



T. C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ortodonti Anabilim Dalı

**FARKLI İSKELETSEL DİKEY BOYUTA SAHİP
OLGULARDA MANDİBULADAKİ TRABEKÜLER
KEMİK YAPISININ PANORAMİK RADYOGRAFİ
ÜZERİNDEN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Burak Çağrı ÇİNİ

Doktora Tezi

Danışman

Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

İstanbul, 2022

**FARKLI İSKELETSEL DİKEY BOYUTA SAHİP OLGULARDA
MANDİBULADAKİ TRABEKÜLER KEMİK YAPISININ PANORAMİK
RADYOGRAFİ ÜZERİNDEN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

BURAK ÇAĞRI ÇİNİ

Ortodonti Anabilim Dalı

Doktora Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2022

“Burak Çağrı ÇİNİ” tarafından hazırlanmış ve 14.12.2022 tarihinde sunulmuş “FARKLI İSKELETSEL DİKEY BOYUTA SAHİP OLGULARDA MANDİBULADAKİ TRABEKÜLER KEMİK YAPISININ PANORAMİK RADYOGRAFİ ÜZERİNDEN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez Ortodonti Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN Ortodonti Anabilim Dalı
Yeditepe Üniversitesi

Prof. Dr. Korkmaz SAYINSU Ortodonti Anabilim Dalı
Altınbaş Üniversitesi

Prof. Dr. Sabri İlhan RAMOĞLU Ortodonti Anabilim Dalı
Altınbaş Üniversitesi

Prof. Dr. Buğra ÖZEN Pedodonti Anabilim Dalı
İstanbul Sağlık ve
Teknoloji Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Şelale Özel Ağız, Diş ve Çene
Radyolojisi Anabilim Dalı
Altınbaş Üniversitesi

Bu tezin Doktora tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Tezin Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne teslim tarihi: ____/____/____

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Burak Çağrı ÇİNİ

İmzası

X

TEŞEKKÜR

Öğrencisi olduğum süre boyunca her zaman bana inanan ve destek olan, değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Danışman Hocam Doç. Dr. Seden Akan Bayhan’a,

Doktora eğitimim sırasında öğrencileri olmaktan gurur ve mutluluk duyduğum, değerli bilgileriyle bize ışık olan hocalarım Sayın Prof. Dr. Korkmaz Sayınsu, Prof. Dr. Toros Alcan, Prof. Dr. Sabri İlhan Ramoğlu ve Dr. Öğr. Üyesi Pelin Acar Ulutaş’a,

Doktora vasıtasıyla iyi ki tanışmışım dediğim, her zaman bana olgunlukla yol gösteren sevgili abim, dostum Gökhan Atay’a,

Yardımlarını esirgemeyen ve yanımda olmalarından mutluluk duyduğum Ezgi Dilara Barlas ve İlayda Çelik’e,

Birlikte zaman zaman zorluklar çeksek de bolca güldüğümüz, bir sürü anı biriktirdiğimiz, bütün bölüm arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca her zaman arkamda olan, sevgi ve emekleriyle beni büyüten sevgili aileme,

TEŞEKKÜR EDERİM.

ÖZET

FARKLI İSKELETSEL DİKEY BOYUTA SAHİP OLGULARDA MANDİBULADAKİ TRABEKÜLER KEMİK YAPISININ PANORAMİK RADYOGRAFİ ÜZERİNDEN FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÇİNİ, Burak Çağrı

Doktora Programı, Ortodonti Anabilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Doç. Dr. Seden AKAN BAYHAN

