğu belirtilmektedir (82).

KIBT'nin en önemli avantajı sagittal, aksiyal ve koronal düzlemlerde bilgisayar ortamında görüntülerin taranmasının mümkün kılınması, magnifikasyon olmadan rekonstrüksiyon sağlanması ve uygun bir yazılım paketi kullanılarak üç boyutlu görüntü elde edilmesi ve modelleme yapılma imkanının sunulmasıdır (29, 30). Elde edilen görüntü verileri kişisel bilgisayarlarda hekimin isteğine bağılı olarak tüm açılardan incelenebilmektedir (29). Veri izotropik olduğu için hacim ölçümü ve çeşitli ölçüm algoritmaları kullanılarak boyutsal değerlendirmeler yapılabilir (81).

Güncel KIBT teknolojisi; konik ışınli projeksiyon geometrisi, dedektör hassasiyeti ve görüntüyü oluşturan kontrast çözünürlüğü ile ilişkili sınırlamalara sahiptir. Görüntü netliği; artefaktlardan, gürültüden ve zayıf yumuşak doku kontrastından etkilenmektedir (107). KIBT yüksek kontrast çözünürlüğüne sahip olmadığı için yumuşak dokuların incelenmesinde kullanılamaz (82).

KIBT'nin potansiyel dezavantajlarından biri daha fazla miktarda radyasyon saçılmasıdır. Radyasyon saçılımına bağılı olarak X-ışınları, rekonstrükte edilen görüntülerde gürültü oluşumunun artmasına neden olabilir ve düşük kontrast algılama özelliğini etkileyebilir (98).

Radyasyon; metal restorasyonlardaki kıymetsiz alaşımlar, kuronlar ve titanyum materyaller gibi yoğun objelerden geçtiği sırada absorbe edilir. Bazı

durumlarda tamamen absorbe edilir ve hiçbir şekilde reseptöre ulaşmaz, anatomik yapının görünümünü engelleyen ışın artefaktları meydana gelir. Üreticiler, ham verinin rekonstrüksiyonu sırasında gürültü ve ışın artefaktlarının oluşmasını önlemek için cihaza özgü algoritma ve filtrelerin kullanılmasını tavsiye etmektedir (99).

Görüntünün bozulmasına neden olan bir diğer durum da tarama esnasında hastanın hareket etmesi nedeniyle oluşan hareket artefaktıdır. Tarama sırasında hastanın başını sabitleyen çeşitli araçların kullanımı ile hasta hareketi azaltılabilmektedir (99).

Konvansiyonel iki boyutlu radyografi teknikleriyle kıyaslandığında KIBT teknolojisi daha masraflıdır (100). KIBT cihazlarının yüksek maliyeti, birçok diş kliniğinde kullanımını kısıtlamaktadır (99).

2.8.2. Ortodontide konik ışınlı bilgisayarlı tomografi kullanımı

KIBT, 1998 yılında diş hekimliğinde yerini aldığından beri; ortodontik tanı, tedavi planlaması ve araştırması amacıyla giderek daha fazla yarar sağlamaktadır (101).

Süpernumerer diş (mesiodens), eksik diş, gömük diş, eksternal kök rezorpsiyonu, kök kırığı, temporomandibular eklem (TME), damak yarığı, kemik grefti kullanılarak ya da kullanılmayarak yapılan cerrahi müdahaleler, diş köklerinin etrafındaki bukkal ve lingual kortikal kemik genişliği, gömük dişin buton ile sürdürülmesi gibi ortodonti ile ilişkili konularda da KIBT ile görüntülemeye yararlanılmıştır (102). Ortodontik tedavi planlanan durumlarda *cross-sectional* teknik kullanımı ile diş ve çevre dokular süperpoze olmaksızın yüksek kalitede incelenebilmektedir (103). Aynı zamanda KIBT teknolojisi ile havayolu analizinde gelişme sağlanmıştır (83). Büyüme ve gelişimin değerlendirilmesinde, ortognatik cerrahi planlamalarında, tedavi öncesi ve sonrası değişikliklerin ve stabilitenin takibinde de KIBT kullanımı artmaktadır (104-106).

Güncel literatür değerlendirildiğinde sutura palatina medianın BT ve KIBT kullanılarak değerlendirildiği farklı toplumlarda gerçekleştirilmiş klinik çalışmaların (1, 17, 20-26, 107) mevcut olduğu görülmektedir ve bu çalışmalarla ilgili veriler, Tablo 2.2’de özetlenmiştir.

Tablo 2.2. Sutura palatina media maturasyonu ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalara ait veriler (n: Hasta sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum).

Yazar	Yıl	Metot	Popülasyon	KRONOLOJİK YAŞ											
				n			Toplam			Kız			Erkek		
				Toplam	Kız	Erkek	Ort ± Ss	Min	Maks	Ort ± Ss	Min	Maks	Ort ± Ss	Min	Maks
Franchi ve ark. (16)	2010	BT	İtalya	17	10	7	11,2	8	14	-	-	-	-	-	-
Acar (107)	2013	BT	Türkiye	22	11	11	14,25	11	17	13,6	11	15	14,9	13,5	17
Angelieri ve ark. (1)	2013	KIBT	Brezilya	140	86	54	-	5,6	58,4	-	-	-	-	-	-
Angelieri ve ark. (17)	2015	KIBT	Brezilya	142	84	58	14,8 ± 9,7	5,3	58,4	-	5,5	55,2	-	5,3	44,8
Kwak ve ark. (20)	2016	KIBT	Kore	131	62	69	24,1 ± 5,9	18,1	53,4	25,2 ± 5,9	-	-	23,1 ± 5,8	-	-
Jang ve ark. (21)	2016	KIBT	Kore	99	59	40	12,03 ± 3,221	6	20	13,56 ± 3,12	6	20	14,3 ± 3,27	8	18
Kang ve ark. (22)	2016	KIBT	Kore	165	84	81	15,5 ± 7,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Grünheid ve ark. (23)	2017	KIBT	Amerika	30	17	13	12,9 ± 2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Haghanifar ve ark. (24)	2017	KIBT	İran	144	72	72	39,62 ±1 7,31	-	-	39,83 ± 17,06	-	-	39,42 ± 17,68	-	-
Angelieri ve ark. (25)	2017	KIBT	Brezilya	78	64	14	36,4 ± 15	18	66	-	-	-	-	-	-
Tonello ve ark. (26)	2017	KIBT	Brezilya	84	44	40	-	11	15	-	11	15	-	11	15

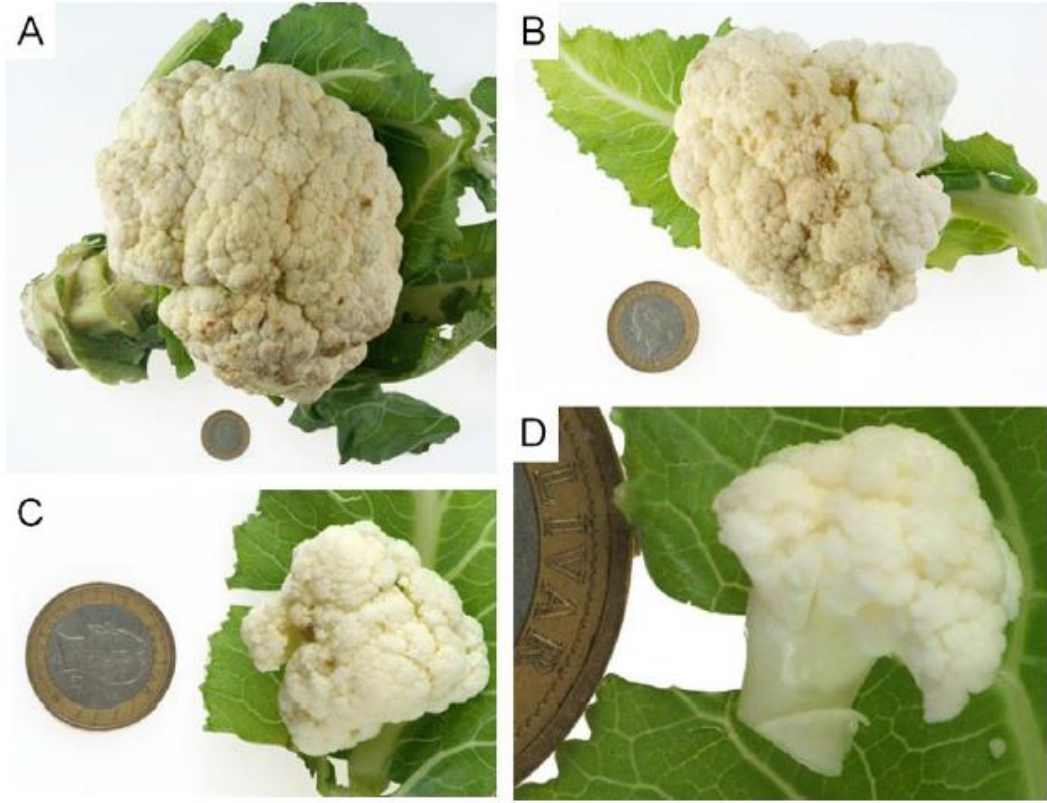
2.9. Fraktal Analiz

İstatistiksel ölçekleme yasalarını inceleyerek doğal nesnelerin tanımlanma fikri yeni bir yaklaşım değildir ve bu konuda bir çok çalışma yürütülmüştür (40). Doğal yapıların genellikle düzensiz oldukları ve ideal geometrik çizimlerle betimlenemedikleri bilinmektedir. Birçok biyolojik yapı, tekrarlayan fonksiyonların ürünüdür ve karakteristik, ölçek açısından değişmez özellik sergilemektedir (33) Çok sayıda fiziksel sistem, farklı ölçeklerde gözlemlendiğinde benzer davranış gösterme eğilimindedir (40). 1960’larda matematikçi Benoît Mandelbrot, tam olarak boyutu belirlenemeyen kompleks geometriye sahip objeleri tanımlamak için “fraktal” kelimesini kullanmış ve benzer yapıdaki objeleri, eğrileri, yüzeyleri, bağımsız noktaları ve benzeri olmayan yapıları fraktal analizi ile tanımlamıştır (40, 108, 109).

Fraktal analizi; karmaşık şekil ve yapıların ayrıntılı olarak ifade edilmesini sağlayan, fraktal matematiğinden köken alan istatistiksel yapı analizidir ve doğa dünyasının morfolojisini tanımlamak ve ölçmek için kullanılmıştır (39, 108-111). 1980’lerde fraktal geometri kavramı birçok bilim branşı tarafından kullanılmaya başlanmıştır (35). Bu kavram basit, geometrik bir yorumlamayı mümkün kılar ve matematik, jeofizik, fizyoloji, biyoloji ya da akışkanlar mekaniği gibi çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (38, 40).

Fraktal kelimesi Latince “*fractus*” yani kırık anlamına gelmektedir (34, 35). Fraktal geometrisi ile; geleneksel öklid geometrisi aracılığıyla analiz edilemeyen karmaşık objelerin yanı sıra doğal özelliklerin düzensiz ve parçalanmış biçimleri tanımlanabilmektedir (40). 1983 yılında Mandelbort’ a ait “*The Fractal Geometry of Nature*” isimli yayından itibaren tıbbi radyologlar projeksiyon geometrisi, açılanma ve radyodansite gibi değişkenlerden bağımsız olan fraktal analizini kemik değişikliklerinin bir indikatörü olarak kullanmaktadırlar (112-114).

Fraktal geometrisi, farklı ölçeklerde izlendiğinde kendine benzeme özelliği gösteren düzensiz yapıları tanımlamak için kullanılmaktadır (36, 37). Kendine benzer bir cisimde, cismi oluşturan parçalar cismin bütününe benzemektedir. Desenler ya da düzensiz ayrıntılar giderek küçülen ölçeklerde yinelenir ve her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, yine cismin bütününe benzemektedir (38) (Resim 2.3).

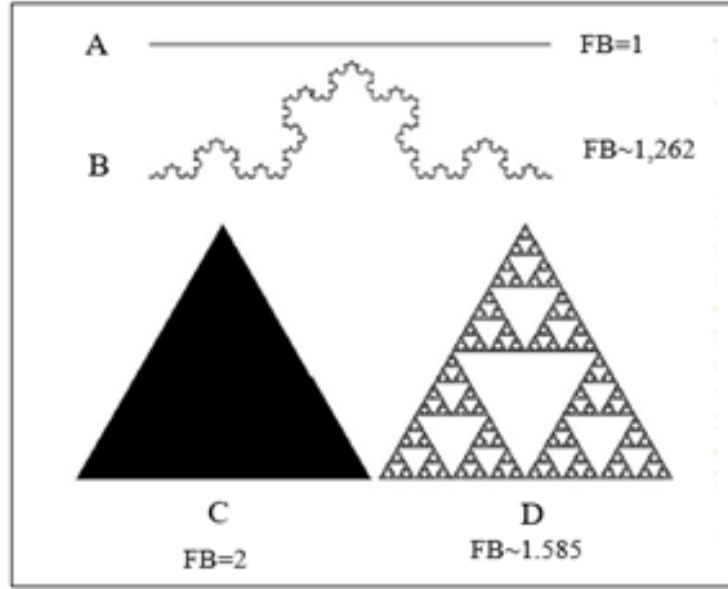


Resim 2.3. Doğal bir fraktal örneği olan karnibaharın farklı magnifikasyonlarda görünümü. Sánchez ve Uzcátegui'den (34) alınmıştır.

Fraktal özellik gösteren objelerin uzunluk ya da alan ölçümleri, klasik geometrik şekillerin ölçümlerinden farklılık göstermektedir (40). Mandelbrot tarafından İngiltere'nin kıyı boyu uzunluğunun hesaplanması, bu özelliği tanımlayan klasik bir örnektir (115). Mandelbrot (115), kıyı boyu uzunluğunun hesaplanmasında; küçük ölçekli bir haritaya göre görüntülenemeyen kıyı boyu girinti-çıkıntılarının, büyük ölçekli bir harita üzerinde mevcut olduğunu belirtmiştir. Haritanın ölçek miktarı arttıkça kıyı girinti-çıkıntıları sayısının ve uzunluklarının daha detaylı görüntülenebilir hale geldiği ve toplam kıyı uzunluğunun da artmakta olduğu ifade edilmiştir.

Fraktal analiz değeri, sayısal olarak "FB" ile belirtilir (40). FB, yapının kendine benzerliğini ölçerek karmaşıklığını temsil etmektedir (39, 41, 42). Bir bilgisayar algoritması yapının karmaşıklığını ifade eden bir sayı oluşturur (41). Çalışmalar bu nümerik değerin artışının yapının daha kompleks olduğunu belirttiğini ve yapının

karmaşıklığı arttıkça, elde edilen sayının da artmakta olduğunu göstermektedir (41, 42) (Şekil 2.8). Bir nokta sıfır boyuta, bir çizgi tek boyuta, bir kare iki boyuta, bir küp üç boyuta sahip olup tam sayı değerleriyle ifade edilirken, FB genellikle kesirli değerlerdir (116).



Şekil 2.8. Düzenli şekillerin ve fraktal yapıların FB değerleri: A) Düz çizgi, B: Koch kar tanesi, C: Üçgen, D: Sierpinski üçgeni. Sánchez ve Uzcátegui'den (34) alınmıştır.

FB'yi hesaplamak için birçok yöntem vardır ve bu yöntemlerin her biri kendine özgü teorik temellere dayanmaktadır. Bu nedenle aynı şekil için farklı metotlar kullanılarak farklı boyutlar elde edilebilir. Uygulanan algoritmalar farklı olmasına rağmen, ortak olan üç temel uygulama vardır (40):

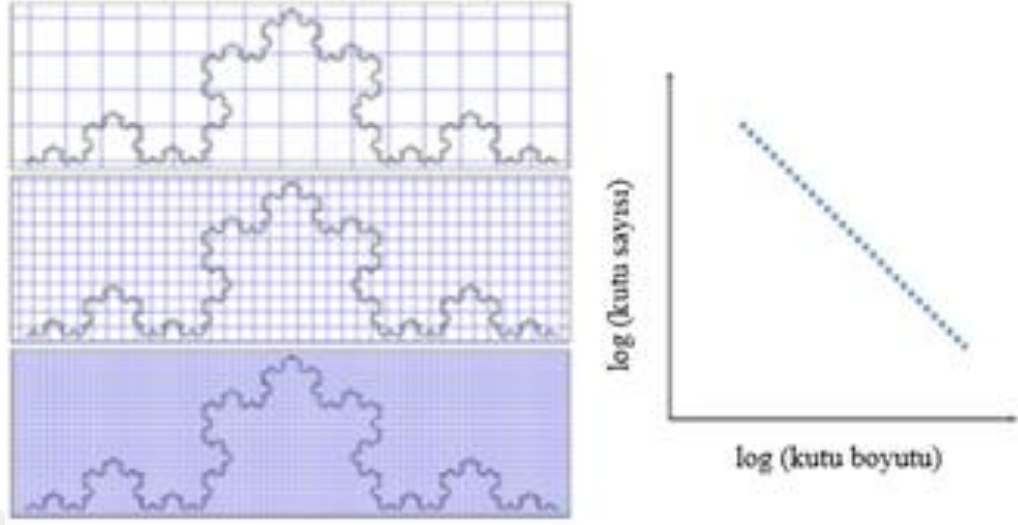
1. Farklı boyutlar kullanılarak nesnenin miktarı ölçülür.
2. Belirlenen boyut logaritmasına karşın, miktarın logaritmasının grafiği çizilir ve veri noktaları boyunca bir bağlanım doğrusu oluşturulur.
3. FB, bağlanım doğrusunun eğimi olarak belirlenir.

FB hesaplanmasında kullanılan yöntemler genel olarak iki temel gruba ayrılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan yöntem, uzunluk ölçümüne göre yapılmaktadır. Bu yöntemde FB hesaplaması, görüntü sınırına ait noktalar arasındaki

mesafenin ölçümüne bağlı olarak gerçekleştirilir ve piksellerin bir kenarı uzunluk birimi olmaktadır. Elde edilen FB değeri, kapasite boyutu (*capacity dimension*) olarak adlandırılır. İkinci yöntemde ise, FB ölçümü hacim ölçümüne göre yapılmaktadır. Bu yöntemde merkezi görüntü sınırında olacak şekilde rastgele dizilen çeşitli çaplardaki dairelerin içerisindeki görüntü sınırına ait pikseller sayılmaktadır ve pikselin çevresi hacim birimi olmaktadır. Elde edilen FB değeri, *sandbox* ya da kümülatif kitle boyutu (*cumulative mass dimension*) olarak adlandırılır (117, 118).

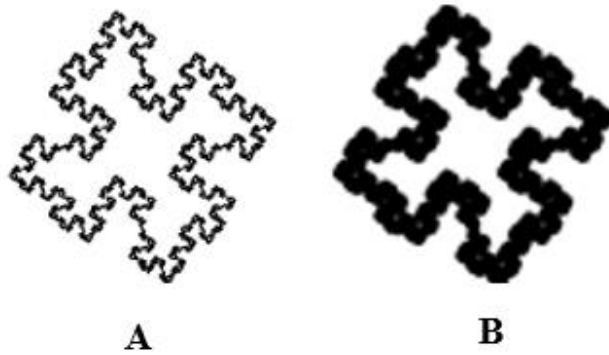
Richardson metodu, FB'nin mesafe ölçümüne bağlı olarak hesaplanmasına ilişkin yöntemlerden biridir (116). Richardson metodunda, yapının çevresi çeşitli uzunluklardaki cetvellerle ölçülmektedir. Yapının ölçülen çevresi ile her bir ölçümün yapıldığı cetvel uzunluğunun logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Grafikteki noktalar birleştirildiğinde eğimi eksi olan düz bir çizgi elde edilir ve bu eğim FB değerini vermektedir (119).

Fraktal analiz uygulamasında en fazla kullanılan ve en uygun olan yöntem kutu sayma (*box counting*) yöntemidir (40). Kutu sayma yöntemi, Russel ve ark. (120) tarafından tanımlanmıştır. Kutu sayma algoritması, trabeküler kemik ve kemik iliği alanları incelenerek trabeküler yapının niceliğinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem ile trabeküler kemik ve kemik iliğinin sınırları değerlendirilir ve daha yüksek değerler, daha kompleks yapıları ifade eder (39). FB değerinin, kemik yoğunluğundaki değişimlerle ilişkilendirildiği ve kemikte mineral kaybını yansıttığı belirtilmiştir (39, 111, 121-123). Düşük değerdeki FB, kemik içerisinde boşlukların daha yüksek oranda olduğunu belirtir ve kemik dokusu daha poröz bir yapıya sahiptir. Yüksek değerdeki FB; kemik mimarisinin daha karmaşık, daha yoğun ve kemik içerisindeki boşlukların daha az miktarda olduğunu göstermektedir (46, 47). Bu algoritmada kutular içeren bir kılavuz, yapısı değerlendirilecek olan trabeküler kemik üzerine yerleştirilir ve boyutları 2-64 piksel arasında değişen kutulardan oluşturulan kılavuzlarda trabeküler kemiğin bulunduğu kutular sayılır (124, 125). Trabeküler kemik içeren toplam kutu sayısı, kılavuzun içerdiği kutu boyutuna bağlıdır ve bu değişkenlerin logaritmik ölçekte çizilen grafiği üzerinde noktalara uyan doğrunun eğimi FB değerini vermektedir (125, 126) (Şekil 2.9).



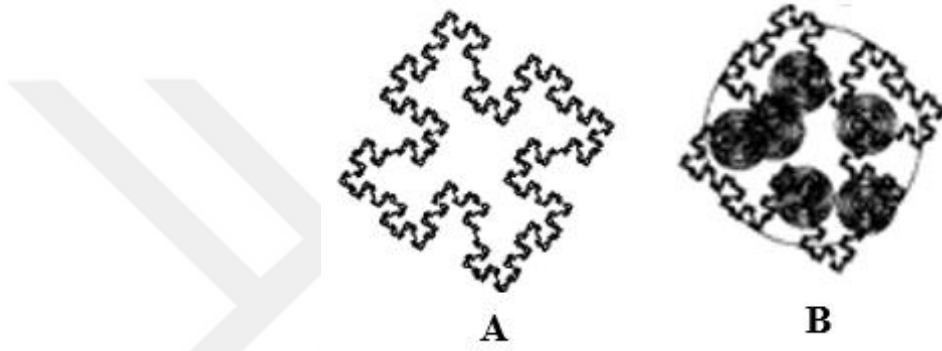
Şekil 2.9. Fraktal özellik gösteren bir yapının kutu sayma metodu ile FB değerinin hesaplanması. Sánchez ve Uzcátegui'den (34) alınmıştır.

Uzunluk ölçümüne bağlı olan yöntemlerden biri olan dilatasyon metodu, Flook (127) tarafından geliştirilmiştir. Piksel dilatasyon metodunda, ilk olarak incelenecek görüntünün 1 piksel genişliğinde olan ana hattı oluşturulur. Ardından görüntü sınırlarına rastgele olarak dizilen çeşitli çaplardaki daireler kullanılarak, görüntü sınırları genişletilir (Şekil 2.10) ve görüntü sınırındaki genişleme miktarı, dairenin çapına bağlıdır. Birbirine bağlı bu iki değişkenin logaritmik ölçekte çizilen grafiğinde, noktalara uyan doğrunun eğimi eksi değerdedir ve FB değerini vermektedir (35, 116).



Şekil 2.10. A) Koch fraktalinin ana hattı, B) Dilatasyon metodu ile görüntü üzerindeki değişiklik. Smith ve ark.'ndan (116) alınmıştır.

Hacim ölçümüne bağlı olarak hesaplanan yöntemde, görüntü sınırına rastgele yerleştirilen farklı çaplardaki dairelerin içerdiği görüntü sınırına ait pikseller sayılır (Şekil 2.11). Bu yöntem “sandbox” olarak adlandırılmakta olup, kutu sayma yönteminin bir varyasyonudur. Dairelerin içerdiği görüntü sınırına ait piksellerin sayısı dairenin çapına bağlıdır ve bu iki değişkenin logaritmik ölçekte çizilen grafiğinde noktalara uyan doğrunun eğimi pozitif değerde olup, FB değerini vermektedir (116).



Şekil 2.11. A) Koch fraktalinin ana hattı; B) Sandbox yöntemi ile görüntü sınırlarına yerleştirilen daireler. Smith ve ark.'ndan (116) alınmıştır.