Tarih: Aralık/2022

Sayfa sayısı: 80

AMAÇ: Farklı iskeletsel dikey boyuta sahip bireylerde fraktal analiz yöntemi ile, diş hekimliği pratiğinde yaygın olarak kullanılan panoramik radyografiler üzerinden ilgili bölgelerin trabeküler kemik yapılarındaki farklılıkların tespit edilmesi ve bu metodun iskeletsel dikey boyut tahmininde kullanılması hedeflenmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEM: Çalışmada Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi veri tabanında bulunan hastaların panoramik ve sefalometrik radyografileri kullanılmıştır. 120 hasta sefalometrik analiz sonucunda azalmış dikey boyut ($FMA < 20^\circ$), normal dikey boyut ($FMA = 25^\circ \pm 5^\circ$) ve artmış dikey boyut ($FMA > 30^\circ$) olmak üzere 3 eşit gruba ayrılmıştır. Panoramik radyografiler üzerinde 7 ayrı bölgeye [sağ kondil (K-SA), sol kondil (K-SO), sağ gonial bölge (GO-SA), sol gonial bölge (GO-SO), sağ antegonial çentik bölgesi (AN-SA), sol antegonial çentik bölgesi (AN-SO), simfiz (SİM)] ImageJ programı ile fraktal analiz uygulanmış ve toplam 840 fraktal boyut değeri elde edilmiştir. Her bölge için ölçülen fraktal boyut değerleri, gruplar arası karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR: Normal dikey boyut grubunun AN-SO ölçümlerinin, azalmış dikey boyut ($p=0,001$) ve artmış dikey boyut ($p=0,001$) gruplarından düşük olması anlamlı bulunmuştur

($p<0,01$). Normal dikey boyut grubunun SİM ölçümlerinin, artmış dikey boyut($p=0,045$) grubunun ölçümlerinden yüksek olması anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Azalmış dikey boyut grubunun K-SO ölçümlerinin, artmış dikey boyut grubundan yüksek olması anlamlı bulunmuştur ($p=0,029$; $p<0,05$). K-SO fraktal boyut değerleri, artmış dikey boyut grubu ($1,07\pm0,1$) <normal dikey boyut grubu ($1,13\pm0,12$) <azalmış dikey boyut grubu ($1,14\pm0,12$) olarak ölçülmüştür. Diğer bölgeler için ölçülen fraktal boyut değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

SONUÇ: Kondil bölgesinde elde edilen bulgular daha tutarlıdır. Panoramik radyograflar üzerinden kondil bölgesinin fraktal analizi, bireylerin iskeletsel dikey boyutunun tespit edilebilmesi için diğer bölgelere göre daha doğru sonuçlar verebileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Fraktal Analiz, İskeletsel Dikey Boyut, Björk, Panoramik Radyografi

ABSTRACT

EVALUATION OF THE TRABECULAR BONE STRUCTURE IN THE MANDIBLE IN PATIENTS WITH DIFFERENT SKELETAL VERTICAL DIMENSIONS BY FRACTAL ANALYSIS METHOD ON PANORAMIC RADIOGRAPHY

ÇİNİ, Burak Çağrı

PhD, Department of Orthodontics, Altınbaş University

Supervisor: Assoc.Prof Seden AKAN BAYHAN

Date: December /2022

Pages: 80

AIM: It is aimed to determine the differences in trabecular bone structures of the relevant regions through the fractal analysis method on panoramic radiographs, which are widely used in dentistry practice in individuals with different skeletal vertical dimensions, and to use this method in estimating the skeletal vertical dimension.

MATERIALS AND METHOD: In the study, panoramic and cephalometric radiographs of the patients in the database of Altınbaş University Faculty of Dentistry Oral, Dental and Maxillofacial Radiology were used. As a result of cephalometric analysis, 120 patients were divided into 3 equal groups as Decreased Vertical Dimension ($FMA < 20^\circ$), Normal Vertical Dimension ($FMA = 25^\circ \pm 5^\circ$) and Increased Vertical Dimension ($FMA > 30^\circ$). Fractal analysis (FA) was applied to 7 different regions [right condyle (C-SA), left condyle (K-SO), right gonial region (GO-SA), left gonial region (GO-SO), right antegonial notch region (AN-SA), left antegonial notch region (AN-SO), symphysis (SIM)] on panoramic radiography with ImageJ program and a total of 840 fractal dimension values were obtained. Fractal dimension values measured for each region were compared between groups and evaluated statistically.

RESULTS: It was significant that the AN-SO measurements of the normal vertical dimension group were lower than the decreased vertical dimension ($p=0,001$) and increased vertical dimension ($p=0,001$) groups ($p<0,01$). It was found that the SIM measurements of the normal vertical dimension group were higher than the measurements of the increased vertical dimension group ($p=0,045$) ($p<0,05$). It was found that the K-SO measurements of the decreased vertical dimension group were higher than the increased vertical dimension group ($p=0.029$; $p<0.05$). K-SO fractal dimension values were measured as increased vertical dimension group ($1,07\pm0,1$) < normal vertical dimension group ($1,13\pm0,12$) < decreased vertical dimension group ($1,14\pm0,12$). The fractal dimension values measured for other regions do not show a statistically significant difference ($p>0,05$).