Radyografik görüntüler üzerindeki normal anatomik yapıların anlaşılması, görüntülerin tanı amaçlı kullanılabilmesi için esastır (128, 129). Fraktal analizi, genel olarak görüntü analizinde ve özellikle tıp alanında radyografiler üzerinde potansiyel anomalilerin ve mevcut hastalığın şiddetinin teşhisinde kullanılmaktadır (40, 130, 131). Fraktal geometrisi, görüntü biçimini tanıma ve medikal görüntülemeye olan ilgiden dolayı dental radyografi alanına giriş yapmıştır ve yorumlanmasındaki çeşitlilikten dolayı araştırmacıların dikkatini en çok çeken yapı alveoler kemiktir (35, 128, 129).

Alveoler kemiğin iç yapısı kansellöz, medüller (iliksi), spongiöz (süngerimsi) ya da trabeküler kemik olarak adlandırılmaktadır ve bu yapı ince uzun spiküller, trabeküller ve lameller içermektedir (128, 129). Trabeküler alveoler kemik, kalınlık ve yönelimi değişen trabeküllerin kompleks bir ara bağlantısıdır (111). Kemiğin

sağlamlık, kalite ve direnç gibi mekanik özellikleri; kortikal kemik kalınlığı, trabeküler kemik yoğunluğu ve trabeküllerin diziliminin bir bütünü olan kemik mimarisine bağlıdır. Kemik mimarisi, trabeküller arası boşlukların varlığı (porözite), trabeküler kalınlık, trabeküler arası bağlantı ve anizotropi ile karakterizedir (46, 121, 132).

İntraoral radyografik görüntüler üzerinde izlenen kafes görünümlü desen, kemik içi medüller kavitenin tam ve doğru bir görüntüsü olarak kabul edilmiştir (128, 129). Trabeküler kemiğin iç yapısı, kemiğin fonksiyonel olarak karşılayacağı yüklere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir ve kemik yoğunluğu ile trabeküllerin dizilimindeki değişiklikler aracılığıyla kemik, fonksiyonel yükleri düzgün bir şekilde karşılayabilmektedir (43). Trabekül kaybı, mekanik olarak aşırı yüklenme durumunda artan bölgesel baskıya bağlı olarak veya yaşla birlikte kemik oluşumundaki azalma ve osteoklastik rezorpsiyonun hızlanmasıyla oluşmaktadır (38, 133). Kompakt kemiğe kıyasla yenilenme oranının oldukça yüksek ve metabolik açıdan aktif olması, trabeküler kemik yapı analizinin yaygın olarak kullanılmasına sebep olmaktadır (110, 134). Kemik sağlığının değerlendirilmesi amacıyla trabeküler kemik yapısının analiz edilmesi, birçok tıbbi dalda önemli uygulama alanları bulmaktadır (134). Kemik yapısını değerlendirmek için üç boyutlu yapıların iki boyutlu radyografik görüntülerinin yorumlanmasına odaklanılmıştır (111). Günümüz dijital teknolojisi ile geliştirilen matematiksel görüntü analiz yöntemleri aracılığıyla, dijital görüntüleme sistemleri ile elde edilen görüntüler üzerinde kemik dansitesi ve alveoler kemik yapısına ilişkin kalitatif ve kantitatif analizler yapılabilmektedir (41, 42). Alveoler kemiğin trabeküler ağı, radyografilerde belli çözünürlükte görüntülendiğinde kendine benzeme özelliği gösterdiğinden dolayı FB ile karakterize edilebilen bir yapı sergilemektedir (43-45). Trabeküler kemik; fraktal özelliklere sahip, dallara ayrılan bir yapı olduğundan fraktal analiz ve FB ölçümü ile kemik yapısı değerlendirilebilir (110, 111, 135). Alveoler trabeküler kemiğin fraktal analizinin, alveoler kemiğin objektif bir şekilde analiz edilmesinde kullanılabilecek teşhis aracı olduğu belirtilmiştir (112, 113, 136).

Kemik biyopsisi sonrasında gerçekleştirilen histomorfometrik analiz veya üç boyutlu görüntülerin elde edildiği yüksek çözünürlüklü BT ve manyetik rezonans görüntüleme teknikleri, kemiğin morfolojik değerlendirilmesinde en doğru bilgiyi

sunmaktadır (132, 137). İki boyutlu yapı üzerinde uygulanan fraktal analiz ve histomorfometrik ölçüm ile belirlenen parametreler arasında ilginç korelasyonlar bildirilmiştir (137, 138). İki boyutlu radyografilerde, kortikal ve trabeküler kemik yapıları çeşitli gri tonlarında görüntülenmektedir ve ilgili görüntüye ait olan farklı gri tonları, fraktal analizde görüntünün işlenmesiyle en yakın olan siyah ve beyaz renklere indirgenerek trabeküllerin dizilimi netleştirilip FB değeri hesaplanır (39, 132, 137, 139-142). Kemiğe ait görüntülerdeki grilik düzeyi değişimlerinin analizinin sayısal sonucu olan FB değeri, trabeküler kemik yapısının karmaşıklığını temsil etmektedir (111, 143). Radyografik görüntülerde trabeküler kemiğe uygulanan bu metodun, trabeküler kemik mikro yapısını yansıttığı düşüncesi rapor edilmiştir (132, 144). FB değerinin, kemiğin fiziksel özelliği ile belirgin bir ilişkisi olduğu çeşitli araştırmalarda kanıtlanmıştır (35, 135, 145, 146). FB ile kemik yoğunluğu arasındaki ilişki, hem hayvan hem de insan çalışmalarıyla doğrulanmıştır (38, 145).

İnsan kraniyal sutura biçimleriyle ilgili yapılan çalışmalar, suturanın yüksek derecede fraktal özellik gösterebileceğini belirtmektedir (33). Kwak ve ark. (20), 131 hastaya ait KIBT verilerini kullanarak sutura palatina media maturasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında; servikal vertebra maturasyon indeksi ve fraktal analiz yöntemini kullanmışlardır (Tablo 2.2). Fraktal analizin, suturanın maturasyonunun belirlenmesinde güvenilir bir indeks olduğunu belirtmişler ve sutura palatina media maturasyonu ve FB arasında güçlü negatif korelasyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Güncel literatür değerlendirildiğinde Kwak ve ark.'nın (20) çalışması, sutura palatina medianın KIBT kullanılarak ve fraktal analiz yöntemiyle incelendiği ilk araştırma olma özelliğini taşımaktadır.

Kang ve ark. (22), pubertal büyüme atılımını tahmin etmek amacıyla sutura palatina medianın fraktal analiz verilerinin klinik olarak kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir (Tablo 2.2). KIBT görüntülerini kullanarak FB değeri, iskeletsel maturasyon indeksi ve kronolojik yaş arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında; artan yaşla birlikte iskeletsel maturasyonun arttığını ve FB değerinin azaldığını rapor etmişlerdir.

Fraktal analiz yöntemi, osteoporoza bağlı olarak ortaya çıkan patolojilerin tanısı ve implant bölgelerine komşu kemik dokusunun değerlendirilmesi gibi diş hekimliğinin birçok alanında uygulanabilmektedir (43, 146, 147).

Dentisyonun çevresindeki kansellöz kemiğin kompleks yapısının basit bir belirleyicisi olarak, periapikal radyografiler üzerinde ölçülen FB değeri kullanılabilmektedir (35, 146). Mandibula kemiğinin FB değerinin sadece kemiğin deneyimsel demineralizasyonundan sonra artmadığı, kemik yoğunluğunda yaş ya da hastalıkla ilişkili değişikliklerinin de FB'yi etkilediği belirtilmiştir (148, 149). Mandibular kortikal porözite ve rezorpsiyonun daha fazla olduğu bireylerde, FB değeri daha yüksektir (111). Bollen ve ark.'nın (111) çalışmalarının da desteklediği gibi kemik kitlesi azaldıkça FB değeri artmaktadır. Trabeküler çap arttıkça, FB değeri azalmaktadır (150). Daha yüksek FB değerleri, daha kompleks yapıları belirttiği halde; farklı fraktal dizilimlerinin aynı FB boyuta sahip olmasına rağmen farklı yapılarda olduğu da rapor edilmiştir (38, 119, 151). Aynı zamanda çeşitli çalışmalarda FB değerlerinin çene kemiklerinin aynı anatomik bölgelerinde bile 1,26 ile 2,682 arasında değiştiği ve büyük farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (35, 135, 145, 146).

Ichikawa ve ark. (152) süt ve erken karma dentisyon dönemindeki mevcut kansellöz kemiği karşılaştırarak, büyüme döneminde temporal kemiğin (artiküler eminens) iç yapısındaki morfolojik değişiklikleri incelemişlerdir. FB değerinde anlamlı bir değişiklik izlenmezken, trabeküler yapının niceliğini belirleyen diğer uygulamalarda (kemik hacimsel oranı, trabeküler kalınlık, yapı model indeksi ve trabeküler kemik yapı faktörü) anlamlı değişim olmuştur.

Periodontal hastalığı ya da osteoporozu olan bireylerde trabeküllerde meydana gelen rezorpsiyon, fraktal boyutta değişikliklerle sonuçlanabilmektedir (44, 45). Fraktal analiz yönteminin sağlıklı, gingivitisli ve periodontitisli bireylerin ayrımında kullanılabilecek bir yöntem olduğu ve bu analizin uygulanabilmesi için standart koşullarda çekilmiş filmlere gerek duyulmadığı belirtilmiştir (153-157).

Fraktal analizinin, osteoporotik ve nonosteoporotik kemik radyografilerininin ayırt edilmesinde oldukça başarılı olduğu; daha yüksek FB'nin ultrayapısal boyutta daha fazla kompleksiteyi ifade ettiği belirtilmiştir (146, 158). Bazı bulgular osteoporoz durumunda FB değerinin arttığını bildirmektedir. Ancak bazı veriler de bu durumda

trabeküler kompleksitenin azalmasına bağı olarak FB değerin de azaldığı fikrini desteklemektedir. Trabeküler kemik, fizyolojik özelliklerine ve yüklemeye bağı olarak mekanik özellikler ve yapısının direkt anizotropisini göstermektedir (159). Hastalığın trabeküler kemiği etkilemesine ve vücudun farklı bölgelerinde ne kadar ince trabekül kaybı olduğuna bağı olarak her iki sanının da doğru olduğunu önermenin mantıklı olabileceği belirtilmektedir (140).

Ergün ve ark. (121), paratiroid bez adenomasına bağı hiperparatiroidizm görülen bir hastayı değerlendirmişlerdir. 5 yıllık bir periyoda yayılan takip sürecinde panoramik radyografi üzerinde alveoler kemiğin FB ölçümleri yapılmış ve hastaya paratiroidektomi uygulanana kadar FB değeri sistematik bir azalma izlenmiştir. Operasyondan 2 yıl sonra, FB değeri tekrar artmıştır.

Demirbaş ve ark. (39) orak hücreli anemili hastalarda panoramik radyografilerde FB değeri azalma olduğunu kaydetmişlerdir. Bu vakalarda fraktal analizinin uygulanmasının sebebi, bu patolojinin kemik iliğini etkilemesi ve genel trabeküler genişlemeyi tetiklemesidir.

Ortognatik cerrahi sonrası kemik iyileşmesini değerlendirmek amacıyla, fraktal analizinin uygulandığı çeşitli çalışmalar mevcuttur (143, 145, 160). Heo ve ark. (145) ile Koca ve ark. (143), panoramik radyografiler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında; kemik iyileşme süreci esnasında FB değeri kademeli bir artış olduğu belirtilmişlerdir. Park ve ark. (160) ise, cerrahi sonrası 1 ve 6 ay sonra yapılan ölçümlerde FB değeri azalma olduğunu gösteren farklı bir sonuca ulaşmışlardır. Nair ve ark. (161) gerçekleştirdikleri hayvan çalışmasında, mandibulada mevcut olan kemik defektlerinin iyileşme sürecini BT görüntülerini kullanarak değerlendirmişler ve FB değeri artış olduğunu rapor etmişlerdir. İlgili bölge (ROI - Region of Interest)'nin dikkatli seçiminden sonra fraktal analizinin, radyografilerde kemik iyileşme sürecinin değerlendirilmesinde güvenilir ve etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Dental implant uygulamasının ardından alınan panoramik ve KIBT görüntüleri ile fraktal analizi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda, trabeküler kompleksitenin artışıyla ilişkili olarak zaman içerisinde FB değeri artış olduğu gözlenmiştir (43, 162, 163).

Otis ve ark. (148), alveoler kemik yoğunluğu ve apikal dış kök rezorpsiyonu arasındaki ilişki sorununu, kemik yoğunluğunu nicel olarak ölçen parametrelerden biri olan FB değerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada daha yaygın panoramik radyografilerin yerine, sefalometrik radyografiler kullanılmıştır. Ortodontik tedavi görmüş hastalarda yapılan ölçümlerde FB değerinde tedavi öncesi ve sonrası fark izlenmemiştir ve FB ile kök rezorpsiyonu arasında korelasyon bulunmamıştır.

Fraktal analiz, diş hareketi ile birlikte periodontal ligament ve kemik yapısı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla da kullanılmıştır (34). Rothe ve ark. (164) mandibular kesici dişlerin ortodontik relapsında bir risk faktörü teşkil eden trabeküler kemik yapısını incelemek amacıyla farklı fraktal analiz yöntemlerini kullanarak dijitalize edilmiş radyografilerde FB değerini hesaplamışlardır. Hem relaps görülen hem de stabil durumun söz konusu olduğu gruplar arasında FB değeri belirsiz kalmıştır. Bu vakada kortikal kalınlık değerleri arasında anlamlı fark gözlenirken, FB değeri gruplar arasındaki farkı ortaya koyamamıştır.

Endodonti alanında da kök kanal tedavisi sonrasında periapikal lezyonların değerlendirilmesini takip etmek amacıyla fraktal analizi kullanılmıştır (124, 165, 166).

Arsan (167), TME disfonksiyonu görülen hastalardan alınan panoramik radyografilerde, mandibular kondilin trabeküler yapısında meydana gelen değişiklikleri fraktal analiz yöntemi ile değerlendirmiştir. Sağlıklı kondile kıyasla TME disfonksiyonu görülen hasta grubuna ait kondil yapısının, daha boşluklu ve kalın trabeküller içermekte olduğunu belirterek; dejenerasyon miktarı arttıkça FB değerinin azaldığını rapor etmiştir.

Arisaka ve ark. (168), alveoler kemik biyopsilerinin Micro CT taramaları üzerinde FB değerini hesaplamışlardır. FB değerinin, diğer mikroyapı parametreleriyle (trabeküler kemik hacim fraksiyonu ve trabeküler sayı) ve kemik turn-over'ının biyolojik belirteci olarak kullanılan spesifik alkalın fosfotaz ile ilişkisini değerlendirmişlerdir.

Fraktal analizin çeşitli faktörlerle ilişkili hassasiyeti, birçok çalışmada tartışılmıştır (34). FB değeri, ışınlama parameterleri ve açılardırma ile ilgili farklılıklardan nispeten etkilenmemektedir ve diş hekimliği alanında gerçekleştirilen

çalışmalarda, bu parametre değişikliklerinin FB değerini etkilemediği belirtilmektedir (153, 154, 169).

Shrout ve ark. (169), FB hesaplamasının ışınlama sũresi, kon aılanması ve ROI seçiminden ne kadar etkilendiği hakkında bir çalışma yapmışlardır. FB değerinin kũçük aılanma değişikliklerinden etkilenmediği, ışın dozunun fazla ya da az olması ve ROI seçim farklılıklarına karşı hassas olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. ROI boyut ve biçiminin, alveoler kemik FB değerinin belirlenmesini nasıl etkilediğine dair yapılan farklı bir araştırmada; posterior ısıırma radyografileri üzerinde farklı interdental ROI bũlgeleri belirlenmiştir (170). Seçilen alanların bazıları herhangi bir kũk yapısını dahil etmeyecek kadar kũçükken, bazıları kũk yapısının bir kısmını iğerecek şekilde ve diğerleri de hem interdental alveoler kemiği hem de kũkleri kapsayacak şekilde ayarlanmıştır. Kũkũn dahil edilmediği ROI sonuçları, kũkũn dahil edildiği ROI'ya ait FB değerlerinden anlamlı fark gũstermiřtir. Bu çalışmaya ait sonuçlar, Geraets ve ark.'nın (171) yaptıkları çalışma sonuçlarıyla ęeliřmektedir. Geraets ve ark. (35) daha ũnce yayınladıkları araştırmalarında da; dişe ait yapıların ROI içerisine dahil edilmesinin, kemik mineral yoğunluğunu değerlendirme imkanını azaltmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

An ve ark. (172) insan kadavra mandibulasına ait radyografiler üzerinde FB hesaplamasında, ışınlama zamanının ve gũrũntũ çũzũnũrlũęũnũn etkisini araştırmışlar ve çũzũnũrlũk ya da ışınlama sũresi arttıkça, FB değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Jung ve ark. (173) sığır kaburga ũrneklerine ait radyografiler üzerinde yaptıkları çalışmada benzer şekilde ışınlama sũresi artışının, FB değerinde azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir. Kim ve ark. (174) da, FB ve ışınlama zamanı arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Baik ve ark. (175) insan tibia ũrneklerinden aldıkları radyografilerde X-ışını tũp voltajı ve FB arasında pozitif ilişki olduğunu gũstermiřlerdir. Ancak Jolley ve ark. (134) periapikal radyografiler üzerinde hesaplanan FB değerinin, voltaj değişikliklerine karşı hassas olmadığını belirtmişlerdir.

Bollen ve ark. (111), periapikal radyografilerle kıyaslandığında panoramik radyografilerde daha dũřũk FB değerlerinin elde edildiğini belirtmişler ve bu sonucu, panoramik radyografilerde çũzũnũrlũęũn azalışıyla ilişkilendirmişlerdir.

Ruttimann ve ark. (146), mandibula kesitlerinde yaptıkları çalışmalarında, FB değerinin projeksiyon açısındaki küçük değişikliklerden (-5° , 0° ve $+5^{\circ}$) bağımsız olduğunu rapor etmişlerdir. Southard ve ark. (47) ise; maksillaya ait kesitlerde hesapladıkları FB değerinin, Ruttimann ve ark.'nın (146) çalışmasında bahsedilen aynı projeksiyon açı değerlerinden etkilendiğini ifade etmişlerdir. Chen ve Chen (150), farklı çaplardaki silindirlere yapılmış alveoler kemiğe ait trabeküler modelleri kullandıkları çalışmada, 0° ile 180° aralığı boyunca projeksiyon açılarını değiştirmişler ve FB değerinin, projeksiyon açı değişikliklerinden anlamlı şekilde etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Jolley ve ark. (134) yaptıkları çalışmada, standardize edilmemiş periapikal radyografiler üzerinde FB değerini hesaplamışlardır. Bu hesaplamanın -10° ile $+30^{\circ}$ arasındaki projeksiyon açı değişikliğine karşı hassas olmadığını ve güvenilir bir metot olduğunu bildirmişlerdir. Tüp potansiyeli, impuls ve açılanma gibi radyografik ayarlardaki değişikliklerin FB değeri üzerinde minimal etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Lee ve ark. (176), mandibulanın posterior bölgesinde kutu sayma yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada FB değerinin, projeksiyon açısından etkilenmediği sonucuna ulaşmışlardır.

Shrout ve ark. (155) periapikal filmlerin ışınlama parametreleri ve açılanma değişikliklerinin, FB değerine olan etkisini araştırmışlar ve ışınlama parametre değişikliklerinin FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu durum “dijital çıkartma radyografisi” adı verilen ve standardizasyonu sağlamak için özel ekipmanlara ihtiyaç duyulan yöntemle kıyaslandığında, fraktal analiz yöntemi ile ilgili bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır (177). Ancak ROI'nın boyut ve biçimi FB değerini etkilemektedir (170).

Fraktal analiz, trabeküler kemik değişikliklerini değerlendirmede ekonomik ve kolaylıkla kullanılabilen bir yöntem olduğundan dolayı ümit vadetmektedir (140).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında sutura palatina media maturasyonu ile cinsiyet, kronolojik yaş ve fraktal analiz arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla; Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı arşivine ait, daha önce ortodontik tedavi görmemiş olan hastalardan çeşitli teşhis (gömük kanin dişi, iskeletsel maloklüzyon vb.) ve tedavi sırasında kontrol amacıyla alınmış KIBT görüntüleri kullanılmıştır. Bu çalışma Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar ve Etik Kurulu'ndan 24/11/2016 tarihinde 2016/85 karar numarası ile etik kurul onayı almıştır (Bkz. EK-1 ve EK-2).

Araştırmanın örneklem hesabı yapılırken 100 kişi ile yapılan pilot çalışmaya göre maturasyon aşaması ile FB korelasyon katsayısı baz alınarak güç analizi uygulandığında, Tip I hata %5 ve hedeflenen testin gücü %90 iken gerekli olan minimum örnek genişliği 201 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Table 3.1. Çalışmamıza ait güç analizi sonuçları (n: Hasta sayısı).

Tip I hata	Testin gücü	N	%20'lik kayıpla n
%5	%90	201	241

Araştırmamızda yaşları 6-26 arasında değişen toplam 585 bireye ait olan KIBT görüntülerinden 70 adet tomografi materyali; hastaların ortodontik tedavi geçmişinin bulunması, sutura palatina medianın görüntü içerisine dahil edilmemiş olması, görüntü artefaktları nedeniyle suturanın net izlenmemesi ya da midpalatal alanda suturanın görüntülenmesine engel olan lezyonlar, insiziv kanal kistleri, gömük dişler, sinüs pnömatizasyonu, konjenital kemik defektleri ve damak yarığı mevcut olması nedeniyle çalışma dışı bırakılmış ve 515 adet tomografi görüntüsü çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmamızda yer alan 515 bireyin cinsiyet dağılımları ve yaş ortalamaları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmamızda yer alan 515 bireyin cinsiyet dağılımları ve yaş ortalamaları (n: Hasta sayısı, ort: Ortalama, Ss: Standart sapma).

	Kız	Erkek	Toplam
n	315	200	515
%	61,2	38,8	100
Yaş ort.	16,1	15,7	16
Ss	3,6	3,7	3,6

KIBT verileri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda bulunan i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa, USA) KIBT cihazı kullanılarak alınmıştır (Resim 3.1).



Resim 3.1. i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pa, USA) KIBT cihazı.

Tüm KIBT görüntüleri, hasta otururken ve doğal baş pozisyonunda alınmıştır. Tomografi görüntüleri alınırken 0,3 mm voksel kesit kalınlığı kullanılmıştır. Çalışmamıza ışınlama parametreleri 5 mA ve 120 kVp olarak ayarlanarak 8,9 sn boyunca 16 X 7 ile 16 X 13 FOV aralığında alınan görüntüler dahil edilmiştir.

Görüntüler i-CAT Vision yazılım programı ile incelenmiştir ve yazılım programı aracılığıyla baş oryantasyonu, her üç planda da doğal baş pozisyonunda olacak şekilde yönlendirilebilmektedir. Gerekli olduğu durumda baş oryantasyonunda değişiklik yapılarak sutura palatina medianın görüntülenmesi Angelieri ve ark.'nın (18) tanımladığı adımlar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Sutura palatina media maturasyonunun değerlendirilmesi amacıyla aksiyal planda elde edilen görüntüler incelenmiştir. Sutura palatina media değerlendirilmesi için gerekli olan ana görüntünün elde edilmesinde kullanılan adımlar sırasıyla;

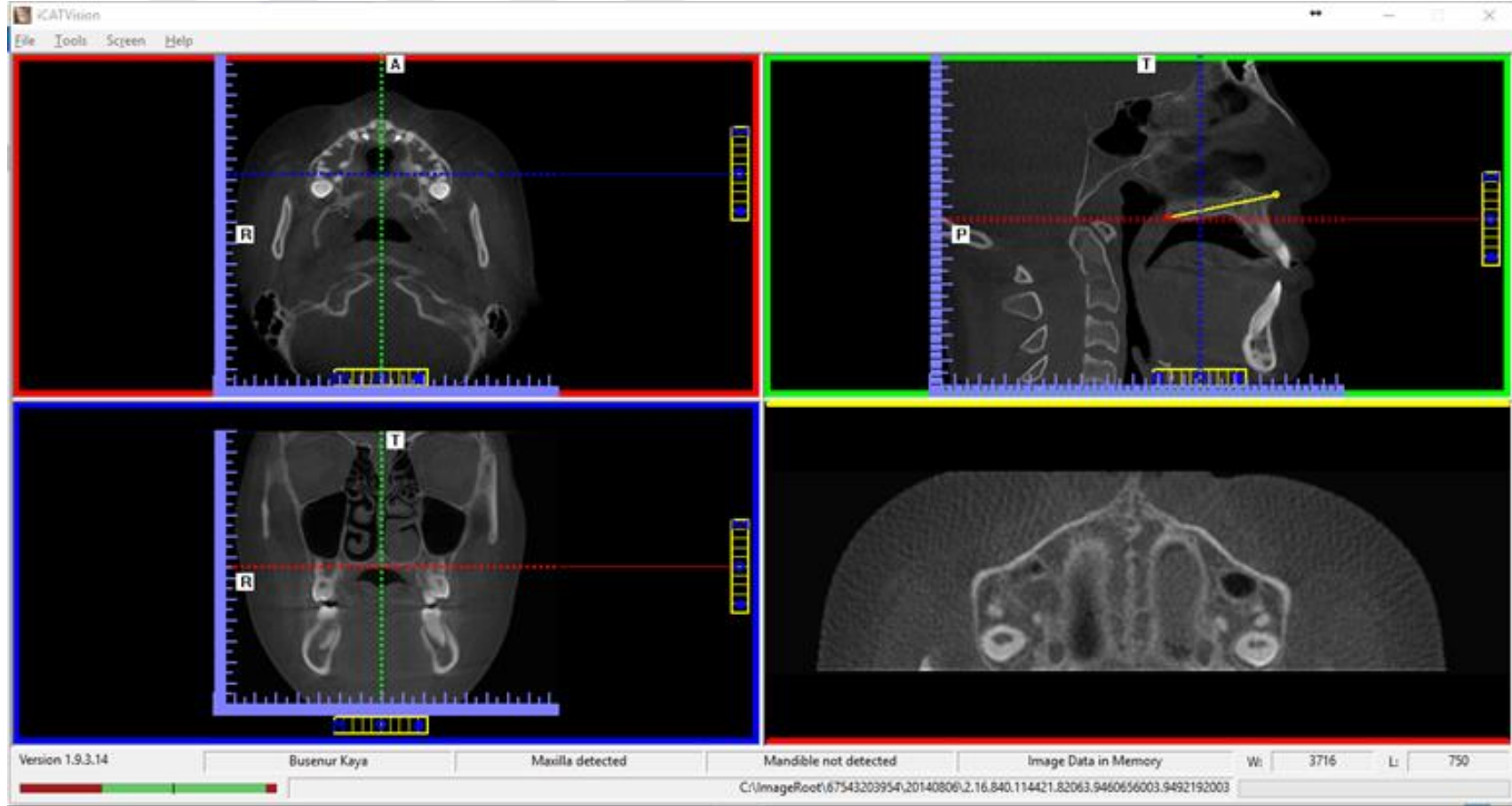
a. Aksiyal planda anteroposterior referans çizgisi, midpalatal düzlemde olacak şekilde tespit edilmiştir.

b. Koronal planda horizontal referans çizgisi, maksiller birinci molar bölgesinde damağın merkezinden geçecek şekilde ayarlanarak anteroposterior referans çizgisi ile kesiştirilmiştir.

c. Sagittal planda damağın anterior ve posterior nazal spina noktaları işaretlenerek sutura palatina media çizilmiş ve sutura palatina medianın izlendiği ana görüntü olarak adlandırılan aksiyal görüntü kesiti elde edilmiştir (Resim 3.2).

d. Sutura palatina media boyunca çizilen horizontal çizgi, burun tabanı ve ağız tavanı arasındaki mesafenin en merkezinde olacak şekilde belirlenmiştir. Ancak bazı bireyler eğimli damak yapısına sahiptir ve bu tür damak yapısının incelenmesinde iki farklı kesit dilimi konumlandırılmasıyla değerlendirme yapılmıştır. Bu tür damak yapısının görüldüğü durumlarda fraktal analiz değerlendirmesi için insiziv kanalın posteriorundan, posterior nazal spinanın ön sınırına kadar uzanan sutura palatina medianın en net izlendiği alanı içeren horizontal çizgi ile, suturanın aksiyal plandaki görüntü kesiti oluşturulmuştur.

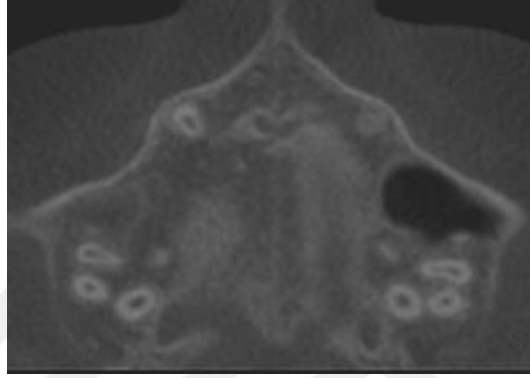
e. Daha kalın damak yapısına sahip bireylerde iki farklı kesit dilimi belirlenerek, daha matur olarak izlenen yapı değerlendirmeye alınmıştır.



Resim 3.2. Sutura palatina medianın izlendiği ana görüntünün elde edilmesi.

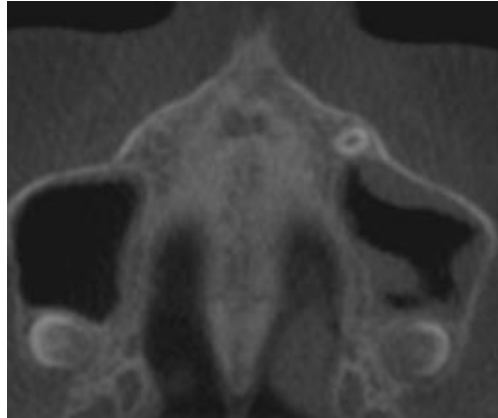
Elde edilen görüntü iki aşamada değerlendirilmiştir. İlk aşamada Angelieri ve ark.'nın (1) belirlediği sutura palatina media maturasyon sınıflandırması esas alınarak inceleme yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre;

A: Düz, yüksek yoğunluklu sutura çizgisi görülür. İnterdijitasyon yoktur ya da çok azdır (Resim 3.3).



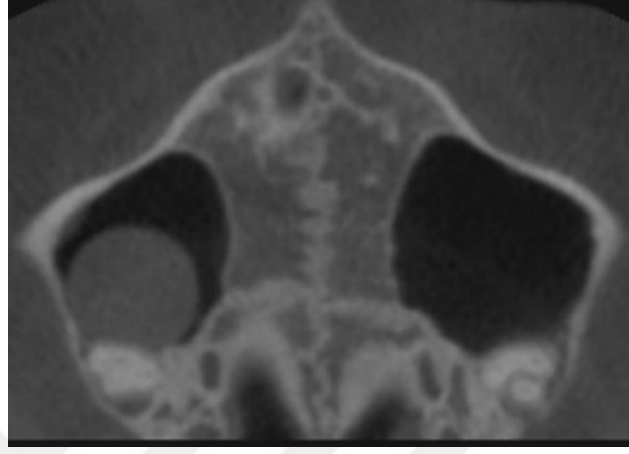
Resim 3.3. A maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü.

B: Sutura düzensiz, taraklı ve yüksek yoğunlukludur. Bazı alanlarda iki tane paralel, taraklı, yüksek yoğunluklu, birbirine yakın çizgi izlenir ve küçük, düşük yoğunluklu boşluklarla ayrılmıştır (Resim 3.4).



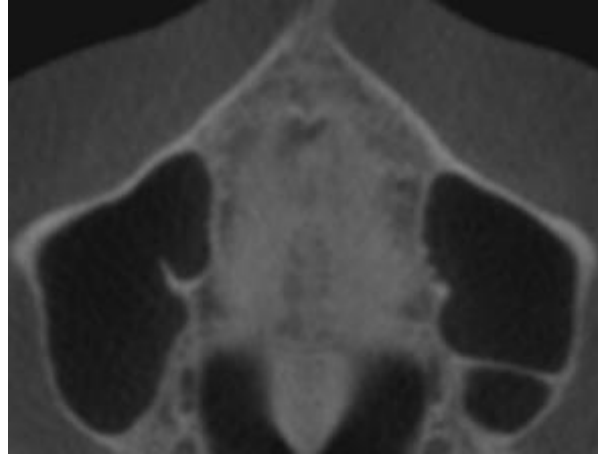
Resim 3.4. B maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü.

C: İki paralel yüksek yoğunluklu birbirine yakın çizgi vardır. Maksilla ve palatal kemik küçük, yoğunluklu boşluklarla ayrılmıştır. Sutura daha düzdür ya da düzensiz olarak da izlenebilir (Resim 3.5).



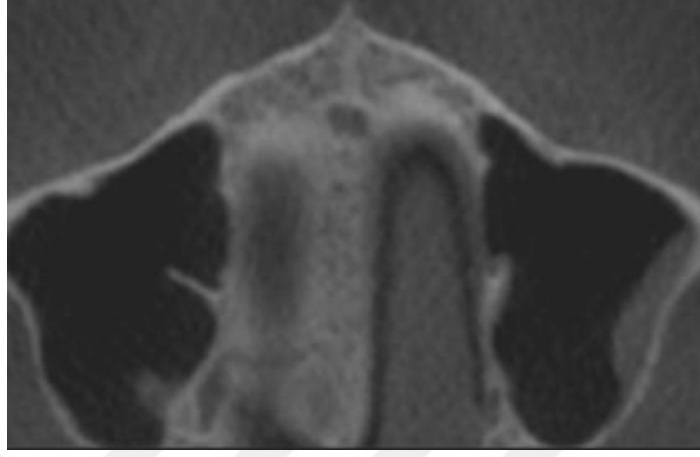
Resim 3.5. C maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü.

D: Palatal kemikte sutura palatina media maturasyonu gerçekleşmiştir ve sutura izlenmez, ancak maksillada füzyon yoktur. Maksillanın etrafındaki kemik yoğunluğuna göre posteriora parasutural kemik yoğunluğu artmıştır (Resim 3.6).



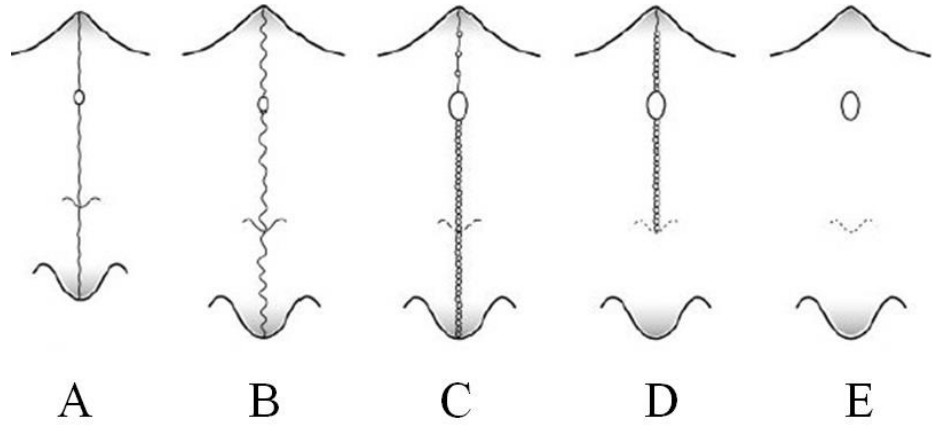
Resim 3.6. D maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü.

E: Maksillada sutura füzyonu gerçekleşmiştir ve her iki bölgede kemik yoğunluğu benzerdir (Resim 3.7).

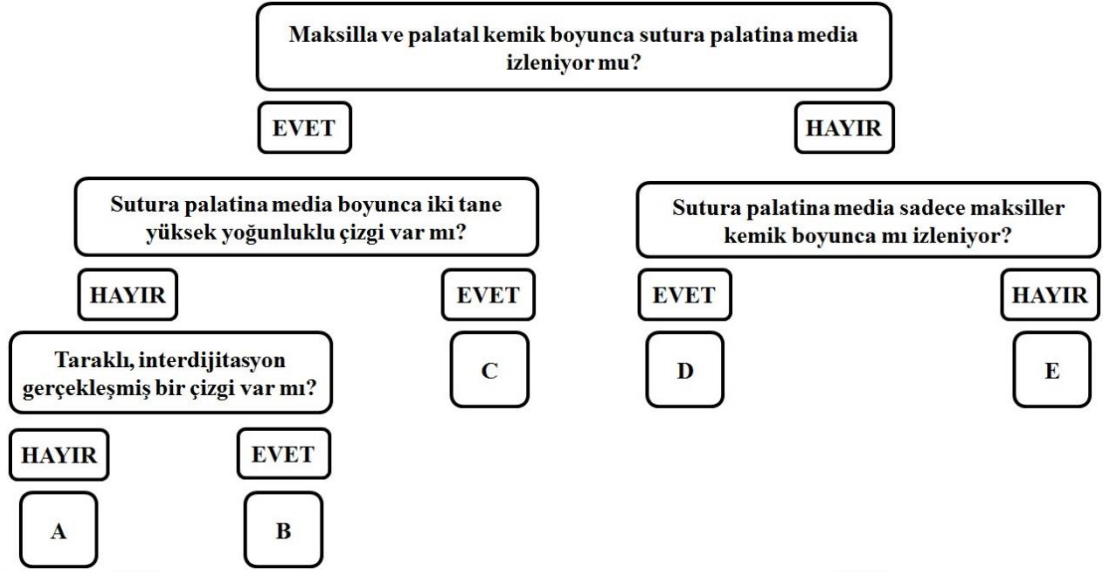


Resim 3.7. E maturasyon aşamasında izlenen sutura palatina media görüntüsü.

Sutura palatina media maturasyon aşamalarının ayırt edilmesinde, Angelieri ve ark.'na (1) ait şematik çizim ve teşhiste izlenecek adımlar da dikkate alınmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının şematik çizimi. Angelieri ve ark.'ndan (1) alınmıştır.

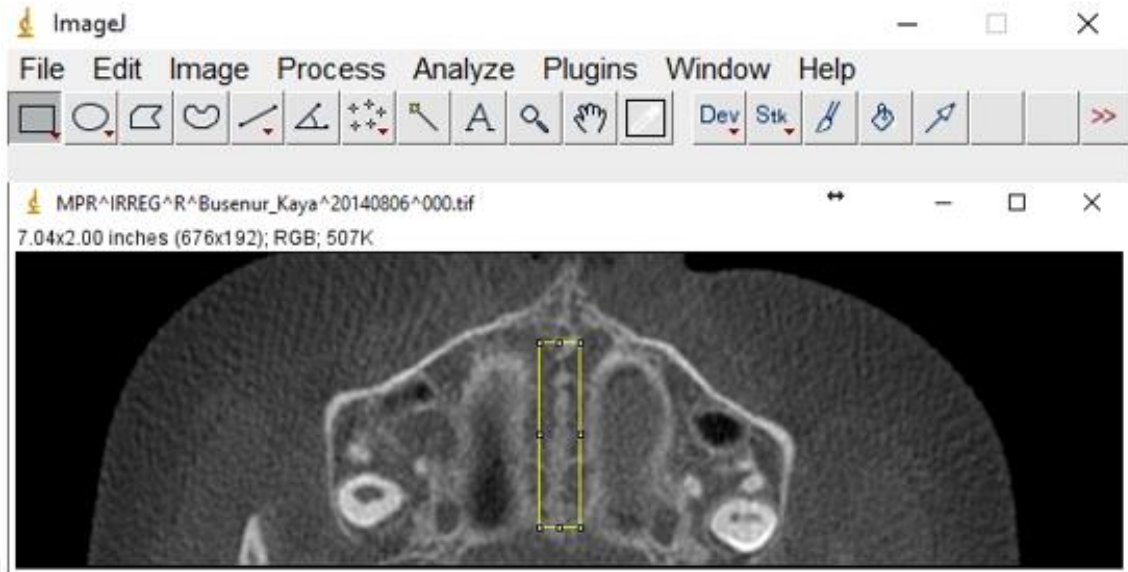


Şekil 3.2. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının belirlenmesinde izlenecek adımlar. Angeliere ve ark.'ndan (1) alınmıştır.

Tüm değerlendirmeler karanlık bir odada gerçekleştirilmiştir. Gözlemci içi güvenilirliğin kontrol edilmesi amacıyla, rastgele seçilen 100 KIBT görüntüsü bir ay sonra tekrar incelenmiştir. Aynı tomografi materyalleri için; tekrar ROI belirlenerek FB değeri hesaplanmış ve ölçümler arasındaki uyum değerlendirilmiştir.

Sutura palatina media maturasyonunun değerlendirilmesinde ikinci aşamada ana görüntüden elde edilen ROI alanları belirlenerek fraktal analiz yöntemi uygulanmıştır. FB hesaplamasında, Arsan (167) ve Kwak ve ark.'nın (20) da çalışmalarında belirttiği şekilde NIH Image yazılımının bir sürümü olan ImageJ v1.48 programı kullanılmıştır. İlgili program, internet üzerinden <http://imagej.nih.gov/ij/download.html> adresinden indirilmiştir.

Öncelikle uygun bir program ile yüksek çözünürlüklü “tiff” formatındaki dijital görüntüler üzerinde belirlenen boyutlarda ROI seçimi yapılmıştır. ROI seçiminde insiziv kanalın arka sınırından posterior nazal spinanın ön sınırına kadar uzanan sutura palatina media dışındaki yapıları dahil etmeyen, FB hesaplamasını etkileyebilecek radyopak alanları mümkün olduğu kadar dışarıda bırakan dar bir kutu oluşturulmuştur. (Resim 3.8).



Resim 3.8. ROI seçimi.

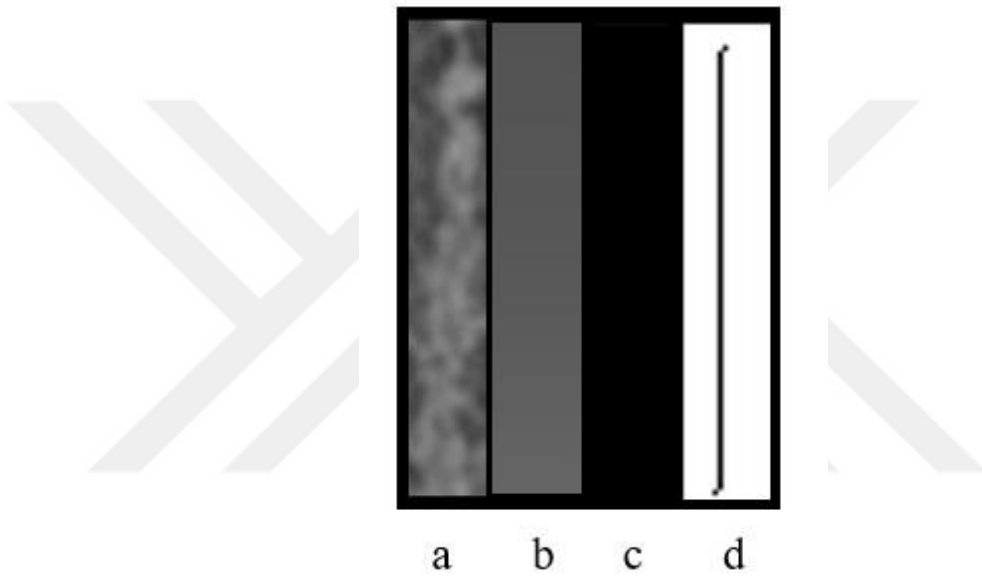
Image J programında ROI'ların işlenerek fraktal analize hazır hale getirilmesi, genel olarak White ve Rudolph (122) tarafından geliştirilen yöntem esas alınarak yapılmıştır. Image J programının ilgili menüleri ve alt fonksiyonları kullanılarak yapılan işlemler sırasıyla;

1. Seçilen ROI görüntüsü Image J programına aktarılır ve fraktal analizi yapılabilmesi için ilgili ROI görüntüsü kopyalanır.
2. Görüntü parlaklığı varyasyonlarını ortadan kaldırmak amacıyla ROI, “*Gaussian Blur*” filtresi ile işlenerek bulanıklaştırılır. Bu işlem ile kemiğin üzerini örten yumuşak doku ve kemiğin değişken kalınlığına bağlı olarak meydana gelen yüksek ve orta derecedeki parlak bölgeler bulanıklaştırılır. İlgili bölgenin yoğunluğundaki büyük farklılıklar bu şekilde ortaya çıkarılır.
3. Bulanık görüntü orjinal görüntüden çıkartılır. Sonuç görüntüye her bir piksel konumunda 128 gri tonu eklenir ve elde edilen görüntüdeki farklı parlaklıklardaki alanlar, kemik iliği ile trabeküler yapının ayırt edilmesine katkı sağlar.
4. “*Binary*” seçeneği ile görüntü siyah ve beyaz renk olmak üzere, iki renkli görüntüye çevrilerek kemik iliği ve trabeküler yapının ana hatları ayırt edilebilir hale getirilir.

5. Görüntüdeki gürültü kirliliğinin azaltılması için “*Erode*” seçeneği ile aşındırma yapılır ve ardından “*Dilate*” seçeneği ile mevcut alanlar genişletilerek görüntü daha belirgin ve düzgün hale getirilir.

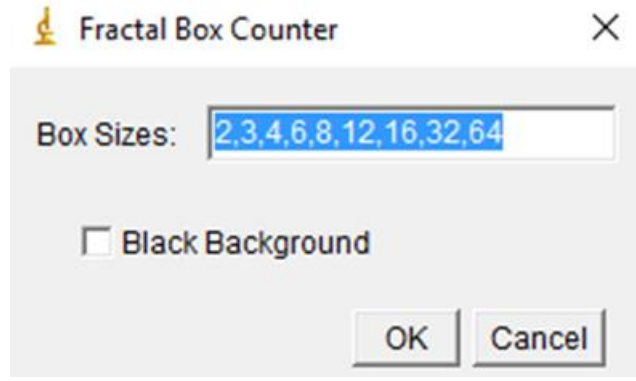
6. Trabeküler kemiğin ana hatlarının ortaya çıkarılabilmesi için “*Invert*” seçeneği ile beyaz alanlar siyaha, siyah alanlar beyaza çevrilir.

7. “*Skeletonize*” seçeneği ile iskeletsel olarak trabeküler yapının ana hatları belirlenir ve yapı fraktal analize hazır hale getirilir (Resim 3.9).



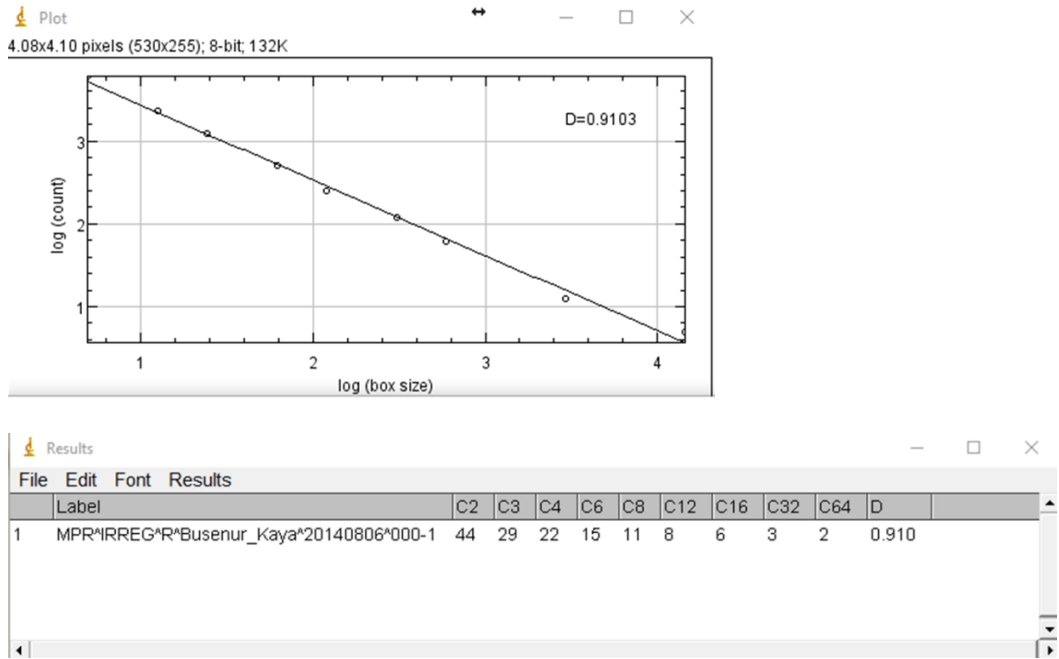
Resim 3.9. a) ROI görüntüsünün fraktal analize hazır hali, b) Bulanıklaştırılan görüntü, c) “*Invert*” seçeneği uygulanmış görüntü, d) Ana hatları belirlenmiş görüntü.

8. “*Analyze*” menüsündeki “*Fractal Box Count*” seçeneği ile görüntü, boyutları 2,3,4,6,8,12,16,32,64 piksel olan karelere bölünür (Resim 3.10)



Resim 3.10. Fraktal analizinde kutu sayma algoritmasının uygulanışı.