CONCLUSION: Findings in the condylar region are more consistent. It can be said that fractal analysis of the condyle region on panoramic radiographs can give more accurate results than other regions in order to determine the skeletal vertical dimension of individuals.

Keywords: Fractal Analysis, Skeletal Vertical Dimension, Bjork, Panoramic Radiography

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
TABLO LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 BÜYÜME VE GELİŞİM KAVRAMLARI.....	3
2.2 BÜYÜME VE GELİŞİMİN EVRELERİ	3
2.2.1 Prenatal Büyüme	3
2.2.2 Postnatal Büyüme.....	3
2.3 KEMİK DOKUSU	4
2.3.1 Kemik Dokusunun Yapısı	5
2.3.2 Kemğin Büyümesi.....	5
2.4 KRANİYOFASİYAL YAPILARIN BÜYÜME VE GELİŞİMİ.....	6
2.4.1 Kafa Kubbesinin Büyüme ve Gelişimi.....	6
2.4.2 Kafa Kaidesinin Büyüme ve Gelişimi.....	6
2.4.3 Nazomaksiller Kompleksin Büyüme ve Gelişimi	7
2.4.4 Mandibulanın Büyüme ve Gelişimi	8
2.4.5 Mandibula Büyüme Rotasyonları.....	10
2.5 VERTİKAL MALOKLÜZYONLAR.....	12
2.5.1 Vertikal Maloklüzyonların Sefalometrik Analizi.....	13
2.6 PANORAMİK RADYOGRAFİLER.....	14
2.7 FRAKTAL ANALİZ	16

2.7.1	Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan yöntemler:.....	19
2.7.2	Fraktal Analizin Kullanım Alanları.....	23
2.7.3	Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz	25
2.7.4	Ortodontide Fraktal Analiz.....	26
3.	GEREÇ VE YÖNTEM.....	28
3.1	RADYOGRAFİLERİN ELDE EDİLMESİ.....	28
3.2	ÇALIŞMA GRUBUNA DAHİL EDİLEN RADYOGRAFİLERDEKİ KRİTERLER	28
3.3	ÇALIŞMA GRUPLARININ BELİRLENMESİ.....	29
3.4	FRAKTAL ANALİZ	29
3.5	İSTATİSTİKSEL ANALİZ	33
4.	BULGULAR.....	34
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	36
	REFERANSLAR.....	48
	EK 1: ETİK KURUL ONAY BELGESİ.....	71

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Gruplara Göre Ölçümlerin Değerlendirilmesi	34
---	----