9. Her farklı boyuttaki pikseller için, trabeküllerin bulunduğu kareler ve görüntüdeki toplam kare sayısı hesaplanır. Hesaplanan kutu sayısı, toplam kutu sayısı ile karşılaştırılacak şekilde logaritmik bir ölçekte grafik haline getirilir. Richardson grafiği olarak bilinen bu grafikteki verilere ait noktalara, en iyi uyan doğru çizilir. Doğrunun eğimi, yapının karmaşıklık derecesini gösteren FB değerini verir (Resim 3.11).



Resim 3.11. Verilerin logaritmik ölçekte çizimi ve FB değeri (Grafikte FB değeri, D harfi ile gösterilmektedir.).

Veriler elde edildikten sonra her iki cinsiyete göre sutura palatina media maturasyonu ile kronolojik yaş ve fraktal analiz arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel analizler, Biyoistatistik Uzmanı Dr. Arzu BAYGÜL tarafından istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenerek, MedCalc Statistical Software version 12.7.7 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>; 2013) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Bkz. EK-3). Araştırmanın örneklem sayısı, güç analizi kullanılarak belirlenmiştir. Gözlemciler arası tutarlılık analizi için verilerin kategorik olması göz önünde bulundurularak Kappa uyum testi kullanılmıştır. Fraktal analiz ile elde edilen ölçümler arasındaki uyum, Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı ile incelenmiştir. Sürekli değişkenleri tanımlamak için deskriptif istatistikler (ortalama, standart sapma, minimum, medyan, maksimum) kullanılmıştır. Çalışma parametrelerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Bağımsız ve normal dağılan iki sürekli değişkenin karşılaştırması Student *t* testi ile, bağımsız ve normal dağılıma uygunluk göstermeyen iki değişkenin karşılaştırması Mann-Whitney U testi ile yapılmıştır. Normal dağılıma uymayan ikiden fazla gruba ait sürekli değişkenlerin karşılaştırması Kruskal Wallis testi ile yapılmıştır. Kruskal Wallis sonrası Post-Hoc değerlendirmesi için Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılmıştır ve yorumlama Bonferroni düzeltmesine göre istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,0083 olarak kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. Normal dağılıma uygunluk göstermeyen iki değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek için Spearman's rho korelasyon analizi kullanılmıştır. Fraktal analizin evrelerini tahmin etmek amacıyla kesim noktasının araştırılması için Receiver Operating Characteristic (ROC) analizi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Araştırmamızda 200'ü (%38,8) erkek ve 315'i (%61,2) kız olmak üzere toplam 515 bireye ait KIBT görüntüleri kullanılmıştır ve KIBT görüntülerinin ait olduğu erkek bireylerin yaş ortalaması $15,7 \pm 3,7$ yıl, kız bireylerin yaş ortalaması $16,1 \pm 3,6$ yıldır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Çalışmamızda yer alan bireylerin kronolojik yaş değerleri (n: Hasta sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum).

Yaş	n	Ort	Medyan	Ss	Min	Maks
Kız	315	16,1	15,7	3,6	8,8	26
Erkek	200	15,7	15,0	3,7	6	26
Toplam	515	16,0	15,3	3,6	6,0	26,0

Sutura palatina media maturasyonu, ilk olarak Angelieri ve ark.(1) tarafından belirlenen sınıflandırma esas alınarak incelenmiştir. İkinci aşamada ise, fraktal analiz yöntemi ile elde edilen nicel veriler aracılığıyla değerlendirme yapılmıştır.

Sutura palatina media maturasyon aşamalarına göre yapılan KIBT görüntülerinin değerlendirilme sonuçları ve her bir bireye ait kronolojik yaş değerleri, minimumdan maksimuma olacak şekilde sıralanarak kız ve erkek bireyler için sırasıyla Tablo 4.2 ve Tablo 4.4'te verilmektedir. İkinci aşamada gerçekleştirilen fraktal analiz sonrası elde edilen FB değerleri; kronolojik yaş tablosundaki birey sırası takip edilerek, kız ve erkek bireyler için sırasıyla Tablo 4.3 ve Tablo 4.5'te sunulmaktadır.

Tablo 4.2. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve bireylerin kronolojik yaş değerleri.

B				C			D	E
8,83	13,83	15,66	18	9	13,41	16,41	11,16	11,33
9,58	13,91	15,75	18,1	9,25	13,5	16,41	11,41	12,33
10,1	14	16	18,16	10	13,66	16,58	11,5	12,66
11,1	14	16	18,33	10,83	13,66	16,75	11,66	12,83
11,33	14,16	16	18,58	11,08	13,66	16,75	11,83	14
11,33	14,33	16,16	18,83	11,1	13,66	16,83	11,91	14,5
11,33	14,33	16,16	18,83	11,41	13,75	16,8	13,33	15,16
11,41	14,33	16,25	19	11,58	13,75	16,91	13,5	15,75
11,83	14,33	16,25	19,16	11,83	13,91	17	13,91	15,83
11,91	14,41	16,25	19,25	11,91	13,91	17,1	14,1	16,66
12,1	14,41	16,25	19,41	11,91	13,91	17,5	14,5	16,91
12,1	14,41	16,41	19,5	12	14	17,58	15,66	17
12,33	14,5	16,5	19,66	12,08	14	17,58	16,08	17,16
12,41	14,66	16,58	19,66	12,1	14,08	17,58	16,1	17,58
12,41	14,75	16,58	19,91	12,16	14,33	17,66	16,16	18,33
12,41	14,75	16,66	20,1	12,16	14,66	17,91	16,66	23,25
12,41	14,75	16,91	20,16	12,16	14,66	18	16,75	23,83
12,58	14,75	16,91	20,33	12,16	14,66	18,33	17,08	
12,58	14,83	16,91	20,33	12,16	14,75	18,41	17,16	
12,66	14,91	16,91	20,41	12,33	14,75	18,41	17,5	
12,75	15,08	17,08	20,91	12,33	15,08	18,58	17,75	
12,75	15,08	17,08	20,91	12,5	15,1	19,16	18	
12,83	15,1	17,1	21,58	12,58	15,33	19,75	18,08	
12,83	15,16	17,16	21,83	12,58	15,33	20	18,08	
12,91	15,25	17,25	21,91	12,75	15,33	20,25	19,08	
13	15,25	17,33	22,25	12,83	15,5	20,75	19,66	
13,08	15,25	17,33	22,33	12,83	15,58	21,33	19,75	
13,1	15,33	17,33	22,75	12,91	15,58	22	20	
13,1	15,33	17,41	23,08	13	15,66	23,33	20,1	
13,25	15,33	17,5	23,25	13,16	15,75	24,1	20,16	
13,25	15,41	17,5	23,33	13,33	15,75	24,58	20,25	
13,33	15,41	17,5	23,33	13,33	15,91	25	20,83	
13,33	15,5	17,5	23,75	13,33	16	25,41	21,25	
13,33	15,58	17,58	24,1	13,33	16	25,75	21,91	
13,41	15,58	17,58	24,16	13,41	16,08	26	22,91	
13,41	15,58	17,66	24,41	13,41	16,33		23,1	
13,83	15,58	17,75	24,58				23,25	
13,83	15,66	17,75					23,41	
							23,75	

Tablo 4.3. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB değerleri.

B				C			D	E
0,914	0,948	0,927	0,968	0,973	0,927	0,927	0,900	0,942
0,935	0,942	0,942	0,927	0,900	0,968	0,927	0,956	0,961
0,935	0,930	0,956	0,914	0,935	0,935	0,956	0,948	0,959
0,948	0,917	0,917	0,914	0,935	0,976	0,925	0,935	0,976
0,956	0,914	0,917	0,948	0,948	0,948	0,942	0,958	0,956
0,927	0,914	0,956	0,987	0,961	0,927	0,935	0,961	0,935
0,948	0,962	0,921	0,968	0,917	0,935	0,945	0,925	0,961
0,892	0,917	0,927	0,914	0,935	0,910	0,948	0,956	0,948
0,927	0,945	0,925	0,962	0,948	0,942	0,973	0,945	0,968
0,917	0,945	0,935	0,948	0,945	0,925	0,835	1,004	0,945
0,921	0,914	0,968	0,900	0,925	0,948	0,935	0,948	0,948
0,948	0,903	0,959	0,956	0,948	0,948	0,956	0,961	0,944
0,927	0,914	0,896	0,935	0,925	0,945	0,910	0,894	0,939
0,935	0,942	0,925	0,978	0,914	0,942	0,948	0,945	0,944
0,956	0,870	0,910	0,900	0,948	0,945	0,945	0,942	0,973
0,823	0,956	0,927	0,997	0,896	0,968	0,925	0,914	0,948
0,942	0,925	0,925	0,921	0,925	0,948	0,925	0,945	0,968
0,927	0,935	0,900	0,914	0,945	0,910	0,948	0,935	
0,942	0,961	0,844	0,973	0,968	0,956	0,956	0,968	
0,917	0,935	0,914	0,896	0,959	0,911	0,973	0,948	
0,979	0,896	0,956	0,900	0,945	0,935	0,948	0,927	
0,979	0,935	0,942	0,942	0,956	0,935	0,948	0,968	
0,917	0,927	0,935	0,950	0,894	0,963	0,925	0,973	
0,959	0,935	0,883	0,948	0,945	0,914	0,968	0,945	
0,956	0,914	0,942	0,948	0,942	0,956	0,911	0,914	
0,935	0,942	0,925	0,935	0,935	0,910	0,945	0,914	
0,935	0,961	0,935	0,927	0,948	0,942	0,973	0,959	
0,935	0,956	0,956	0,987	0,910	0,925	0,935	0,945	
0,927	0,945	0,935	0,956	0,948	0,927	0,956	0,948	
0,917	0,900	0,964	0,945	0,948	0,914	0,948	0,948	
0,945	0,942	0,883	0,925	0,948	0,935	0,948	0,956	
0,948	0,927	0,914	0,900	0,962	0,910	0,925	0,945	
0,935	0,935	0,979	0,921	0,900	0,925	0,942	0,948	
0,935	0,925	0,987	0,942	0,987	0,892	0,927	0,948	
0,914	0,917	0,927	0,945	0,935	0,927	0,944	0,914	
0,948	0,949	0,948	0,945	0,945	0,945		1,006	
0,910	0,917	0,958	0,945				0,948	
0,892	0,948	0,927					0,927	
							0,976	
							0,948	

Tablo 4.4. Erkek bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve bireylerin kronolojik yaş değerleri.

A	B			C			D	E
11,5	6,5	14,16	16,41	6	13,66	15,58	12,08	10,08
13,16	8,66	14,33	16,66	7,75	13,75	15,75	12,66	15
13,58	10,5	14,33	16,83	9,1	13,83	15,83	12,91	15,58
13,75	11,16	14,5	16,91	9,58	13,91	15,91	13,41	15,83
	11,5	14,66	17	9,66	14	16,1	13,83	16,16
	11,5	14,83	17,08	9,91	14	16,16	13,91	17,33
	11,66	14,83	17,41	10,33	14	16,25	15,33	17,41
	12,5	15,08	17,66	10,5	14,25	16,33	16,16	18,5
	12,58	15,08	19,08	10,75	14,25	16,5	16,25	19
	12,75	15,16	20,58	11,16	14,33	16,5	16,33	20,41
	12,83	15,25	20,91	11,25	14,33	16,58	17,5	20,91
	12,83	15,25	21,41	12	14,33	16,58	17,75	21,75
	12,91	15,33	21,41	12,16	14,41	16,66	21,1	23
	13,16	15,5	21,41	12,16	14,41	16,66	21,41	23,75
	13,25	15,5	21,5	12,25	14,5	17	22,33	26
	13,33	15,66	22,1	12,41	14,58	17,08	23,33	
	13,83	15,66	22,33	12,41	14,75	17,5		
	13,91	16	22,41	12,5	14,75	17,66		
	13,91	16,09	23,25	12,58	14,83	18,08		
	13,91	16,1	23,41	12,75	14,83	18,16		
	14,08	16,16	24,25	12,91	14,83	18,16		
	14,1	16,33	25	13	14,83	19,16		
				13	14,91	20,58		
				13	14,91	21,66		
				13	15	21,33		
				13,08	15	21,58		
				13,1	15,08	21,66		
				13,1	15,16	21,91		
				13,25	15,25	22		
				13,33	15,25	22,16		
				13,33	15,33	22,66		
				13,5	15,41	23,08		
				13,66	15,41	26		

Tablo 4.5. Erkek bireylere ait KIBT görüntülerinin sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB değerleri.

A	B			C			D	E
0,948	0,914	0,942	0,948	0,979	0,976	0,989	0,968	0,962
0,896	0,917	0,935	0,962	0,883	0,942	0,976	0,927	0,945
0,910	0,927	0,921	0,961	0,956	0,942	0,853	0,935	0,959
0,921	0,948	0,961	0,944	0,948	0,956	0,959	0,956	0,945
	0,935	0,914	0,956	0,956	0,927	0,935	0,925	0,961
	0,945	0,961	0,925	0,914	0,911	0,942	0,968	0,909
	0,935	0,973	0,989	0,942	0,921	0,989	0,961	0,961
	0,935	0,934	0,900	0,992	0,957	0,914	0,935	0,987
	0,962	0,948	0,945	0,925	0,968	0,935	0,968	0,963
	0,959	0,935	0,996	0,942	0,925	0,961	0,962	0,964
	0,948	0,961	0,961	0,935	0,927	0,968	0,934	0,898
	0,942	0,910	0,945	0,927	0,914	0,956	0,935	0,956
	0,914	0,883	0,921	0,914	0,896	0,973	0,935	0,997
	0,948	0,935	0,948	0,959	0,914	0,989	0,948	0,961
	0,914	0,909	0,948	0,935	0,921	0,914	0,945	0,957
	0,917	0,959	0,942	0,914	0,935	0,948	0,927	
	0,942	0,927	0,942	0,935	0,900	0,959		
	0,914	0,914	0,942	0,956	0,935	0,961		
	0,853	0,935	0,914	0,917	0,900	0,927		
	0,870	0,942	0,935	0,948	0,945	0,945		
	0,917	1,001	0,968	0,945	0,914	0,948		
	0,925	0,927	0,935	0,927	0,959	0,942		
				0,935	0,948	1,004		
				0,935	0,945	0,932		
				0,935	0,917	0,910		
				0,917	0,917	0,959		
				0,917	0,917	0,948		
				0,935	0,976	0,935		
				0,956	0,948	0,914		
				0,945	0,959	0,973		
				0,934	0,956	0,962		
				0,979	0,945	0,961		
				0,925	0,976	1,002		

Gözlemci içi güvenilirliğin değerlendirilmesi amacıyla rastgele seçilen 100 KIBT görüntüsü bir ay sonra tekrar incelenmiştir. Birinci ve ikinci gözlem arasında iyi düzeyde istatistiksel anlamlı uyum bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Gözlemci içi güvenilirliğin değerlendirildiği Kappa uyum testi sonuçları.

2.Gözlem	A	B	C	D	E	κ value (p)
1.Gözlem	A	1 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0,886 <0,001
	B	0 (0,0)	48 (96,0)	1 (2,8)	0 (0,0)	
	C	0 (0,0)	2 (4,0)	33 (91,7)	0 (0,0)	
	D	0 (0,0)	0 (0,0)	2 (5,6)	9 (90,0)	
	E	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (10,0)	
					2 (66,7)	

Aynı bireylere ait 100 tomografi materyali için; ROI seçimi tekrarlanarak FB değeri hesaplanması sonucunda, birinci ve ikinci ölçüm arasında iyi düzeyde istatistiksel anlamlı uyum bulunmuştur (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. FB değerleri arasındaki uyumun değerlendirildiği Cronbach Alpha Güvenilirlik Katsayısı Sonuçları (Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Med: Medyan, Min: Minimum, Maks: Maksimum).

	1.Ölçüm	2.Ölçüm	Cronbach Alpha
	Ort $\pm$ Ss Med. (Min-Maks)	Ort $\pm$ Ss Med (Min-Maks)	
FB	0,94 $\pm$ 0,02	0,95 $\pm$ 0,03	0,690
	0,94 (0,8-1,0)	0,95 (0,85-1,0)	

Kız ve erkek bireylerde ayrı ayrı olmak üzere sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değeri arasındaki ilişki Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiştir. (Tablo 4.8). Kız bireylere ait KIBT görüntülerin hiçbirinde A maturasyon aşamasına rastlanmazken, 4 erkek bireyde A maturasyon aşaması görüntülenmiştir ve FB değeri $0,92 \pm 0,02$ 'dir. Kız bireylere ait KIBT görüntülerin 151'inde, erkek bireylere ait KIBT görüntülerinin 66'sında B maturasyon aşaması izlenmiştir ve FB değeri sırasıyla $0,93 \pm 0,03$ ve $0,94 \pm 0,06$ 'dır. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinden 107'sinde, erkek bireylere ait KIBT görüntülerinin 99'unda C maturasyon aşaması tespit edilmiştir; FB değerleri sırasıyla $0,94 \pm 0,02$ ve $0,94 \pm 0,03$ 'tür. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinden 40'ında, erkek bireylere ait KIBT görüntülerin 16'sında D maturasyon aşaması görülmüş ve FB değerleri kız bireylerde $0,95 \pm 0,02$, erkek bireylerde $0,94 \pm 0,02$ 'dir. Kız bireylere ait KIBT görüntülerinden 17'sinde, erkek bireylerin 15'inde E maturasyon aşaması belirlenmiştir ve FB değerleri sırasıyla $0,95 \pm 0,01$ ve $0,95 \pm 0,02$ 'dir.

Tablo 4.8. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının dağılımına göre ortalama FB değerleri (n: Hasta sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum).

	Kız			Erkek			p
	n	Ort $\pm$ Ss	Medyan (Min-Maks)	n	Ort $\pm$ Ss	Medyan (Min-Maks)	
A	0	-	-	4	$0,92 \pm 0,02$	0,91 (0,89 - 0,95)	-
B	151	$0,93 \pm 0,03$	0,93 (0,82 - 0,99)	66	$0,94 \pm 0,06$	0,94 (0,85 - 1,0)	0,339
C	107	$0,94 \pm 0,02$	0,94 (0,83 - 0,99)	99	$0,94 \pm 0,03$	0,94 (0,85 - 1,0)	0,349
D	40	$0,95 \pm 0,02$	0,95 (0,89 - 1,0)	16	$0,94 \pm 0,02$	0,94 (0,92 - 0,97)	0,848
E	17	$0,95 \pm 0,01$	0,95 (0,93 - 0,98)	15	$0,95 \pm 0,02$	0,96 (0,89 - 0,99)	0,411

Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değeri arasındaki ilişki değerlendirilirken, A maturasyon aşamasının izlendiği hasta sayısı çok az olduğundan dolayı (n:4); bu hasta grubu istatistiksel karşılaştırmaya dahil edilmemiştir. Kız ve erkek bireylerde B,C,D ve E maturasyon aşamaları arasında FB değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (sırasıyla $p<0,001$ ve $p=0,035$).

Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değeri arasındaki ilişkinin kız ve erkek bireylerde istatistiksel anlamlı farklılık göstermesi sonucunda, bu farklılığın hangi ikili gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis sonrası Post-Hoc değerlendirmesi için Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Tablo 4.9’da görüldüğü üzere erkek bireylerde B-E ve C-E maturasyon aşamaları ve kız bireylerde B-D, B-E ve C-E maturasyon aşamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,0083$).

Tablo 4.9. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değeri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkinin kız ve erkek bireylerde ikili karşılaştırmaları.

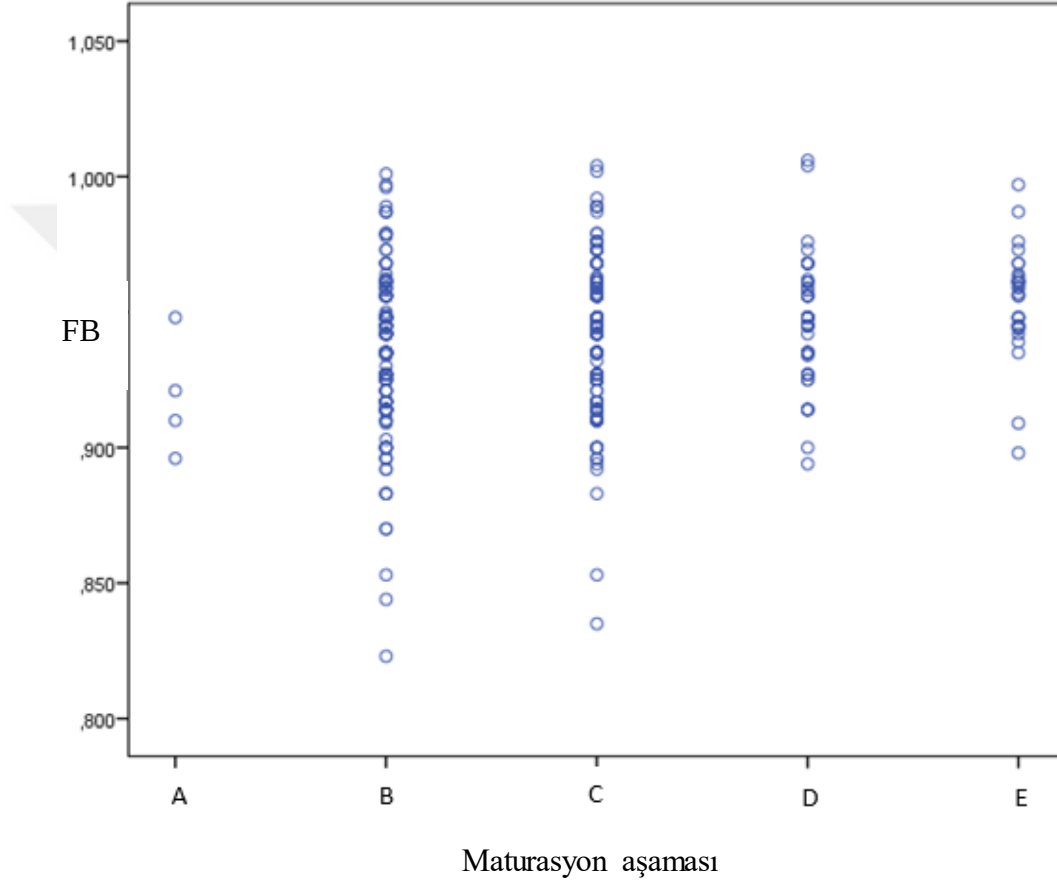
		B-C	B-D	B-E	C-D	C-E	D-E
Erkek	p	0,315	0,181	<0,001	0,499	0,022	0,175
Kız	p	0,107	<0,001	<0,001	0,037	<0,001	0,226

Sutura palatina media maturasyon aşamasına göre FB değeri ve cinsiyet arasındaki farklılık, Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak incelenmiştir. Maturasyon aşamasına göre FB değeri ve cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$) (Bkz. Tablo 4.8).

Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB arasındaki ilişki, Spearman’s rho korelasyon analizi kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.10 ve Grafik 4.1). Erkek ve kız bireylerde sırasıyla korelasyon katsayısı 0,205 ve 0,230 olup, her iki cinsiyette de maturasyon aşaması ve FB arasında pozitif yönlü zayıf istatistiksel anlamlı korelasyon bulunmuştur ($p<0,001$). Tüm bireyler için yapılan değerlendirmede korelasyon katsayısı 0,226 değerinde olup maturasyon ve FB arasında pozitif zayıf istatistiksel anlamlı korelasyon bulunmuştur ($p<0,001$).

Tablo 4.10. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB arasındaki ilişki.

	Kız	Erkek	Tüm Bireyler
Korelasyon Katsayısı	0,230	0,205	0,226
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001



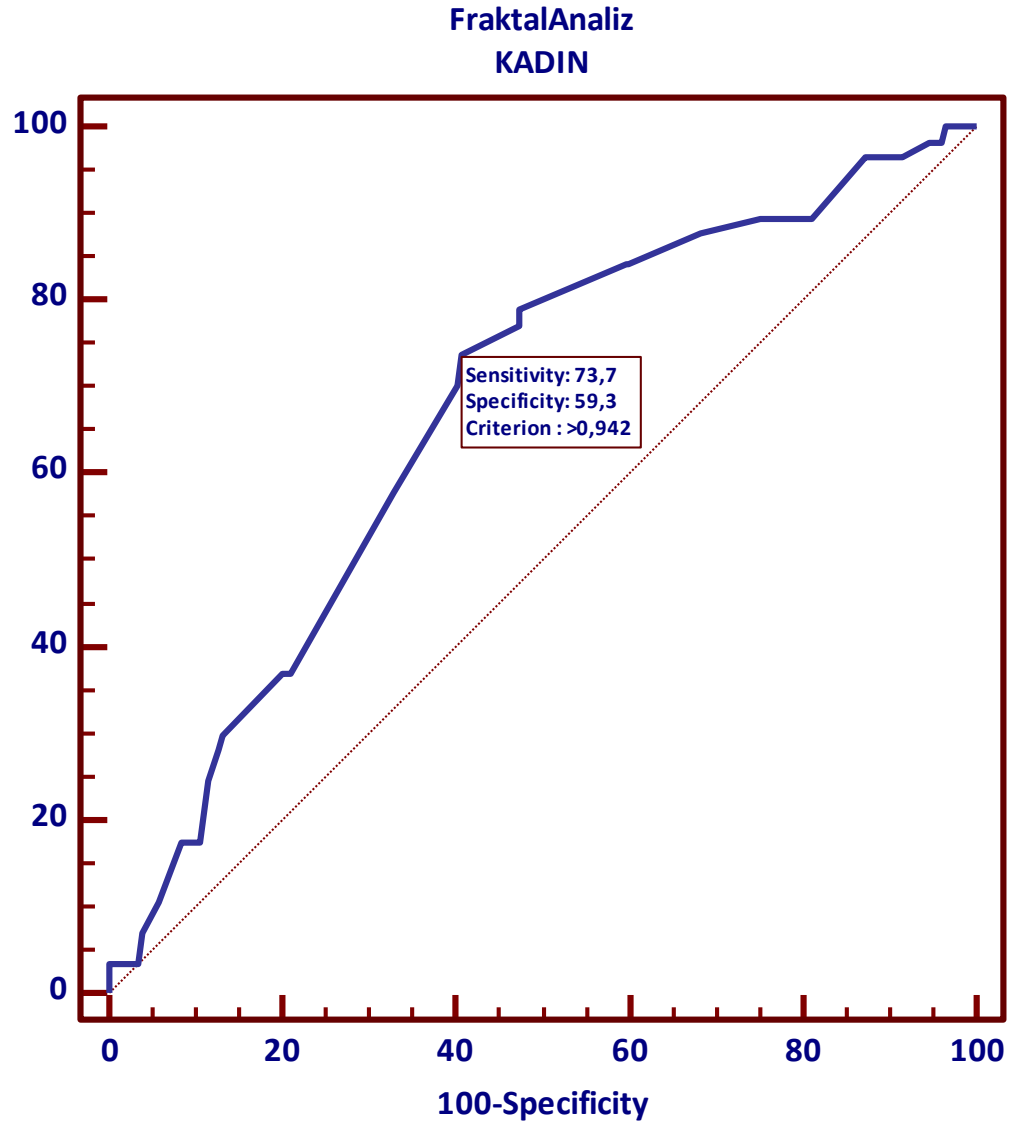
Grafik 4.1. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve FB değerinin dağılımı.

Kız ve erkek bireylerde ayrı ayrı olmak üzere FB değerinin, optimum eşik değerini tahmin etmek amacıyla ROC analizi uygulanmıştır. A, B ve C ile D ve E maturasyon aşamaları arasındaki sınırı ifade edebilmek amacıyla, sutura palatina media füzyonunun FB değeri ile ifade edilebileceği bir ROC eğrisi oluşturulmuştur.

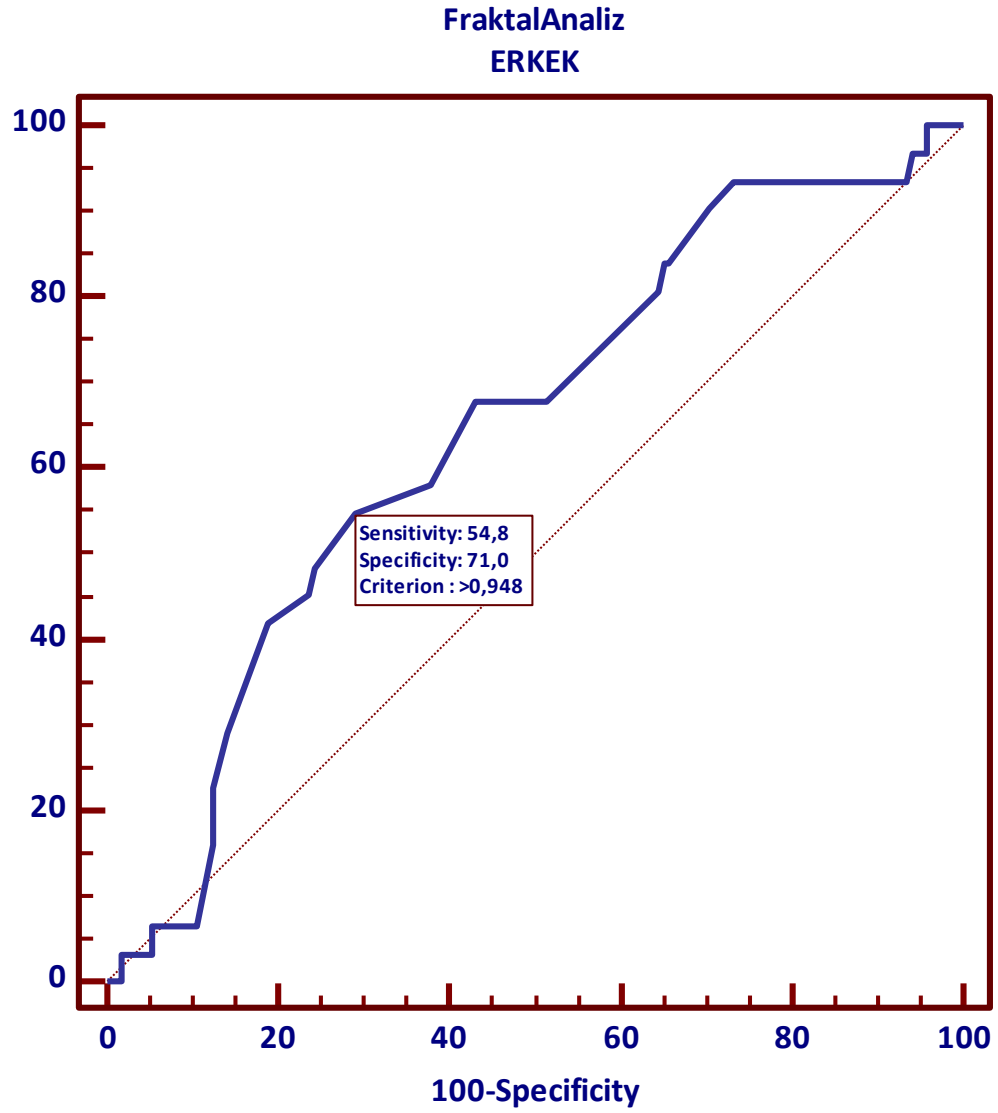
Kız bireyler için eğrinin üzerinde kalan alan (AUC)=0,671 ve $p=0,0001$ olup fraktal analizin, kız bireylerde maturasyon aşamasının tahmin edilmesinde anlamlı bir

indikatör olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen ROC eğrisinin kesim noktası 0,942'dir ve bu değeri A,B ve C ile D ve E maturasyon aşamaları arasındaki sınırı ifade etmektedir (Grafik 4.2).

Erkek bireyler için eğrinin üzerinde kalan alan (AUC)=0,643 ve $p=0,0068$ olup fraktal analizin, erkek bireylerde maturasyon aşamasının tahmin edilmesinde anlamlı bir indikatör olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen ROC eğrisinin kesim noktası 0,948'dir ve bu değeri A,B ve C ile D ve E maturasyon aşamaları arasındaki sınırı belirtmektedir (Grafik 4.3).



Grafik 4.2. Kız bireylerde ROC eğrisi.



Grafik 4.3. Erkek bireylerde ROC eğrisi.

Her maturasyon aşamasında ayrı ayrı olmak üzere kız ve erkek bireyler için ortalama kronolojik yaş ve standart sapma değerleri hesaplanarak sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişki Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.11). Kız bireylerde B maturasyon aşaması yaş ortalaması $16,2 \pm 3,3$ yıl, C maturasyon aşaması yaş ortalaması $15,4 \pm 3,6$ yıl, D maturasyon aşaması yaş ortalaması $17,6 \pm 3,9$ yıl ve E maturasyon aşaması yaş ortalaması $16,2 \pm 3,4$ yıl olan bireylerde gözlenmiştir. Erkek bireylerde A maturasyon aşaması yaş ortalaması $12,9 \pm 1,03$ yıl, B maturasyon aşaması yaş ortalaması $15,9 \pm 3,8$ yıl, C

maturasyon aşaması yaş ortalaması $14,9 \pm 3,41$ yıl, D maturasyon aşaması yaş ortalaması $16,6 \pm 3,6$ yıl ve E maturasyon aşaması yaş ortalaması $18,7 \pm 4,06$ yıl olan bireylerde izlenmiştir. Kız ve erkek bireylerde B, C, D, ve E grupları arasında yaş açısından istatistiksel anlamlı farklılık vardır ($p<0,001$).

Tablo 4.11. Sutura palatina media maturasyon aşamalarının dağılımına göre ortalama kronolojik yaş değerleri (n: Hasta sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Maks: Maksimum).

	Kız			Erkek			p
	n	Ort $\pm$ Ss	Medyan (Min-Maks)	n	Ort $\pm$ Ss	Medyan (Min-Maks)	
A	0	-	-	4	$12,9 \pm 1,03$	13,4 (11,5 - 13,7)	-
B	151	$16,2 \pm 3,3$	15,7 (8,8 - 24,6)	66	$15,9 \pm 3,8$	15,2 (6,5 - 25)	0,410
C	107	$15,4 \pm 3,6$	14,7 (9 - 26)	99	$14,9 \pm 3,41$	14,7 (6 - 26)	0,692
D	40	$17,6 \pm 3,9$	17,6 (11,2 - 25,3)	16	$16,6 \pm 3,6$	16,2 (12,1 - 23,3)	0,394
E	17	$16,2 \pm 3,4$	15,8 (11,3 - 23,8)	15	$18,7 \pm 4,06$	18,5 (10,1 - 26)	0,049

Sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişkinin kız ve erkek bireylerde istatistiksel anlamlı farklılık göstermesi sonucunda, bu farklılığın hangi ikili gruplardan kaynaklandığını belirlemek için Kruskal Wallis sonrası Post-Hoc değerlendirmesi için Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Erkek bireylerde C-E maturasyon aşamaları arasındaki farklılık ve kız bireylerde C-D maturasyon aşamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,0083$) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkinin kız ve erkek bireylerde ikili karşılaştırmaları.

		B-C	B-D	B-E	C-D	C-E	D-E
Erkek	p	0,111	0,535	0,008	0,137	<0,001	0,151
Kız	p	0,021	0,032	0,937	<0,001	0,281	0,168

Sutura palatina media maturasyon aşamasına göre kronolojik yaş ve cinsiyet arasındaki farklılık, Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak incelenmiştir. Maturasyon aşamasına göre kronolojik yaş ve cinsiyet arasında, sadece E maturasyon aşamasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,049$). Kronolojik yaş kız bireylerde ortalama $16,2 \pm 3,4$ yıl ve erkek bireylerde ortalama $18,7 \pm 4$ yıl iken hem maksillada hem de palatal kemikte füzyon gerçekleşmektedir (Bkz. Tablo 4.11).

Sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişki, Spearman's rho korelasyon analizi kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.13). Erkek ve kız bireylerde sırasıyla korelasyon katsayısı 0,109 ve 0,009 olup her iki cinsiyette de maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasında anlamlı korelasyon bulunmamıştır ($p>0,05$). Tüm bireyler için yapılan değerlendirmede de korelasyon katsayısı 0,041 değerinde olup, maturasyon ve kronolojik yaş arasında anlamlı korelasyon bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.13. Sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişki.

	Kız	Erkek	Tüm Bireyler
Korelasyon Katsayısı	0,009	0,109	0,041
p	0,873	0,125	0,349

5. TARTIŞMA

Maksillanın prenatal kemikleşmesi sırasında, sağ ve sol kemikleşme merkezlerinden oluşan damak çıkıntıları arasında sutura palatina media meydana gelmekte ve zamanla sutura morfolojisinde değişim oluşmaktadır (51). Sutura marjinlerinden adacıklar halinde başlayan kemik uzantıları, yaş ilerledikçe artarak birbirine doğru yaklaşmakta (2, 4-6, 8, 10) ve posteriorda başlayan füzyon, anteriora doğru ilerleyerek kortikal kemik yerini süngerimsi kemiğe bırakmaktadır (4, 8, 71, 72). Aynı zamanda intermolar genişliğin artması ile transversal yetersizliklerin düzeltildiği ve transversal boyutların genişletildiği en etkili ortopedik yaklaşım olan RME tedavisi ile, sutura palatina media açılarak maksiller kemiğin iki yarım parçası birbirinden ayrılmaktadır (74, 178-185). Uygulanan ortopedik kuvvet sonucunda sutura palatina medianın yırtılarak açılmasının ardından, pekiştirme dönemi sonunda sutura alanında yeni kemik oluşumu izlenmektedir. Bu olaylar dizisi, Henri Bergson'ın "Var olmak değişmektir; değişmek olgunlaşmak; olgunlaşmak, kendini durmadan yenilemektir." sözünde ifade edilen düşüncede de olduğu gibi; sutura palatina medianın, meydana geldiği andan itibaren zaman içerisinde çeşitli aşamalarda değişim göstererek olgunlaşmaya doğru ilerlediğini ve çeşitli müdahaleler sonucunda yapısında süregelen fizyolojik cevaplar oluştuğunu göstermektedir.

Angell (186), 1860 yılında sutura palatina medianın açılmasıyla maksillanın genişletilebileceği fikrini ortaya atmıştır. Ancak Haas (56) tarafından yürütülen çalışma ile 100 yıl sonra, bu tedavi yaklaşımı ortodontide rutin olarak kullanılmaya başlanmıştır. Klinik olarak RME'nin, büyümesi devam eden hastalar için endike olduğu ve erişkin bireylerde suturalarda füzyonun gerçekleşmesinden dolayı tedavinin başarısızlıkla sonuçlanmasının oldukça yaygın olduğu belirtilmiştir (18). Adölesan ve genç erişkin hastalarda, tedavi başarısızlığının nadir olmadığı klinik deneyimlerle de gösterilmiştir (48). Erişkinlerde sutura palatina medianın füzyonu ve sfenoid, zigomatik ve nazal kemiklerin kuvvetli desteği ile komşu yapılara bağlı olarak RME ile ilişkili birçok potansiyel güçlük olduğu ifade edilmiştir (187). Bu faktörlerden dolayı tedavinin başarısız olması; alveoler kemikte eğilme, periodontal ligamentte sıkışma, bukkal kök rezorpsiyonu, bukkal alveoler kemik perforasyonu, maksiller molar bölgede bukkal tipping ve diş eti çekilmesi, periodontal yan etkiler, mukozal ülserasyon ve nekroz ile birlikte ciddi ağrıya neden olabilir (188-193). Gill ve ark.

(194), erişkinlerde olduğu gibi sutura yapısının daha kompleks bir hal alması durumunda; SARME gibi farklı tedavi yöntemleri kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ancak bu uygulama; ameliyat sırasında kanama ve enfeksiyon oluşması, eklem ağrısı ve periodontal sorunların görülmesi ve ameliyat için hastaneye yatış gerektirmesi gibi birtakım dezavantajlara sahiptir (20).

Maksiller ekspansiyon için uygun zamanın belirlenmesi tartışma konusu olmuştur (20). Konvansiyonel RME ve SARME uygulaması arasında seçim yapmak için klinik kriter, hastanın kronolojik yaşıdır. Ancak literatürde SARME endikasyon yaşı ile ilgili herhangi bir görüş birliği bulunmamaktadır (18). Bazı yazarlar, 14 yaşından büyük hastalar için cerrahinin düşünülmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir (195). Mossaz ve ark. (196) sınırı 20 yaş olarak belirlerken, Timms ve Vero (197) ise 25 yaşından daha büyük hastalar için SARME uygulamasını önermişlerdir. Alpern ve Yurosko'ya (75) ait bir çalışmada cinsiyetler arasında farklılık bildirilerek; cerrahinin yalnızca 25 yaş üzerindeki erkek ve 20 yaş üzerindeki kadın hastalar için düşünülmesi gerektiği savunulmuştur. Ancak insanlardaki diğer kraniyal suturaların aksine sutura palatina media, yaşlılarda füzyonu gerçekleşmemiş olabilen tek suturadır (9). Bu nedenle RME ya da SARME uygulama kararının, yalnızca kronolojik yaş dikkate alınarak verilmemesi gerektiği belirtilmiştir (11, 12, 19). Farklı bireylerde suturanın morfolojisi, füzyonun başlangıç zamanı ve füzyon derecesi ile ilgili yapılan çeşitli çalışmalar (6, 17, 179, 198); füzyonun başlangıç zamanı ve ilerlemesinde geniş varyasyonlar olduğunu ortaya koymuştur. Melsen (3) tarafından yapılan çalışmada suturanın morfolojisinin, gelişimin her aşamasında değiştiği bildirilmiştir. Yaş ve iskeletsel maturasyonla birlikte morfolojide değişiklikler oluşmakta ve yoğunlukta artış meydana gelmektedir (199). Bu çalışmada Türk toplumunda sutura palatina media morfolojisi ve maturasyon aşamaları ile kronolojik yaş arasındaki ilişki değerlendirilerek ve maturasyon aşamaları ile ilgili somut veri sunabilecek parametrelerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Sutura palatina media morfolojisini incelemek ve maturasyonunu değerlendirmek amacıyla kadavra üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar (2-10), hayvan örnekleri kullanılarak yapılmış çalışmalar (5, 11-14) ve klinik uygulamalar bulunmaktadır (1, 15-26). Okluzal radyografilerde, üç boyutlu yapının iki boyutlu görüntüsü elde edildiğinden dolayı suturanın anteroposterior değerlendirmesinin

yapılması zordur. Nazal yapıların ve vomerin, midpalatal alanda süperpoze olmasına bağlı olarak; radyografinin yanlış yorumlanması ve morfolojik bulgularda eksikliklerin görülmesi olasıdır (6, 200). Bu nedenle okluzal radyografilerin, sutura palatina media morfolojisinin analizi için kullanılmasının güvenilir olmadığı belirtilmiştir (6). BT ve KIBT teknikleri, kraniofasiyal yapıların üç boyutlu ve yüksek çözünürlüklü görüntülerini sağlayabilen alternatif uygulamalardır (17, 181, 199). Korbmacher ve ark. (10), insan kadavra örneklerinde sutura palatina media maturasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında; Micro CT aracılığıyla çeşitli ölçümler gerçekleştirerek inceleme yapmışlardır. Ancak suturanın, Micro CT ile klinik olarak değerlendirilmesinin pratik bir uygulama olmadığı belirtilmiştir (201). Franchi ve ark. (16), düşük doz BT görüntülerini kullanarak RME öncesinde, sonrasında ve retansiyon dönemi sonunda Hounsfield Skalası ile sutura palatina media ve lateralinde yer alan maksiller kemik üzerinde ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Acar'a (107) ait tez çalışmasında da RME öncesi ve sonrası alınan BT görüntüleri ile sutura palatina media ve maksiller kemik üzerinde Hounsfield birimi cinsinden yoğunluk ölçümü gerçekleştirilerek; dişsel ve iskeletsel genişleme miktarı ile yoğunluk ölçümleri arasındaki korelasyon incelenmiştir. Bu araştırma, Türk toplumunda sutura palatina media ile ilgili tomografi materyali kullanılarak gerçekleştirilen ilk çalışma olma niteliğini taşımaktadır. Son 10 yılda geleneksel ortodontik tedavi planlaması için iki boyutlu görüntülemeye kıyasla sunulan tanısallık avantajların bir sonucu olarak KIBT kullanımı, klinik uygulamada artış göstermiştir (31, 202). KIBT cihazları ile tüm tarama tek bir rotasyon ile kısa bir sürede tamamlanır, hızlı tarama ile harekete bağlı artefaktların azalması sağlanır ve magnifikasyon olmadan rekonstrüksiyon gerçekleştirilir (29, 30, 82). Aynı zamanda anatomik yapıların süperpoze olması önlenerek sutura palatina medianın in vivo olarak görüntülenmesi mümkündür (203). Bu görüntüleme ile sutura palatina media maturasyonunun, kalitatif ya da kantitatif incelenmesinin geliştirilmesine olanak sağlanabilir (23). Güncel literatür incelendiğinde, sutura palatina medianın değerlendirilmesi amacıyla KIBT görüntülerinin kullanıldığı çalışmalar (1, 17-26) olduğu görülmektedir. Bu nedenle araştırmamızda da sutura palatina media yapısının, KIBT görüntüleri kullanılarak değerlendirilmesine karar verilmiştir.

KIBT aracılığıyla elde edilen görüntüler üzerinde ilgili bölgenin seçilmesine ilişkin gözlemler arasında farklılıklar olabilir ve kullanılan görüntünün kalitesi de önemlidir (20). Bu nedenle sutura palatina medianın füzyon derecesine karar verebilmek amacıyla nesnel olarak seçilen bölgeleri içeren KIBT temelli bir yöntem geliştirmek gereklidir (32). Günümüz dijital teknolojisi ile geliştirilen matematiksel görüntü analiz yöntemleri aracılığıyla, dijital görüntüleme sistemleri ile elde edilen görüntüler üzerinde kemik dansitesi ve alveoler kemik yapısına ilişkin kalitatif ve kantitatif analizler yapılabilmektedir (41, 42). Fraktal analiz, karmaşık yapıların morfolojisini incelemek için kullanılan niceliksel bir araçtır (34). İnsan kraniyal sutura biçimleriyle ilgili yapılan çalışmalar, suturanın yüksek derecede fraktal özellik gösterebileceğini belirtmektedir (33). 2016 yılında yayınlanmış olan Kwak ve ark.'nın (20) çalışması, sutura palatina medianın KIBT kullanılarak ve fraktal analiz yöntemiyle incelendiği ilk araştırma olma özelliğini taşımaktadır. Bu nedenle çalışmamızda kronolojik yaşın yanı sıra fraktal analizin, klinik uygulamada maturasyon aşamasına karar verebilecek bir kriter olarak kullanımının değerlendirilmesi amacıyla; sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB arasındaki ilişki de incelenmiştir.

Araştırmamızda yaşları 6 ile 26 arasında değişen 200'ü (%38,8) erkek ve 315'i (%61,2) kız olmak üzere toplam 515 bireye ait çeşitli teşhis (gömük kanın dışı, iskeletsel maloklüzyon vb.) ve tedavi sırasında kontrol amacıyla alınmış KIBT görüntüleri kullanılmıştır. Araştırmaya dahil edilen kız bireylerin yaş ortalaması $16,1 \pm 3,6$ yıl ve erkek bireylerin yaş ortalaması $15,7 \pm 3,7$ yıl olmak üzere tüm hastaların yaş ortalaması $16 \pm 3,6$ yıl olarak tespit edilmiştir. Araştırmamıza dahil edilen bireylerin yaş grubuna karar verilirken, konvansiyonel RME uygulamasından ziyade cerrahi destekli tedavinin önerildiği endikasyon yaşı çeşitliliği (195-197) ve genel olarak 25 yaş üzerindeki erkek ile 20 yaş üzerindeki kadın hastalar için cerrahinin düşünülmesi gerektiği literatür bilgisi (75) göz önünde bulundurularak üst sınır 26 yıl olarak belirlenmiştir. Rutin olarak, özellikle herhangi bir tanı ihtiyacı (gömük diş, kist, iskeletsel asimetri) olmayan her hastadan KIBT görüntüsü alınması imkansızdır. Buna ek olarak, radyasyona maruz kalma nedeniyle gereksiz KIBT alınması ile ilgili etik kaygılar da vardır (21). Çalışmamızın planlanma aşamasında yapmış olduğumuz güç analizi sonuçlarına göre gerekli olan minimum örneklem sayısı da göz önünde

bulundurularak, araştırmaya dahil edilen birey sayıları mümkün olduğunca yüksek tutulmaya çalışılmıştır (Bkz. Tablo 3.1). Literatürde KIBT kullanılarak sutura palatina medianın incelendiği çalışmalar (1, 17, 20-26) dikkate alındığında, bizim çalışmamız en fazla hasta sayısının dahil edildiği araştırma olma özelliğine sahiptir (Bkz. Tablo 2.2).

Çalışmamızda ilk olarak sutura palatina medianın izlendiği görüntüler elde edilmiştir. Saturanın morfolojisinin maturasyonuna ilişkin değerlendirilmesi için, KIBT görüntüleri konvansiyonel yöntemlerle incelenmiştir (1, 20). Ancak konvansiyonel yöntemler, kesit diliminin konumuna bağlı olarak yapıların farklı görünme olasılığı gibi sınırlamalara sahiptir. Eğer kesit dilimi, sutura palatina medianın ortasında olacak şekilde uygun konumlandırılmazsa, değerlendirme sırasında yanlış yorumlamalara neden olabilir (21). Angelieri ve ark.'nın (1) belirlediği beş kategoriden oluşan sutura palatina media maturasyon basamakları temel alınarak ilk aşamayı oluşturan inceleme yapılmıştır ve literatürde yer alan sutura palatina media maturasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda (17, 18, 20-26) da aynı sınıflandırma kullanılmıştır. Gözlemci içi güvenilirliğin değerlendirilmesi amacıyla rastgele seçilen 100 KIBT görüntüsü bir ay sonra tekrar incelenmiş, birinci ve ikinci gözlem arasında iyi düzeyde istatistiksel anlamlı uyum bulunmuştur ($p<0,001$) (Bkz. Tablo 4.6). Haghanifar ve ark. (24), çalışmalarında Angelieri ve ark.'na (1) ait sınıflandırmayı modifiye etmiş ve bahsedilen aşamalara ek olarak; suturanın ön segmentinin (nasopalatin forameninin önü) C maturasyon aşamasına ve posterior segmentinin D maturasyon aşamasına benzediğini belirttikleri yeni bir form izlemişlerdir. Bu yeni form, C ve D maturasyon aşamaları arasındadır ve CD maturasyon aşaması olarak isimlendirilmiştir. D maturasyon aşaması, C evresinden sonra gerçekleşmektedir ve palatal kemikte füzyon gerçekleştiğinden dolayı; Haghanifar ve ark.'nın (24) bahsettiği CD aşaması, çalışmamızda Angelieri ve ark.'nın (1) tanımladığı şekilde D maturasyon aşaması olarak kabul edilmiştir.

Sutura palatina media maturasyonunun incelenmesinde ikinci aşama olarak objektif değerlendirme imkanı sağlayan fraktal analizin, klinik olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Çalışmamızda ROI seçiminde, Kwak ve ark.'nın (20) çalışmalarında da olduğu gibi insiziv kanalın arka sınırından posterior nazal spinanın ön sınırına kadar uzanan ve FB hesaplamasını etkileyebilecek radyopak alanları

mümkün olduğu kadar dışarıda bırakan dar bir kutu oluşturulmuştur. Çeşitli araştırmalar (145, 170, 204), FB değerinin ışınlama parametrelerinden, açılma değişikliklerinden ve ROI seçiminden etkilenmediğini belirtmektedir. ROI seçiminde tam bir standardizasyon bulunmadığından dolayı, fraktal analiz ile elde edilen ölçümler arasındaki uyumun değerlendirilebilmesi amacıyla; 100 KIBT görüntüsü üzerinde bir ay sonra tekrar ROI seçimi gerçekleştirilerek fraktal analizi uygulanmıştır. Birinci ve ikinci ölçüm arasında Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı 0,690 olarak belirlenerek, iyi düzeyde istatistiksel anlamlı uyum bulunmuştur (Bkz. Tablo 4.7). ROI'ların işlenerek fraktal analize hazır hale getirilmesi, genel olarak White ve Rudolph (122) tarafından geliştirilen yöntem esas alınarak yapılmıştır. FB belirleme yöntemleri oldukça çeşitlidir ve yaygın olarak kullanılan iki temel yöntem olsa da, trabeküler kemiğin ve kemik iliği ara yüzünün sayılmasıyla trabeküler kalıbın miktarının belirlenmesi için çoğunlukla kutu sayma algoritması kullanılmaktadır (20, 125, 205). Sutura palatina medianın fraktal analiz ile incelenmesi amacıyla çalışmamızda da kutu sayma yöntemi uygulanmıştır. Ancak Geraets ve van der Stelt (35), kemik hastalıklarda fraktal analizi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarında; kullanılan yöntemle göre FB değerlerinde farklılık olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda ROI'nın belirlenmesi ile görüntü işleme yöntemine kadar gerçekleştirilen basamaklarda yapılan hataların, FB sonuçlarını etkileyebileceği de belirtilmiştir (20). Kwak ve ark. (20) da, klinik olarak kullanılabilirlik için FB değerinin hesaplanmasında daha kararlı bir yöntemin oluşturulması gerektiğini ve FB değerinin hesaplanması sırasında gerekli adım sayısının minimuma indirilmesi ile yöntemin doğruluğunun geliştirilmesine katkı sağlanabileceğini ifade etmişlerdir.

Çalışma sonuçlarımıza göre; her maturasyon aşamasında ayrı ayrı olmak üzere kız ve erkek bireyler için sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$)(Bkz. Tablo 4.11). Kız bireylerin hiçbirinde A maturasyon aşaması gözlenmezken, B maturasyon aşaması yaş ortalaması $16,2 \pm 3,3$ yıl ve C maturasyon aşaması yaş ortalaması $15,4 \pm 3,6$ yıl olarak tespit edilmiştir. Erkek bireylerde A maturasyon aşaması yaş ortalaması $12,9 \pm 1,03$ yıl, B maturasyon aşaması yaş ortalaması $15,9 \pm 3,8$ yıl ve C maturasyon aşaması yaş ortalaması $14,9 \pm 3,41$ yıl olarak belirlenmiştir. Literatürde sutura palatina media maturasyon aşamalarının kullanıldığı çalışmalar (1, 17, 21, 24-26) incelendiğinde, kız

ve erkek bireylerde evrelerin izlendiği dönemler arasında farklılık olduğu görülmektedir (Bkz. Tablo 2.1). Angelieri ve ark. (1) çalışmalarında A aşamasını, 13 yaşındaki bir çocuk hariç olmak üzere erken çocukluk döneminde 5 ile yaklaşık 11 yaşları arasında kaydetmişlerdir. B maturasyon aşamasının çoğunlukla 13 yaşına kadar sürdüğünü belirtmişler ve C aşamasının 11 ile 18 yaşları arasında gözlemlendiği rapor etmişlerdir. Ancak ilgili çalışmada iki tane 10 yaşındaki kız çocuğunda ve 3 tanesi kız olmak üzere 18 yaş üstündeki toplam 4 bireyde de C maturasyon aşaması izlenmiştir. Yaklaşık 5 yaşından neredeyse 11 yaşına kadar herhangi bir bireyde sutura palatina mediada füzyon görülmemiştir. Bizim çalışmamızda da erkek bireylerde 10 yaşındaki bir çocuk hariç olmak üzere 11 yaşından önce suturada füzyon izlenmemiştir ve bu sonuçlar, Angelieri ve ark. (1) tarafından Brezilya toplumunda gerçekleştirilen çalışma verileriyle benzerlik taşımaktadır. Brezilya toplumu ile ilgili farklı bir çalışmada (17), kız bireylerde 13,6 ve erkek bireylerde 14,6 yaşlarından önce sutura palatina mediada füzyon izlenmediğine dair sonuçlara ulaşılmıştır. Kore toplumundaki bireylerin dahil edildikleri araştırmada (21), kız bireylerde 10 ve erkek bireylerde 13 yaşından önce sutura palatina mediada füzyonun başlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. İran toplumunda 10 ile 70 yaşlarındaki 144 bireye ait KIBT verileri kullanılarak gerçekleştirilen başka bir çalışmada (24), 10-19 yaş grubundaki hastaların %53,8'inde A maturasyon aşaması tespit edilmişken; 60 yaş üzerindeki sadece bir kadın hastada A maturasyon aşaması gözlenmiştir. B maturasyon aşamasının tüm yaş gruplarında hemen hemen benzer dağılım gösterdiği belirlenmiştir. 20-29 yaş grubundaki bireylerin %31,2'sinde ve 30-39 yaş grubundaki bireylerin %34,3'ünde C maturasyon aşaması gözlenirken, diğer yaş gruplarında bu oran daha düşük bulunmuştur. Ancak 10-19 yaş grubunda yer alan bireylerden, sadece bir kadın hastada C maturasyon aşaması gözlenmiştir. Angelieri ve ark. (25), Brezilya toplumundaki yetişkin bireylerde sutura palatina media maturasyonunu incelemek amacıyla ortalama yaşları $36,4 \pm 15$ yıl olan 78 bireyde yaptıkları çalışmalarında; A maturasyon aşamasına rastlamazken, yaşları ortalama $32,5 \pm 13,2$ yıl olan 9 kişide B ve C maturasyon aşamaları görüldüğünü tespit etmişlerdir. Brezilya toplumundan oluşan 11-15 yaşları arasındaki 84 çocukta Tonello ve ark. (26) tarafından yapılan araştırmada ise; sadece 11 yaşındaki bir kız çocukta A aşaması izlenmiştir. B aşaması tüm yaş gruplarında gözlenmesine rağmen, daha çok

13 yaşına kadar olan hastalarda dağılım gösterdiği ve C aşamasının, her yaş grubunda en yaygın görülen evre olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda palatal kemikte sutura palatina mediada füzyonun gerçekleştiği D maturasyon aşaması yaş ortalaması $17,6 \pm 3,9$ yıl olan kız ve yaş ortalaması $16,6 \pm 3,6$ yıl olan erkek bireylere ait görüntülerde izlenmiştir. Kız ve erkek bireylerde sırasıyla minimum 11,2 ve 12,1 yaşlarında D aşaması görülmüştür. Maksillada da suturada füzyonun gerçekleştiği E aşaması kız bireylerde yaş ortalaması $16,2 \pm 3,4$ yıl ve erkek bireylerde yaş ortalaması $18,7 \pm 4,06$ yıl olarak izlenmiş, kız ve erkek bireylerde sırasıyla minimum 11,3 ve 10,1 yaşlarında E aşaması görülmüştür. Melsen'in (3) araştırmasının sonuçlarına göre; sutura palatina medianın transversal büyümesi kızlarda 16 ve erkeklerde 18 yaşına kadar devam etmektedir ve çalışma sonuçlarımız, bu değerleri destekler niteliktedir. Björk ve Skieller (73) ise, üst çenede oluşan büyümeyi değerlendirmek amacıyla yaptıkları implant çalışmasında; transversal ve sagittal yöndeki sutural büyümenin 17 yaşında tamamlandığını rapor etmişlerdir. Persson ve Thilander (4), sutura palatina media füzyonunu 15 ile 19 yaş aralığında gözlemlemiştir. Ancak füzyonun tamamen gerçekleşmesinin, 3. dekata kadar nadir olarak görüldüğünü ifade etmişlerdir. Schlegel ve ark. (7) çalışmalarında; 23 yaşından önce suturada füzyonun nadir olarak tamamen gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Stuart ve Wiltshire (14) da, yirmili yaşların erken dönemlerinde sutura palatina mediada tam olarak füzyonun gerçekleşmemiş olabileceğini belirtmişlerdir. Knaup ve ark. (8), suturada en erken füzyonun 21 yaşındaki bir erkekte ve en geç füzyonun 54 yaşındaki bir erkekte olduğunu rapor etmişlerdir. Korbmacher ve ark. (10) çalışmalarında, 71 yaşında sutura palatina mediada henüz füzyon belirtisi başlamamış hasta olduğunu kaydetmişlerdir. Angelieri ve ark. (1) tarafından oluşturulan sınıflandırma kullanılarak sutura palatina media füzyonun değerlendirildiği araştırmalar (17, 21, 24-26) incelendiğinde (Bkz. Tablo 2.1); Brezilya toplumunda 2013 yılında gerçekleştirilen çalışma (1) verilerine göre, 11 ile 14 yaş arasındaki bireylerden 1 kız bireyde D ve 5 kız bireyde E maturasyon aşaması belirlenmesinin yanı sıra; kız bireylerde E maturasyon aşaması 14 yıl ve üzerindeki bireylerde ve erkek bireylerde 18 yaş üzerindeki bireylerde dağılım göstermiştir. Aynı toplumda 2015 yılında yapılan diğer bir araştırmada (17) ise, kız ve erkek bireylerde sırasıyla D maturasyon aşaması yaş ortalaması $21,7 \pm 10$ ve $24,9 \pm 9,6$ yıl olarak tespit

edilirken; E maturasyon aşaması yaş ortalaması kız bireylerde $20,1 \pm 11,2$ yıl ve erkek bireylerde $32,7 \pm 11,1$ yıl olarak izlenmiştir. Kore toplumunda D maturasyon aşaması kız bireylerde 10 ile 17 yaşları arasında, erkek bireylerde 13 ile 19 yaşları arasında ve E maturasyon aşaması kız bireylerde 11 ile 18 ve erkek bireylerde 15 ile 20 yaşları arasında rapor edilmiştir (21). İran toplumunda gerçekleştirilen çalışmada (24), füzyonun başladığı D maturasyon aşamasının, sadece 40 yaş üzerindeki bireylerde izlendiği; 29 yaşından önce suturada füzyon görülmediği ve E maturasyon aşamasının, çoğunlukla 50 yaş üzerindeki bireylerde tespit edildiği iddia edilmiştir. Brezilya toplumundaki yetişkin bireyleri kapsayan araştırmada D maturasyon aşaması yaş ortalaması $32,3 \pm 14,2$ yıl ve E maturasyon aşaması yaş ortalaması $38,7 \pm 15,4$ yıl olan kişilerde tespit edilmiştir (25). Tonello ve ark. (26) ise, D maturasyon aşamasının çoğunlukla 14 ve 15 yaşlarındaki bireylerde gözlemlendiğini; E maturasyon aşamasının da 12 yaşındaki bir kız çocuk dışında 14 ve 15 yaşlarında daha yüksek dağılım gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Araştırmamızda kronolojik yaş ve maturasyon aşamaları arasındaki anlamlı farklılığın, hangi ikili gruptan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Kruskal Wallis sonrası Post-Hoc değerlendirmesi için Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi kullanılarak kız bireylerde C-D ve erkek bireylerde C-E maturasyon aşamaları arasındaki farklılık istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,0083$) (Bkz. Tablo 4.12). Literatürde sutura palatina media maturasyon aşamalarının değerlendirildiği çalışmalarda (1, 17, 21, 24-26), maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki anlamlı farklılığın hangi maturasyon aşamalarından kaynaklandığı ilk defa bizim çalışmamızda belirtilmiştir. Aynı zamanda sutura palatina media maturasyon aşaması ve kronolojik yaş arasındaki ilişki, Spearman's rho korelasyon analizi ile değerlendirildiğinde her iki cinsiyette ayrı ayrı olmak üzere ve cinsiyet gözletilmeksizin tüm bireylerde anlamlı korelasyon bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Bkz. Tablo 4.13). Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre kronolojik yaş ile sutura palatina media maturasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmasına rağmen; kronolojik yaşın, sutura maturasyonunun belirlenmesinde güvenilir olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bulgularımızı destekler şekilde; Korbmacher ve ark. (10) da sutura palatina mediada füzyon gerçekleşme zamanının ve interdijitasyon miktarının kronolojik yaştan bağımsız olduğunu rapor etmişlerdir. Bunun yanı sıra

Haghanifar ve ark. (24) çalışmalarında, yaş grupları ve sutura palatina media maturasyon aşamaları arasında yüksek oranda korelasyon bulunduğunu, her iki cinsiyette de suturada ossifikasyon derecesinin yaş ile artmakta olduğunu ve ossifikasyonun başlama zamanı ve derecesi ile morfolojisinin, farklı yaş gruplarında geniş varyasyonlar gösterdiğini belirtmişlerdir. Suturada füzyonun yaş ile birlikte arttığını; ancak füzyonun gerçekleşip gerçekleşmediğine karar verilmesinde, yaş faktörünün tek başına güvenilir bir kriter olmadığını ve her hastada KIBT kullanılarak değerlendirme yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Angelieri ve ark. (25) da cinsiyet ve kronolojik yaş değerlerinin, sutura palatina media maturasyon aşamasının tahmin edilmesinde kullanılabilecek önemli bir belirteç olmadığını rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda sutura palatina media maturasyon aşamasına göre kronolojik yaş ve cinsiyet arasındaki farklılık değerlendirildiğinde, kız ve erkek bireyler arasında sadece E maturasyon aşamasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,049$) (Bkz. Tablo 4.11). Bulgularımızla çelişir nitelikte; N'guyen ve ark. (15) araştırmalarında, sutura palatina media füzyonu ile cinsiyet arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Haghanifar ve ark. (24) da çalışmalarında, cinsiyetler arasında anlamlı ilişki bulunmadığını rapor etmişlerdir. Cinsiyet ve kronolojik yaş açısından görülen farklılıkların; çalışmaların gerçekleştirildiği toplumlar, çalışmaya dahil edilen örneklem sayısı ve yaş aralığı ile suturanın değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin değişkenliğinden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Angelieri ve ark. (17), sutura palatina mediada maturasyon aşamasını incelerken kronolojik yaşın yanı sıra servikal vertebra maturasyon aşamalarını da kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; sutura palatina media maturasyon aşaması ile servikal vertebra maturasyon aşaması arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon bulunmuştur. Servikal vertebra maturasyonu beşinci aşamada iken, suturada füzyonun kısmen ya da tamamen gerçekleştiği gösterilmektedir ki bu da suturanın D ya da E maturasyon aşamasına denk gelmektedir. Ancak postpubertal hastalarda, KIBT ile sutura palatina medianın bireysel değerlendirmesinin yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Servikal vertebra maturasyon aşamasının değerlendirilemediği durumda; kronolojik yaşın, özellikle erken aşamalar olmak üzere bazı sutura palatina media maturasyon aşamalarının tahmin edilmesinde uygulanabilir bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Jang ve ark. (21) da KIBT verileri aracılığıyla sutura

palatina media maturasyon aşaması ve kemik yaşının değerlendirilmesinde kullanılan el-bilek kemikleri ve servikal vertebra maturasyon aşamaları ile dental yaş, kronolojik yaş ve cinsiyet arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında; sutura maturasyonu ve el-bilek kemikleri ile servikal vertebra maturasyon aşamaları arasında güçlü korelasyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır. El-bilek kemiklerinin değerlendirildiği yöntem, servikal vertebra maturasyon aşamasının değerlendirildiği yöntemle nazaran daha yüksek değerler göstermiştir ve her iki cinsiyette de altıncı aşamaya kadar suturada füzyon gerçekleşmediği belirtilmiştir. El-bilek kemikleri ve servikal vertebra maturasyon aşamalarının, sutura palatina media maturasyon aşamasının değerlendirilmesinde kullanılabileceği önerilirken; diğer maturasyon indeksleri nispeten zayıf korelasyon göstermiştir. Araştırmamızda da sutura palatina media maturasyon aşamalarının; KIBT görüntüleri kullanılarak ve ortodontide sıklıkla kullanılan iskeletsel maturasyon indeksleri ile ilişkisinin değerlendirilmesi istenmiştir. Ancak her hasta için, tomografi görüntüsü ile eş zamanlı alınan el-bilek röntgenlerinin mevcut olmaması, her tomografi materyalinin servikal vertebra maturasyon aşamasının değerlendirilmesine imkan verecek şekilde vertebra görüntülerini içermemesi ve KIBT'nin rutin olarak her hastadan alınmaması ile gerekli sayıdaki materyalin temin edilememesi nedeniyle; bu değerlendirme çalışmamıza dahil edilememiştir.

Grünheid ve ark. (23), ortalama yaşları $12,9 \pm 2,1$ yıl olan RME gereksinimine sahip 30 hasta üzerinde farklı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Tedavi öncesinde alınan KIBT görüntülerini kullanarak sutura palatina media yoğunluk oranını ve maturasyon aşamasını, servikal vertebra maturasyon aşamasını ve kronolojik yaşı değerlendirmişlerdir. Hastalara uygulanan RME tedavisinin ardından tekrarlanan tomografi görüntüleri üzerinde büyük palatin foramen, nazal kavite ve infraorbital foramina alanlarında sağlanan ekspansiyon oranları belirlenerek; öncesinde öngörülen ekspansiyon miktarları arasında değerlendirme yapılmıştır. Sutura palatina media yoğunluk oranı ve büyük palatin foramen hizasında sağlanan uzun dönemli iskeletsel ekspansiyon miktarı arasında kuvvetli negatif korelasyon mevcut iken, hem nazal kavite hem de infraorbital foramina alanlarında sağlanan ekspansiyon miktarları ile suturada belirlenen yoğunluk oranı arasında negatif korelasyon bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ancak kronolojik yaş, servikal vertebra maturasyon aşaması ve sutura

palatina media maturasyon aşamaları ile tüm iskeletsel ölçümler arasında zayıf korelasyon bulunmuştur. Çalışma sonucunda kronolojik yaş, servikal vertebra maturasyonu ve sutura palatina media maturasyon aşamalarının; RME'nin iskeletsel etkilerini tahmin etmekte kullanılacak parametreler olmadığı belirtilmiştir. Bizim araştırmamızda da kronolojik yaş ve sutura palatina media maturasyon aşamaları arasında, bu çalışma bulgularıyla paralel olacak şekilde hem kız hem de erkek bireylerde anlamlı korelasyon bulunmamıştır.

Çalışmamızın ikinci aşamasında sutura palatina media maturasyonu ile fraktal analiz arasındaki ilişki Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiş ve maturasyon aşamalarının dağılımına göre FB değerlerinin değişken olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Bkz. Tablo 4.8). Hem kız hem de erkek bireylerde maturasyon aşaması ve fraktal analiz sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (sırasıyla $p<0,001$ ve $p=0,035$). Erkek bireylerde B-E ve C-E maturasyon aşamaları ve kız bireylerde B-D, B-E ve C-E maturasyon aşamaları ve FB değeri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,0083$) (Bkz. Tablo 4.9). Ancak maturasyon aşamasına göre FB değeri ve cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çalışma sonuçlarımıza göre hem kız hem erkek bireyler için, hem de cinsiyet farkı gözlemlenmesinin sutura palatina media maturasyonu ve FB değeri arasında pozitif yönlü zayıf istatistiksel anlamlı korelasyon bulunmuştur ($p<0,001$) (Bkz. Tablo 4.10). Elde ettiğimiz bu sonuçlar, Kwak ve ark.'nın (20) çalışma sonuçlarıyla çelişmektedir ki onların sonuçlarına göre; FB ve maturasyon aşaması arasında güçlü negatif korelasyon olduğu belirtilmiştir. Birbirine zıt olan bu sonuçların, ROI'ların işlenmesi sırasında kullanılan fraktal analiz yöntemindeki farklılıktan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bizim çalışmamızda da White ve Rudolph (122) tarafından geliştirilen yöntem esas alınarak kutu sayma metodu ile analiz gerçekleştirilerek ve farklı olarak Arsan'ın (167) çalışmasında da belirtildiği şekilde trabeküler kemiğin ana hatlarının ortaya çıkarıldığı "Invert" seçeneği kullanılmıştır (Bkz. Resim3.9). Düşük değerdeki FB, kemik içerisinde boşlukların daha yüksek oranda olduğunu belirtir ve kemik dokusu daha poröz bir yapıya sahiptir. Yüksek değerdeki FB; kemik mimarisinin daha karmaşık, daha yoğun ve kemik içerisindeki boşlukların daha az miktarda olduğunu göstermektedir (46, 47). Literatürdeki çalışmalar (47, 122, 123, 139), FB

değerinin artmasının, yapının karmaşıklığının artmakta olduğunu; düşük FB değerlerinin ise daha basit bir yapıyı ifade ettiğini belirtilmektedir. Melsen (3); suturanın infantil dönemde hafif dalgalı olacak şekilde oldukça düzgün olduğu, juvenil dönemde daha dalgalı ve kıvrımlı hale gelip, adölesan dönemde interdijitasyonun artışıyla daha karmaşık bir yapı şeklinde izlendiğini belirtilmiştir (Bkz. Şekil 2.3). Aynı zamanda Angelieri ve ark. (1) sutura maturasyon aşamalarını, suturanın histolojik morfolojisine kıyasla sınıflandırmışlar ve çalışmamızdaki bulguları da destekler nitelikte başlangıçta düz ve yüksek yoğunlukta görülen sutura çizgisinin; sutura olgunlaşıp interdijitasyon arttıkça düzensiz, taraklı ve yüksek yoğunlukta izlendiğini belirtmişlerdir (3, 5, 71). Bu durumda sutura palatina media maturasyonu ilerledikçe, yapı daha karmaşık bir hal aldığından dolayı; maturasyon aşamaları ile FB değerinin pozitif korelasyon göstermesi beklenen bir sonuçtur. Kang ve ark. (22) da sutura palatina media füzyonun KIBT verileri kullanılarak fraktal analiz ile değerlendirilmesinin, pubertal büyüme atılımının tahmin edilmesinde kullanılabilecek yeni bir yöntem olma olasılığını incelemişlerdir. Bizim çalışmamızda da olduğu gibi kutu sayma yöntemini kullanarak gerçekleştirdikleri araştırmalarında; ROI değerlendirilmesi için Kwak ve ark.'na (20) ait çalışmadaki benzer adımları izlemişler ve artan kronolojik yaş ile FB değerinin azaldığını, ancak iskeletsel maturasyon indeksinin pozitif korelasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Araştırmamızın son bölümünde kız ve erkek bireylerde ayrı ayrı olmak üzere FB değerinin, optimum eşik değerini tahmin etmek amacıyla ROC analizi kullanılarak; A,B ve C ile D ve E maturasyon aşamaları arasındaki sınırı ifade edebilecek ROC eğrisi oluşturulmuştur. Kız ve erkek bireylerde elde ettiğimiz sonuçlara göre, fraktal analizin sutura palatina media maturasyon aşamalarını tahmin etmekte anlamlı bir indikatör olduğu söylenebilmektedir (sırasıyla $p=0,0001$ ve $p=0,0068$).

Çalışmamızda ROC eğrisinin kesim noktası kız bireyler için 0,942 ve erkek bireyler için 0,948 olarak belirlenmiştir ve bu değerler A,B ve C ile D ve E maturasyon aşamaları arasındaki sınırı belirtmektedir. Kwak ve ark. (20) ise; 131 hasta ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında tüm bireyler için FB eşik değerini, 1,0235 olarak belirlemişlerdir. Kang ve ark.'na (22) ait çalışmada da kız ve erkek bireyler için iskeletsel maturasyon indeksi aşamalarını, pubertal büyüme atılımı öncesi ve sonrası olacak şekilde ikiye bölen sutura palatina mediaya ait FB değerini belirleyebilmek için

ROC eğrisi kullanılmıştır. Pubertal büyüme atılımının değerlendirilmesinde FB eşik değeri kız bireyler için 1,1205 ve erkek bireyler için 0,9484 olarak tespit edilmiştir. Bu farklılıkların, incelenen çalışmaların farklı ırklarda gerçekleştirilmesinden ve çalışmaya dahil edilen bireylerin sayı ve yaş grupları arasındaki değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB değerlerinin dağılımına bakıldığında (Bkz. Tablo 4.3 ve 4.5), minimum 0,925 ile maksimum 1,004 olacak şekilde dar bir aralıkta olduğu görülmektedir. Bu nedenle hasta sayısı ve yaş aralığının genişletilmesi ile gerçekleştirilecek ileri dönemdeki araştırma sonuçlarının, daha güvenilir veriler sunabileceğini düşünmekteyiz.

Isfeld ve ark. (201), sutura palatina media maturasyonunun farklı metotlar kullanılarak değerlendirildiği güncel çalışmaları (1, 10, 16, 20, 76) incelemişler ve tüm yeni metotların, histolojik referanslarla doğrulanmasına ihtiyaç duyulduğunu; bu nedenle klinisyen tarafından sutura palatina media maturasyon aşamasının doğru bir şekilde belirlenmesi amacıyla çoklu teşhis kriterlerinin kullanımının son derece önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda sutura palatina medianın morfolojisini ve ossifikasyon derecesini belirlemek için KIBT görüntülerinin kullanımının uygun olduğu düşüncesi desteklenmektedir. Aynı zamanda sutura palatina media maturasyonu ve kronolojik yaş arasında anlamlı korelasyon bulunmamasına rağmen; suturada füzyonun gerçekleştiği yaş değerlerine ve optimum FB eşik değerine ulaşılarak, klinisyene teşhis ve tedavi planlamasında rehber olabilecek somut bulgular elde edilmiştir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda 200'ü erkek ve 315'i kız olmak üzere toplam 515 bireye at KIBT görüntüleri kullanılarak, Türk toplumunda sutura palatina media maturasyonunun kronolojik yaş ile ilişkisi incelenmiştir. Aynı zamanda sutura palatina media maturasyon aşamaları, fraktal analiz yöntemi ile değerlendirilerek; bu analizin sutura maturasyonunun belirlenmesinde kullanılabilecek bir metot olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına göre;

- Her iki cinsiyette de sutura palatina media maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş arasında anlamlı korelasyon bulunmamaktadır.
- Kız ve erkek bireylerde B, C, D ve E maturasyon aşamaları ve kronolojik yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,001$). Kız bireylerde C-D ve erkek bireylerde C-E maturasyon aşamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,0083$).
- Sutura palatina media maturasyon aşamasına göre kronolojik yaş ve cinsiyet arasındaki farklılık, sadece E maturasyon aşamasında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,049$). Kız bireylerde ortalama $16,2 \pm 3,4$ yıl ve erkek bireylerde ortalama $18,7 \pm 4$ yıl iken hem maksillada hem de palatal kemikte füzyon gerçekleşmektedir.
- Her iki cinsiyette de sutura palatina media maturasyon aşamaları ve FB değeri arasında pozitif zayıf istatistiksel anlamlı korelasyon bulunmaktadır ($p<0,001$).
- Kız ve erkek bireylerde B, C, D ve E maturasyon aşamaları ve FB değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (sırasıyla $p<0,001$ ve $p=0,035$). Kız bireylerde B-D, B-E ve C-E; erkek bireylerde B-E ve C-E maturasyon aşamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,0083$).
- Sutura palatina media maturasyon aşamasına göre FB değeri ve cinsiyet arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).
- Kız ve erkek bireylerde ayrı ayrı olmak üzere FB değerinin, optimum eşik değerini tahmin etmek amacıyla ROC analizi uygulanmış ve fraktal analizin, sutura palatina media maturasyon aşamasının tahmin edilmesinde anlamlı bir indikatör olduğu sonucuna ulaşılmıştır (sırasıyla $p=0,0001$ ve $p=0,0068$). ROC eğrisinin kesim

noktası kız bireylerde 0,942 ve erkek bireylerde 0,948 olup; bu değerler A, B ve C ile D ve E maturasyon aşamaları arasındaki sınırı belirtmektedir.

Tüm bu veriler dahilinde objektif ve nicel bir yöntem olan fraktal analizinin, sutura palatina media maturasyon aşamasının belirlenmesinde kullanılabilecek bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. FB değeri ve maturasyon aşamaları arasındaki pozitif yönlü korelasyon da dikkate alınarak, optimum FB eşik değeri ile sutura palatina mediada füzyon değerlendirilebilir. Kronolojik yaş, maturasyon aşamalarının değerlendirilmesinde güvenilir bir indikatör değildir; ancak sutura palatina mediada füzyonun gerçekleştiği zaman hakkında alternatif bir bilgi sunmaktadır.

Sutura palatina media maturasyon aşamalarının; KIBT görüntüleri kullanılarak suturanın yoğunluk oranının ölçülmesi gibi kantitatif veri sunan farklı parametrelerle incelenmesi ve ortodontide teşhis ve tedavi planlaması amacıyla sıklıkla kullanılan iskeletsel maturasyon indeksleri ile ilişkisinin değerlendirilmesi daha yararlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir.

7. KAYNAKLAR

1. **Angelier F, Cevidanes LH, Franchi L, Goncalves JR, Benavides E, McNamara JA.** Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2013**; 144(5): 759-769.
2. **Melsen B.** A histological study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children. *Trans Eur Orthod Soc*, **1972**: 499-507.
3. **Melsen B.** Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod*, **1975**; 68(1): 42-54.
4. **Persson M, Thilander B.** Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod*, **1977**; 72(1): 42-52.
5. **Persson M, Magnusson BC, Thilander B.** Sutural closure in rabbit and man: a morphological and histochemical study. *J Anat*, **1978**; 125(2): 313-321.
6. **Wehrbein H, Yildizhan F.** The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur J Orthod*, **2001**; 23(2): 105-114.
7. **Kinner F, Schlegel KA, Schlegel KD.** The anatomic basis for palatal implants in orthodontics. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, **2002**; 17: 133-139.
8. **Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H.** Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. *J Orofac Orthop*, **2004**; 65(6): 467-474.
9. **N'Guyen T, Ayral X, Vacher C.** Radiographic and microscopic anatomy of the mid-palatal suture in the elderly. *Surg Radiol Anat*, **2008**; 30(1): 65-68.
10. **Korbmacher H, Schilling A, Puschel K, Amling M, Kahl-Nieke B.** Age-dependent three-dimensional microcomputed tomography analysis of the human midpalatal suture. *J Orofac Orthop*, **2007**; 68(5): 364-376.
11. **Hahn W, Fricke-Zech S, Fialka-Fricke J, Dullin C, Zapf A, Gruber R, et al.** Imaging of the midpalatal suture in a porcine model: flat-panel volume computed tomography compared with multislice computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2009**; 108(3): 443-449.
12. **Fricke-Zech S, Gruber RM, Dullin C, Zapf A, Kramer FJ, Kubein-Meesenburg D, et al.** Measurement of the midpalatal suture width. *Angle Orthod*, **2012**; 82(1): 145-150.
13. **Revelo B, Fishman LS.** Maturational evaluation of ossification of the midpalatal suture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1994**; 105(3): 288-292.
14. **Stuart DA, Wiltshire WA.** Rapid palatal expansion in the young adult: time for a paradigm shift? *J Can Dent Assoc*, **2003**; 69(6): 374-377.
15. **N'Guyen T, Gorse FC, Vacher C.** Anatomical modifications of the mid palatal suture during ageing: a radiographic study. *Surg Radiol Anat*, **2007**; 29(3): 253-259.
16. **Franchi L, Baccetti T, Lione R, Fanucci E, Cozza P.** Modifications of midpalatal sutural density induced by rapid maxillary expansion: A low-dose computed-tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2010**; 137(4): 486-488.
17. **Angelier F, Franchi L, Cevidanes LH, McNamara JA.** Diagnostic performance of skeletal maturity for the assessment of midpalatal suture maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2015**; 148(6): 1010-1016.
18. **Angelier F, Franchi L, Cevidanes LH, Bueno-Silva B, McNamara JA.** Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dental Press J Orthod*, **2016**; 21(6): 115-125.

19. **Poorsattar Bejeh Mir K, Poorsattar Bejeh Mir A, Bejeh Mir MP, Haghanifar S.** A unique functional craniofacial suture that may normally never ossify: A cone-beam computed tomography-based report of two cases. *Indian J Dent*, **2016**; 7(1): 48-50.
20. **Kwak KH, Kim SS, Kim YI, Kim YD.** Quantitative evaluation of midpalatal suture maturation via fractal analysis. *Korean J Orthod*, **2016**; 46(5): 323-330.
21. **Jang HI, Kim SC, Chae JM, KangKH, Cho JW, Chang NY, et al.** Relationship between maturation indices and morphology of the midpalatal suture obtained using cone-beam computed tomography images. *Korean J Orthod*, **2016**; 46(6): 345-355.
22. **Kang D, Kwak KH, Kim SS, Park SB, Son WS, Kim YI.** Application of fractal analysis of the midpalatal suture for estimation of pubertal growth spurts. *Oral Radiol*, **2016**: 1-5.
23. **Grünheid T, Larson CE, Larson BE.** Midpalatal suture density ratio: A novel predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2017**; 151(2): 267-276.
24. **Haghanifar S, Mahmoudi S, Foroughi R, Mir APB, Mesgarani A, Bijani A.** Assessment of midpalatal suture ossification using cone-beam computed tomography. *Electron Physician*, **2017**; 9(3): 4035-4041.
25. **Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Gonçalves J, Nieri M, Wolford LM, et al.** Cone beam computed tomography evaluation of midpalatal suture maturation in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg*, **2017**.
26. **Tonello DL, Ladewig VM, Guedes FP, Ferreira Conti ACC, Almeida-Pedrin RR, Capelloza-Filho L.** Midpalatal suture maturation in 11-to 15-year-olds: A cone-beam computed tomographic study. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, **2017**; 152(1): 42-48.
27. **Scarfe WC, Azevedo B, Toghiani S, Farman AG.** Cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Australian dental journal*, **2017**; 62(1): 33-50.
28. **Nervina JM.** Cone beam computed tomography use in orthodontics. *Australian dental journal*, **2012**; 57(1): 95-102.
29. **Farman AG, Scarfe WC.** The Basics of Maxillofacial Cone Beam Copmuted Tomography. *Seminars in Orthodontics*, **2009**; 15: 2-13.
30. **Acar B, Kamburoğlu K.** Use of computed tomography in periodontology. *World J Radiol*, **2014**; 6(5): 139-147.
31. **De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ.** Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*, **2009**; 38(6): 609-625.
32. **Tian YL, Liu F, Sun HJ, Lv P, Cao YM, Yu M, et al.** Alveolar bone thickness around maxillary central incisors of different inclination assessed with cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod*, **2015**; 45(5): 245-252.
33. **Yu JC, Wright EL, Williamson MA, Braselton III JP, Abell ML.** A fractal analysis of human cranial sutures. *Cleft Palate Craniofac J*, **2003**; 40(4): 409-415.
34. **Sánchez I, Uzcátegui G.** Fractals in dentistry. *J Dent*, **2011**; 39(4): 273-292.
35. **Geraets WG, Van der Stelt PF.** Fractal properties of bone. *Dentomaxillofac Radiol*, **2000**; 29(3): 144-153.
36. **Perrier E, Bird N, Rieu M.** Generalizing the fractal model of soil structure: the pore–solid fractal approach. *Geoderma*, **1999**; 88(3): 137-164.
37. **Llorca-Isern N, Vidal GB, Bianchi L, Jorba J, Sánchez D.** Estimation of three-dimensional connectivity of internal defects in coatings using fractal analysis. *J Therm Spray Technol*, **2001**; 10(2): 287-292.
38. **Yaşar F, Akgünlü F.** Fractal dimension and lacunarity anaysis of dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*, **2005**; 34: 261-267.

39. **Demirbas AK, Ergun S, Guneri P, Aktener BO, Boyacioglu H.** Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2008**; 106(1): 41-48.
40. **Lopes R, Betrouni N.** Fractal and multifractal analysis: a review. *Med Image Anal*, **2009**; 13(4): 634-649.
41. **Chen JI, Zheng B, Chang YH, Shaw CC, Towers JD, Gur D.** Fractal analysis of trabecular patterns in projection radiographs. An assessment. *Invest Radiol*, **1994**; 29(6): 624-629.
42. **Law AN, Bollen AM, Chen SK.** Detecting osteoporosis using dental radiographs: a comparison of four methods. *J Am Dent Assoc*, **1996**; 127(12): 1734-1742.
43. **Wilding RJC, Slabbert JCG, Kathree H, Owen CP, Crombie K, Delport P.** The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Arch Oral Biol*, **1995**; 40(1): 61-72.
44. **Lynch JA, Hawkes DJ, Buckland-Wright JC.** A robust and accurate method for calculating the fractal signature of texture in macroradiographs of osteoarthritic knees. *Med Inform (Lond)*, **1991**; 16(2): 241-251.
45. **Lundahl T, Ohley WJ, Kay SM, Siffert R.** Fractional Brownian motion: a maximum likelihood estimator and its application to image texture. *IEEE Trans Med Imaging*, **1986**; 5(3): 152-161.
46. **Sanchez-Molina D, Velazquez-Ameijide J, Quintana V, Arregui-Dalmases C, Crandall JR, Subit S, et al.** Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys*, **2013**; 35(5): 576-582.
47. **Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA.** Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **1996**; 82(5): 569-576.
48. **Bishara SE, Staley RN.** Maxillary expansion: Clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **1987**; 91(1): 3-14.
49. 04.01.2017. MedicaLook.
http://www.medicalook.com/human_anatomy/organs/Facial_bones.html 11.02.2017
50. 18.03.2017. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Palatine_process_of_maxilla 01.04.2017
51. **Ülgen M.** Ortodonti Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme ve Gelişim, Tanı. 4. Baskı, Ankara: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, **2010**.
52. **McNamara JA.** Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2000**; 117(5): 567-570.
53. **Mutaf Hİ.** Hızlı üst çene genişletmesi sırasında ve sonrasında trombosit zengin plazma uygulamasının tavşan midpalatal sütüründeki kemik oluşumu üzerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi., Doktora Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti Anabilim Dalı*, Sivas, **2014**: 120s.
54. **Moyers R.** Handbook of Orthodontics. 4th Ed., Chicago: Year Book Medical Publishers Inc, **1988**.
55. **McNamara JA, Brudon WL, Kokich VG.** Orthodontics and dentofacial orthopedics. 1st Ed., Ann Arbor: Needham Press Inc, **2001**: 97-110.
56. **Haas AJ.** Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*, **1961**; 31(2): 73-90.
57. **Haas AJ.** The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*, **1965**; 35: 200-217.

58. **Proffit WR.** The Development of Dentofacial Deformity: Influences and Etiologic Factors. In: Proffit WR, White RP, Sarver DM. Eds. Contemporary Treatment of Dentofacial Deformity St.Louis: Mosby; **2003**: 2-28.
59. **Ülgen M.** Ortodontik Tedavi Prensipleri. 7. Baskı, Ankara: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, **2010**: 104-115.
60. **Lagravere MO, Major PW, Flores-Mir C.** Skeletal and dental changes with fixed slow maxillary expansion treatment: a systematic review. *J Am Dent Assoc*, **2005**; 136(2): 194-199.
61. **Mew JR.** Relapse following maxillary expansion: a study of twenty-five consecutive cases. *Am J Orthod*, **1983**; 83(1): 56-61.
62. **İşeri H, Özsoy S.** Semirapid maxillary expansion-a study of long-term transverse effects in older adolescents and adults. *Angle Orthod*, **2004**; 74(1): 71-78.
63. **Lamparski DG, Rinchuse DJ, Close JM, Sciote JJ.** Comparison of skeletal and dental changes between 2-point and 4-point rapid palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2003**; 123(3): 321-328.
64. **Greenbaum KR, Zachrisson BU.** The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. *Am J Orthod*, **1982**; 81(1): 12-21.
65. **Chen G, Deng C, Li YP.** TGF-beta and BMP signaling in osteoblast differentiation and bone formation. *Int J Biol Sci*, **2012**; 8(2): 272-288.
66. **Bradley EW, McGee-Lawrence ME, Westendorf JJ.** Hdac-mediated control of endochondral and intramembranous ossification. *Crit Rev Eukaryot Gene Expr*, **2011**; 21(2).
67. **Estrada KD, Retting KN, Chin AM, Lyons KM.** Smad6 is essential to limit BMP signaling during cartilage development. *J Bone Miner Res*, **2011**; 26(10): 2498-2510.
68. **Beederman M, Lamplot JD, Nan G, Wang J, Liu X, Yin L, et al.** BMP signaling in mesenchymal stem cell differentiation and bone formation. *J Biomed Sci Eng*, **2013**; 6(8A): 32-52.
69. **Liu TM, Lee EH.** Transcriptional regulatory cascades in Runx2-dependent bone development. *Tissue Eng Part B Rev*, **2012**; 19(3): 254-263.
70. **Yang YQ, Tan YY, Wong R, Wenden A, Zhang LK, Rabie ABM.** The role of vascular endothelial growth factor in ossification. *Int J Oral Sci*, **2012**; 4(2): 64-68.
71. **Cohen MM.** Sutural biology and the correlates of craniosynostosis. *Am J Med Genet*, **1993**; 47(5): 581-616.
72. **Sun Z, Lee E, Herring SW.** Cranial sutures and bones: growth and fusion in relation to masticatory strain. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*, **2004**; 276(2): 150-161.
73. **Björk A, Skieller V.** Growth in width of the maxilla studied by the implant method. *Scand J Plast Reconstr Surg*, **1974**; 8(1-2): 26-33.
74. **Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA.** Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*, **2001**; 71(5): 343-350.
75. **Alpern MC, Yurosko JJ.** Rapid palatal expansion in adults: with and without surgery. *Angle Orthod*, **1987**; 57(3): 245-263.
76. **Sumer AP, Ozer M, Sumer M, Danaci M, Tokalak F, Telcioglu NT.** Ultrasonography in the evaluation of midpalatal suture in surgically assisted rapid maxillary expansion. *J Craniofac Surg*, **2012**; 23: 1375-1377.
77. **Thürmüller P, Troulis M, O'Neill MJ, Kaban LB.** Use of ultrasound to assess healing of a mandibular distraction wound. *J Oral Maxillofac Surg*, **2002**; 60(9): 1038-1044.
78. **Hughes CW, Williams RW, Bradley M, Irvine GH.** Ultrasound monitoring of distraction osteogenesis. *Br J Oral Maxillofac Surg*, **2003**; 41(4): 256-258.

79. **Kayıpmaz S, Sezgin ÖS.** Bilgisayarlı Tomografi: Prensibi, Tarihsel Gelişimi ve Diş Hekimliğindeki Uygulama Alanları. *Türkiye Klinikleri J Oral Maxillofac Radiol - Special Topics*, **2016**; 2(1): 1-8.
80. **White SC, Pharoah MJ.** The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities. *Dent Clin North Am*, **2008**; 52(4): 689-705.
81. **Scarfe WC, Farman AG.** What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am*, **2008**; 52(4): 707-730.
82. **Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P.** Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*, **2006**; 72(1): 75-80.
83. **Görgeç VA, Güler Ç, Kızılcı E.** Diş hekimliğinde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT). *İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, **2014**; 3(2): 36-40.
84. **White SC.** Cone-beam imaging in dentistry. *Health Phys*, **2008**; 95(5): 628-637.
85. **Ludlow JB, Ivanovic M.** Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2008**; 106(1): 106-114.
86. **Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB.** Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol*, **2006**; 35(4): 219-226.
87. **Orhan K.** Diş Hekimliğinde konik ışınlı komputerize tomografinin (KİKT) yeri ve önemi. *Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **2012**; 3(3): 6-17.
88. **Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA.** A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*, **1998**; 8(9): 1558-1564.
89. **Robb RA.** The dynamic spatial reconstructor: an x-ray video-fluoroscopic CT scanner for dynamic volume imaging of moving organs. *IEEE Trans Med Imaging*, **1982**; 1(1): 22-33.
90. **Arai K, Tamnisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K.** Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*, **1999**; 28: 245-248.
91. **Sukovic P.** Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res*, **2003**; 6(s1): 31-36.
92. **Danforth RA, Dus I, Mah J.** 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc*, **2003**; 31(11): 817-823.
93. **Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D.** Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2003**; 96(4): 508-513.
94. **Winter AA, Pollack AS, Frommer HH, Koenig L.** Cone beam volumetric tomography vs. medical CT scanners. *N Y State Den J*, **2004**; 71(4): 28-33.
95. **Pekiner F, Dumlu A, Borahan O.** Dişhekimliğinde yeni bir çağın başlangıcı: Dental volumetrik tomografi. *İstanbul Dişhekimleri Odası Dergisi*, **2012**: 40-43.
96. **Yiğit Özer S.** Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi'nin endodontide uygulama alanları. *GÜ Diş Hek Fak Derg*, **2010**; 27(3): 207-217.
97. **Gupta M, Mishra P, Srivastava R, Jyoti B.** Cone beam computed tomography: A new vision in dentistry. *Digital Medicine*, **2015**; 1(1): 7-16.
98. **Endo M, Tsunoo T, Nakamori N, Yoshida K.** Effect of scattered radiation on image noise in cone beam CT. *Med Phys*, **2001**; 28(4): 469-474.
99. **Howerton WB, Mora MA.** Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon? *J Am Dent Assoc*, **2008**; 139: 20-S24.

100. **Shah MA, Shah SS, Dave DH.** CBCT–A positive amelioration in periodontics. *NJIRM*, **2013**; 4(3): 144-148.
101. **Kapila SD, Nervina JM.** CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol*, **2014**; 44(1): 20140282.
102. **Kang B, Yoon S, Lee JS, Al-Rawi W, Palomo JM.** The use of cone beam computed tomography for the evaluation of pathology, developmental anomalies and traumatic injuries relevant to orthodontics. *Seminars in Orthodontics*, **2011**; 17(1): 20-33.
103. **Miracle AC, Mukherji SK.** Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *AJNR Am J Neuroradiol*, **2009**; 30(6): 1088-1095.
104. **Kaya BÜ.** Cone beam computed tomography applications in endodontics. *EÜ Diş Hek Fak Derg*, **2012**; 33(1): 21-31.
105. **Oz U, Orhan K, Abe N.** Comparison of linear and angular measurements using two-dimensional conventional methods and three-dimensional cone beam CT images reconstructed from a volumetric rendering program in vivo. *Dentomaxillofac Radiol*, **2011**; 40(8): 492-500.
106. **Cevdanes LHS, Styner MA, Proffit WR.** Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2006**; 129(5): 611-618.
107. **Acar YB.** Hızlı üst çene genişletme tedavisi uygulanan vakalarda sutural ve kemiksel yoğunluk ile hastanın kortikotomi ihtiyacı arasındaki ilişkinin bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanılarak değerlendirilmesi., Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti Anabilim Dalı*, İstanbul, **2013**: 157s.
108. **Weibel ER.** Fractal geometry: a design principle for living organisms. *Am J Physiol*, **1991**; 261(6): 361-L369.
109. **Badwell RSS.** The application of fractal dimensions to temporomandibular joint sounds. *Comput Biol Med*, **1993**; 23: 1-4.
110. **Amer ME, Heo MS, Brooks SL, Benavides E.** Anatomical variations of trabecular bone structure in intraoral radiographs using fractal and particles count analyses. *Imaging Sci Dent*, **2012**; 42(1): 5-12.
111. **Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, Hollender LG.** Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*, **2001**; 30(5): 270-275.
112. **Lynch JA, Hawkes D, Buckland-Wright JC.** Analysis of texture in macroradiographs of osteoarthritic knees, using the fractal signature. *Phys Med Biol*, **1991**; 36(6): 709-722.
113. **Buckland-Wright JC, Lynch JA, Rymer J, Fogelman I.** Fractal signature analysis of macroradiographs measures trabecular organization in lumbar vertebrae of postmenopausal women. *Calcif Tissue Int*, **1994**; 54(2): 106-112.
114. **Buckland-Wright JC, Lynch JA, Bird C.** Microfocal techniques in quantitative radiography: measurement of cancellous bone organization. *Br J Rheumatol*, **1996**; 35(3): 18-22.
115. **Mandelbrot B.** How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, **1967**; 156: 636-638.
116. **Smith TG, Lange GD, Marks WB.** Fractal methods and results in cellular morphology—dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Methods*, **1996**; 69(2): 123-136.
117. **Caserta F, Eldred WD, Fernandez E, Hausman RE, Stanford LR, Bulderev SV, et al.** Determination of fractal dimension of physiologically characterized neurons in two and three dimensions. *J Neurosci Methods*, **1995**; 56(2): 133-144.
118. **Caserta F, Stanley HE, Eldred WD, Daccord G, Hausman RE, Nittmann J.** Physical mechanisms underlying neurite outgrowth: a quantitative analysis of neuronal shape. *Phys Rev Lett*, **1990**; 64(1): 95.
119. **Mandelbrot B.** The Fractal Geometry of Nature. 1st Ed., New York: Freeman, **1983**.

120. **Russell DA, Hanson JD, Ott E.** Dimension of strange attractors. *Phys Rev Lett*, **1980**; 45(14): 1175.
121. **Ergün S, Saraçoğlu A, Güneri P, Özpınar B.** Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofac Radiol*, **2014**; 38: 281-289.
122. **White SC, Rudolph DJ.** Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **1999**; 88(5): 628-635.
123. **Oliveira ML, Pedrosa EF, Cruz AD, Haiter-Neto F, Paula FJ, Watanabe PC.** Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clin Oral Investig*, **2013**; 17(8): 1847-1853.
124. **Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, Hollender L.** Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2005**; 100(4): 467-472.
125. **Uchiyama T, Tanizawa T, Muramatsu H, Endo N, Takahashi HE, Hara T.** Three-dimensional microstructural analysis of human trabecular bone in relation to its mechanical properties. *Bone*, **1999**; 25(4): 487-491.
126. **Parkinson IH, Fazzalari NL.** Methodological principles for fractal analysis of trabecular bone. *J Microsc*, **2000**; 198(2): 134-142.
127. **Flook AG.** The use of dilation logic on the quantimet to achieve fractal dimension characterisation of textured and structured profiles. *Powder Technol*, **1978**; 21(2): 295-298.
128. **Jett S, Shrout MK, Mailhot JM, Potter BJ, Borke JL.** An evaluation of the origin of trabecular bone patterns using visual and digital image analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2004**; 98(5): 598-604.
129. **Shrout MK, Jett S, Mailhot JM, Potter BJ, Borke JL, Hildebolt CF.** Digital image analysis of cadaver mandibular trabecular bone patterns. *J Periodontol*, **2003**; 74(9): 1342-1347.
130. **Goldberger AL, West BJ.** Fractals in physiology and medicine. *Yale J Biol Med*, **1987**; 60(5): 421.
131. **Morinushi T, Kawasaki H, Masumoto Y, Shigeta K, Ogura T, Takigawa M.** Examination of the diagnostic value and estimation of the chaos phenomenon in masticatory movement using fractal dimension in patients with temporomandibular dysfunction syndrome. *J Oral Rehabil*, **1998**; 25(5): 386-394.
132. **Pothuaud L, Benhamou CL, Porion P, Lespessailles E, Harba R, Levitz P.** Fractal Dimension of Trabecular Bone Projection Texture Is Related to Three-Dimensional Microarchitecture. *J Bone Miner Res*, **2000**; 15(4): 691-699.
133. **Yaşar F, Akgünlü F.** Evaluating mandibular cortical index quantitatively. *Eur J Dent*, **2008**; 2(4): 283-290.
134. **Jolley L, Majumdar S, Kapila S.** Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*, **2006**; 35(6): 393-397.
135. **Huh KH, Baik JS, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC, et al.** Fractal analysis of mandibular trabecular bone: optimal tile sizes for the tile counting method. *Imaging Sci Dent*, **2011**; 41(2): 71-78.
136. **Ruttimann UE, Ship JA.** The use of fractal geometry to quantitate bone-structure from radiographs. *J Dent Res*, **1990**; 69: 287.
137. **Lespessailles E, Roux JP, Benhamou CL, Arlot ME, Eynard E, Harba R, et al.** Fractal analysis of bone texture on os calcis radiographs compared with trabecular microarchitecture analyzed by histomorphometry. *Calcif Tissue Int*, **1998**; 63(2): 121-125.
138. **Link T, Majumdar S, Lin JC, Augat P, Gould RG, Newitt D, et al.** Assessment of trabecular structure using high resolution CT images and texture analysis. *J Comput Assist Tomogr*, **1998**; 22(1): 15-24.

139. **Fazzalari NL, Parkinson IH.** Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *J Bone Miner Res*, **1997**; 12(4): 632-640.
140. **Zeytinoglu M, Ilhan B, Dundar N, Boyacioglu H.** Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. *Clin Oral Investig*, **2015**; 19(2): 519-524.
141. **Kraus VB, Feng S, Wang SC, White S, Ainslie M, Brett A, et al.** Trabecular morphometry by fractal signature analysis is a novel marker of osteoarthritis progression. *Arthritis Rheum*, **2009**; 60(12): 3711-3722.
142. **Sparsa L, Kolta S, Briot K, Paternotte S, Masri R, Loeuille D, et al.** Prospective assessment of bone texture parameters at the hand in rheumatoid arthritis. *Joint Bone Spine*, **2013**; 80(5): 499-502.
143. **Koca H, Ergün S, Güneri P, Boyacıoğlu H.** Evaluation of trabecular bone healing by fractal analysis and digital subtraction radiography on digitized panoramic radiographs: a preliminary study. *Oral Radiol*, **2010**; 26(1): 1-8.
144. **Benhamou CL, Lespessailles E, Jacquet G, Harba R, Jennane R, Loussot T, et al.** Fractal organization of trabecular bone images on calcaneus radiographs. *J Bone Miner Res*, **1994**; 9(12): 1909-1918.
145. **Heo MS, Park K, Lee SS, Choi SC, Koak JY, Heo SJ, et al.** Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2002**; 94(6): 763-767.
146. **Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB.** Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone: a possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **1992**; 74(1): 98-110.
147. **Önem E, Baksı G, Soğur E.** Changes in the fractal dimension, feret diameter, and lacunarity of mandibular alveolar bone during initial healing of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, **2012**; 27(5): 1009-1013.
148. **Otis LL, Hong JSH, Tuncay OC.** Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res*, **2004**; 7(3): 165-177.
149. **Tosoni GM, Lurie AG, Cowan AE, Burleson JA.** Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2006**; 102(2): 235-241.
150. **Chen SK, Chen CM.** The effects of projection geometry and trabecular texture on estimated fractal dimensions in two alveolar bone models. *Dentomaxillofac Radiol*, **1998**; 27(5): 270-274.
151. **Pornprasertsuk S, Ludlow JB, Webber RL, Tyndall DA, Yamauchi M.** Analysis of fractal dimensions of rat bones from film and digital images. *Dentomaxillofac Radiol*, **2001**; 30(3): 179-183.
152. **Ichikawa J, Hara T, Tamatsu Y, Ide Y.** Morphological changes in the internal structure of the articular eminence of the temporal bone during growth from deciduous to early mixed dentition. *J Biomech*, **2007**; 40(16): 3541-3547.
153. **Shrout MK, Potter NJ, Mailhot JM, Hildebolt CF.** Morphologic operations used to distinguish between two patient populations differing in periodontal health. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **1998**; 85(3): 334-338.
154. **Shrout MK, Hildebolt CF, Potter BJ, Comer RW.** Comparison of 5 protocols based on their abilities to use data extracted from digitized clinical radiographs to discriminate between patients with gingivitis and periodontitis. *J Periodontol*, **2000**; 71(11): 1750-1755.
155. **Shrout MK, Roberson B, Potter BJ, Mailhot JM, Hildebolt CF.** A comparison of 2 patient populations using fractal analysis. *J Periodontol*, **1998**; 69(1): 9-13.
156. **Updike SX, Nowzari H.** Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *J Periodontal Res*, **2008**; 43(6): 658-664.
157. **Cha SY, Han WJ, Kim EK.** Usefulness of fractal analysis for the diagnosis of periodontitis. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2001**; 31(1): 35-42.

158. **Caligiuri P, Giger ML, Favus M.** Multifractal radiographic analysis of osteoporosis. *Med Phys*, **1994**; 21(4): 503-508.
159. **Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC, Huh KH, Lee SP.** Direct measurement of trabecular bone anisotropy using directional fractal dimension and principal axes of inertia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2007**; 104(1): 110-116.
160. **Park HJ, Jung YH, Cho BH.** Bone changes after bilateral sagittal split osteotomy for mandibular prognathism. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2006**; 36(4): 183-188.
161. **Nair MK, Seyedain A, Webber RL, Nair UP, Piesco NP, Agarwal S, et al.** Fractal analyses of osseous healing using tuned aperture computed tomography images. *Eur Radiol*, **2001**; 11: 1510-1515.
162. **Sansare K, Singh D, Karjodkar F.** Changes in the fractal dimension on pre- and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiol*, **2012**; 28(1): 15-23.
163. **González-Martín O, Lee EA, Veltri M.** CBCT fractal dimension changes at the apex of immediate implants placed using undersized drilling. *Clin Oral Implants Res*, **2012**; 23(8): 954-957.
164. **Rothe LE, Bollen AM, Little RM, Herring SW, Chaison JB, Chen CS, et al.** Trabecular and cortical bone as risk factors for orthodontic relapse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2006**; 130(4): 476-484.
165. **Lee JM, Park H, Jeong HG, Kim KD, Park CS.** Bony change of apical lesion healing process using fractal analysis. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2005**; 35(2): 91-96.
166. **Yu YY, Chen H, Lin CH, Chen CM, Oviir T, Chen SK, et al.** Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2009**; 107(2): 283-288.
167. **Arsan B.** Temporomandibular eklem hastalarında mandibular kondilin trabeküler yapısının fraktal analiz yöntemiyle incelenmesi., Uzmanlık Tezi, *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı*, İstanbul, **2015**: 114s.
168. **Arisaka R, Matsuo A, Chiba H, Takahashi H, Takeuchi S, Watanabe M, et al.** Preliminary clinical study to evaluate the relationship between systemic bone turnover and the microstructure of the alveolar bone. *Oral Science International*, **2009**; 6(1): 27-35.
169. **Shrout MK, Potter BJ, Hildebolt CF.** The effect of image variations on fractal dimension calculations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **1997**; 84(1): 96-100.
170. **Shrout MK, Hildebolt CF, Potter BJ.** The effect of varying the region of interest on calculations of fractal index. *Dentomaxillofac Radiol*, **1997**; 26(5): 295-298.
171. **Geraets WGM, Verheij JGC, Van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al.** Selecting regions of interest on intraoral radiographs for the prediction of bone mineral density. *Dentomaxillofac Radiol*, **2014**; 37: 375-379.
172. **An BM, MSİ H, Lee SP, Lee SS, Choi SC, Park TW, et al.** Effect of exposure time and image resolution on fractal dimension. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2002**; 32(2): 75-79.
173. **Jung YH, Nah KS, Cho BH.** Change of the fractal dimension according to the decalcification degree and the exposure time in the bovine rib. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2006**; 36(2): 69-72.
174. **Kim JD, Kim JS, Lee CY.** A fractal analysis of bone phantoms from digital images. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2005**; 35(1): 33-40.
175. **Baik JS, Lee SS, Park KS, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, et al.** The effects of voltage of x-ray tube on fractal dimension and anisotropy of diagnostic images. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2007**; 37: 211-215.
176. **Lee KH, Lee SB, An CH, Heo MS, Yi WJ, Huh KH, et al.** The influence of X ray beam angulation on the fractal analysis of trabecular architecture in human dry mandible using standardized tile counting method. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, **2004**; 34: 179-183.

177. **Hausmann E.** Digital subtraction radiography: then (1983) and now (1998). *J Dent Res*, **1999**; 78(1): 7-10.
178. **Lione R, Ballanti F, Franchi L, Baccetti T, Cozza P.** Treatment and posttreatment skeletal effects of rapid maxillary expansion studied with low-dose computed tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2008**; 134(3): 389-392.
179. **Chrcanovic BR, Custódio ALN.** Orthodontic or surgically assisted rapid maxillary expansion. *Oral Maxillofac Surg*, **2009**; 13(3): 123-137.
180. **Lione R, Franchi L, Fanucci E, Lagana G, Cozza P.** Three-dimensional densitometric analysis of maxillary sutural changes induced by rapid maxillary expansion. *Dentomaxillofac Radiol*, **2013**; 42(2): 71798010.
181. **Phatouros A, Goonewardene MS.** Morphologic changes of the palate after rapid maxillary expansion: a 3-dimensional computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2008**; 134(1): 117-124.
182. **Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD.** Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2008**; 134(1): 8.e1-8.e11.
183. **Kumar SA, Gurunathan D, Muruganandham SS.** Rapid maxillary expansion: a unique treatment modality in dentistry. *J Clin Diagn Res*, **2011**; 5(4): 906-911.
184. **Romanyk DL, Liu SS, Lipsett MG, Toogood RW, Lagravere MO, Major PW, et al.** Towards a viscoelastic model for the unfused midpalatal suture: Development and validation using the midsagittal suture in New Zealand white Rabbits. *J Biomech*, **2013**; 46(10): 1618-1625.
185. **Larson CE.** Midpalatal suture density ratio as a predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion. Master Thesis, *University of Minnesota Dental Clinics*, Minneapolis, **2015**: 45s.
186. **Angell EH.** Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dent Cosmos*, **1860**; 1(10): 540-544.
187. **Baldawa RS, Bhad WA.** Stress distribution analysis during an intermaxillary dysjunction: A 3-D FEM study of an adult human skull. *Ann Maxillofac Surg*, **2011**; 1(1): 19.
188. **Carmen M, Marcella P, Giuseppe C, Roberto A.** Periodontal evaluation in patients undergoing maxillary expansion. *J Craniofac Surg*, **2000**; 11(5): 491-494.
189. **Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Kim J, Taylor G.** Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, **2007**; 132(4): 428. e421-428. e428.
190. **Kılıç N, Kiki A, Oktay H.** A comparison of dentoalveolar inclination treated by two palatal expanders. *Eur J Orthod*, **2008**; 30(1): 67-72.
191. **Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA.** Rapid maxillary expansion—tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod*, **2005**; 75(4): 548-557.
192. **Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ.** Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg*, **1994**; 10(2): 75-96.
193. **Bell WH, Epker BN.** Surgical-orthodontic expansion of the maxilla. *Am J Orthod*, **1976**; 70(5): 517-528.
194. **Gill D, Naini F, McNally M, Jones A.** The management of transverse maxillary deficiency. *Dent Update*, **2004**; 31(9): 516-523.
195. **Mommaerts MY.** Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion. *Br J Oral Maxillofac Surg*, **1999**; 37(4): 268-272.
196. **Mossaz CF, Byloff FK, Richter M.** Unilateral and bilateral corticotomies for correction of maxillary transverse discrepancies. *Eur J Orthod*, **1992**; 14(2): 110-116.

197. **Timms DJ, Vero D.** The relationship of rapid maxillary expansion to surgery with special reference to midpalatal synostosis. *Br J Oral Surg*, **1981**; 19(3): 180-196.
198. **Primožič J, Perinetti G, Richmond S, Ovsenik M.** Three-dimensional longitudinal evaluation of palatal vault changes in growing subjects. *Angle Orthod*, **2011**; 82(4): 632-636.
199. **Salgueiro DG, Rodrigues VH, Tieghi Neto V, Menezes CC, Gonçalves ES, Ferreira Júnior O.** Evaluation of opening pattern and bone neoformation at median palatal suture area in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME) through cone beam computed tomography. *J Appl Oral Sci*, **2015**; 23(4): 397-404.
200. **Acar YB, Motro M, Erverdi AN.** Hounsfield Units: A new indicator showing maxillary resistance in rapid maxillary expansion cases? *Angle Orthod*, **2014**; 85(1): 109-116.
201. **Isfeld D, Lagravere M, Leon-Salazar V, Flores-Mir C.** Novel methodologies and technologies to assess mid-palatal suture maturation: a systematic review. *Head Face Med*, **2017**; 13(1): 13.
202. **JHĭ N, Pabari S.** Cone beam computed tomography–current understanding and evidence for its orthodontic applications? *J Orthod*, **2013**; 40(1): 5-13.
203. **Liu S, Xu T, Zou W.** Effects of rapid maxillary expansion on the midpalatal suture: a systematic review. *Eur J Orthod*, **2015**; 37(6): 651-655.
204. **Webber RL, Hazelrig JB, van der Berg HR, Lemons JE.** Evaluation of site-specific differences in trabecular bone using fractal geometry. *J Dent Res*, **1991**; 70: 528.
205. **Drummond JL, Thompson MT, Super BJ.** Fracture surface examination of dental ceramics using fractal analysis. *Dent Mater*, **2005**; 21(6): 586-589.

8. EKLER

EK-1. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Onayı.

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU ONAYI
ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY CLINICAL RESEARCHES ETHICS COMMITTEE APPROVAL
Sayı : 227 2./12/2016
Konu: Kararlar

BAŞVURU BİLGİLERİ (APPLICATION INFORMATION)	ARAŞTIRMANIN ADI (TITLE OF THE PROJECT)	Türk Toplumunda Sutura Palatina Media Maturasyonunun Krolojik Yaş ile İlişkisinin CBCT Kullanılarak ve Fraktal Analiz Yöntemi ile incelenmesi.
	SORUMLU ARAŞTIRMACI (PRINCIPAL INVESTIGATOR)	Doç.Dr.Koray HALICIOĞLU
	DİĞER ARAŞTIRMACILAR (OTHER INVESTIGATORS)	Araş.Gör.Dt.Gülcan KOÇAL
	ARAŞTIRMA MERKEZİ (RESEARCH CENTER)	AİBÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı

KARAR (DECISION)	Karar no (Decision No): 2016/85	Tarih (Date):24.11.2016
	Doç.Dr.Koray HALICIOĞLU'nun sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma dosyası ve ilgili belgelerin incelenmesi sonucunda araştırmanın gerçekleştirilmesinde etik yönden sakınca olmadığına mevcudun oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

Üyeler	Uzmanlık alanı	Kurumu	İmza
Prof. Dr. Nimet KABAKUŞ (Başkan)	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD	Tıp Fakültesi	
Prof. Dr. Safiye GÜREL (Başkan Yrd.)	Radyoloji AD	Tıp Fakültesi	
Doç. Dr. Uğur ÜYETÜRK (Raportör Üye)	Üroloji AD	Tıp Fakültesi	Katılmadı
Prof. Dr. Akçahan GEPDİREMEN (Üye)	Farmakoloji AD	Tıp Fakültesi	
Doç. Dr. Hüsamettin ÇAKICI (Üye)	Ortopedi ve Travmatoloji AD	Tıp Fakültesi	İzinli
Yrd. Doç. Dr. Mervan BEKDAŞ (Üye)	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD	Tıp Fakültesi	
Yrd. Doç. Dr. Erkan KILINÇ (Üye)	Fizyoloji AD	Tıp Fakültesi	
Oya KALAYCIOĞLU (Üye)	Bioistatistik	AİBÜ	
Hatice Selen SÖYLEMEZ (Üye)	Eczacı	Özel	
Av.Huri Hülya GÜNEŞ COŞKUN (Üye)	Hukukçu	Özel Hukuk Bürosu	
Abdurrahman ÇANKALOĞLU (Üye)	Öğretmen	İ.B Halk Eğitim Merkezi	İzinli

EK-2. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Değişiklik Talebi Onayı.



**T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
Klinik Araştırmaları Yerel Etik Kurulu**

Sayı: B.30.2.ABÜ.0.05.05-050.01.04- 202
Konu: Proje çalışması hk.

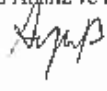
12.9/2017

Sayın Doç.Dr.Koray HALICIOĞLU
AİBÜ Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan onay alan 2016/85 no'lu "Türk Toplumunda Sutura Palatina Media Maturasyonunun Krolojik Yaş ile İlişisinin CBCT Kullanılarak ve Fraktal Analiz Yöntemi ile incelenmesi" başlıklı etik onay almış çalışmanın başlığının "Türk Toplumunda Sutura Palatina Media Maturasyonunun Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Krolojik Yaş ile İlişisinin Değerlendirilmesi ve Maturasyon Aşamalarının Fraktal Analiz Yöntemi ile İncelenmesi" olarak değiştirilmesi talebinizin etik olarak uygunluğuna oy birliğiyle karar verilmiştir.

Üyeler	Uzmanlık alanı	Kurumu	İmza
Prof. Dr. Nebil YILDIZ (Başkan)	Nöroloji AD	Tıp Fakültesi	
Prof. Dr. Safiye GÜREL (Başkan Yrd.)	Radyoloji AD	Tıp Fakültesi	
Prof. Dr. Özge UZUN (Üye)	Farmakoloji AD	Tıp Fakültesi-	
Doç. Dr. Hüsamettin ÇAKICI (Üye)	Ortopedi ve Travmatoloji AD	Tıp Fakültesi	
Yrd. Doç. Dr. Mervan BEKDAŞ (Üye)	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD	Tıp Fakültesi	
Yrd. Doç. Dr. Erkan KILINÇ (Üye)	Fizyoloji AD	Tıp Fakültesi	
Yrd. Doç. Dr. İsa YILDIZ (Üye)	Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD	Tıp Fakültesi	
Yrd. Doç. Dr. Oya KALAYCIOĞLU (Üye)	Bioistatistik	AİBÜ	
Hatice Selen SÖYLEMEZ (Üye)	Eczacı	Özel	
Av. Huri Hülya GÜNEŞ COŞKUN (Üye)	Hukukçu	Özel Hukuk Bürosu	

EK-3. İstatiksel analizlerin Dr. Arzu BAYGÜL tarafından yapıldığını gösterir belge.

T.C. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanlığı'na	05.05.2017
Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Koray HALICIOĞLU danışmanlığında yürütülmekte olan "Türk Toplumunda Sutura.Palatina Media Maturasyonunun Kronolojik Yaş ile İlişkisinin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak ve Fraktal Analiz Yöntemi ile İncelenmesi" başlıklı Arş. Gör. Dr. Gülcan KOÇAL'a ait tez çalışmasıyla ilgili istatistiksel analizler, MedStats Analiz ve Danışmanlık Şirketi bünyesinde tarafından gerçekleştirilmiştir.	
Dr. Arzu BAYGÜL Biyoistatistik Uzmanı MedStats Analiz ve Danışmanlık Şirketi 	

9. ÖZGEÇMİŞ

Gülcan Koçal 01.09.1988 tarihinde İstanbul'da doğdu. 2002 yılında Mustafa Kemal Paşa İlk Öğretim Okulu'ndan, 2006 yılında Orhan Cemal Feri soy Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde lisans eğitimine başladı ve Haziran 2011'de mezun oldu.

2011-2012 yılları arasında İstanbul'da özel bir klinikte diş hekimi olarak görev yaptı. Ocak 2014'te Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimine başladı. O tarihten itibaren aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve uzmanlık eğitimine devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir. Uzman Mühendis Ahmet KOÇAL ile evlidir.