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Scammon eğrisi (Ülgen, 2006)	4
Şekil 2.2: (A) Fetal mandibula. Mental foremen işaretlenmiştir. (B) Şematik çizim. SF: mental simfizis ile mental foramenler arasındaki mesafe; FR: mandibulanın arka sınırı ile mental foramen arasındaki mesafe; SM: mental simfizis; MF: mental foramen; R: mandibular ramusun arka sınırındaki en arka noktadan geçen dikey çizgi (Balcioglu ve diğerleri, 2011)	8
Şekil 2.3: Von Koch eğri setinin sıralı yapısı. (A) Başlatıcı, eşkenar uzunluğu r_0 kabul edilen eşkenar üçgendir. (B) Yapının ilk adımı ($z=1$). (C) Yapının ikinci adımı ($z=2$). (D) Yapının üçüncü adımı ($z=3$). B ve C çizimlerin altında verilen detay çizimleri, Von Koch ön fraktallarının yineleyici üreten elemanlarını temsil etmektedir (Ristanović ve Milošević, 2012).....	17
Şekil 2.4: Fraktal boyut, ölçülen şeklin/objenin karmaşıklık derecesini belirlemektedir. Bu şekilde sıradan şekiller ile fraktal formları görülmektedir. (A) Düz bir çizgi ve Von Koch eğrisi, (B) bir üçgen ve Sierpinski üçgenidir (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).....	19
Şekil 2.5: (A) Richardson yöntemi. (B) Kutu sayma (box counting) yöntemi. (C) Dilatasyon (piksel genişletme) yöntemi. (D) Hacim ölçümüne göre fraktal boyut tespiti. (Flook, 1978)	21
Şekil 2.6: Fraktal boyut belirlemek için kutu sayma yöntemi. İncelenmekte olan şekil bir çizgidir (sınır çizgisi, arayüz, kıyı şeridi, 2B formun çevresi, vb.). Farklı boyutlarda (S) kutucuklar kullanılarak çizginin uzunluğu ölçülmektedir. Ölçüm, çizgiyi kaplamak için gereken (N) kutucuk sayısı sayılarak yapılmaktadır. Tabi ki, N değeri seçilen boyut S'ye bağlı olmaktadır. Fraktal boyut, bir fonksiyon olarak N'nin logaritmasının bir grafiğinin eğiminden elde edilmektedir (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).	22
Şekil 3.1: Panoramik radyografi üzerinde ROI seçimi a. Sağ kondil (50x50 piksel) b. Sol kondil (50x50 piksel) c. Sağ gonial bölge (100x100 piksel) d. Sol gonial bölge (100x100 piksel) e. Sağ antegonial çentik bölgesi (40x40 piksel) f. Sol antegonial çentik bölgesi (40x40 piksel) g. Simfiz(150x80 piksel)	30
Şekil 3.2: Fraktal boyut analizi işlem basamakları a. Duplike edilen görüntü b. Gaussian Filtresi ile bulanıklaştırma c. Subtraction ile orijinal görüntüden bulanıklaştırılan görüntünün çıkarılması d. Threshold ile siyah-beyaz görüntüye çevirme e. Erode ve Dilate ile gürültü azaltılması ve belirginleştirilmesi f. Invert ile renklerin tersine çevrilmesi g. Skeletonize ile iskeletsel görüntü.....	32
Şekil 3.3: Görüntünün farklı boyutlarda kutulara bölünmesi	32
Şekil 3.4: Grafikte görünen doğrunun eğimi 'Fraktal Boyut Değeri'dir ve sağ üst köşede "D" ile gösterilmiştir.....	33

KISALTMALAR

ark.	:	Arkadaşları
%	:	Yüzde
FH	:	Franfurt Horizontal
FMA	:	Frankfurt Horizontal-Mandibular Düzlem Açısı
SN-GoGn	:	Sella-Nasion-Gonion-Gnathion düzlem açısı
KIBT	:	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
ROI	:	Region of Interest (ilgili alan)
Po	:	Porion Noktası
K-SA	:	Sağ Kondil Bölgesi
K-SO	:	Sol Kondil Bölgesi
GO-SA	:	Sağ Gonial Bölge
GO-SO	:	Sol Gonial Bölge
AN-SA	:	Sağ Antegonial Çentik Bölgesi
AN-SO	:	Sol Antegonial Çentik Bölgesi
SİM	:	Simfiz Bölgesi
B.Ç.Ç.	:	Burak Çağrı Çini

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kafa kaidesinin çeşitli büyüme paternleri sonucunda farklı dikey boyuta sahip yüzler gözlenmektedir. Ortodontide bu olgular sefalometrik analiz ile değerlendirildikten sonra normal dikey boyut, azalmış dikey boyut ve artmış dikey boyut olarak sınıflandırılmakta ve tedavi planlamasında dikey boyut da bir kriter olarak değerlendirilmektedir. Günümüze kadar dikey boyutun tespitinde birçok dişsel ve iskeletsel radyografik yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde daha sıklıkla açısal ve oransal ölçümlerden yararlanılmaktadır (Nanda, 1988).

İskeletsel dikey boyuttaki farklılıklar esas olarak kondiler büyüme yönüne bağlı olarak mandibulanın rotasyonu ile ilişkilidir. Mandibulanın arkaya aşırı rotasyonu artmış dikey boyuta, öne aşırı rotasyonu azalmış dikey boyuta sebep olur. Björk (A. Björk, 1969) büyüme rotasyon tahmini için sefalometrik radyografiler üzerinden 7 yapısal kriter sunmuştur; kondil başı eğimi, mandibular kanal kurvatürü, mandibula alt kenarının şekli, simfiz eğimi, keserler arası açı, premolarlar ve molarlar arası açı, alt ön yüz yüksekliği. Mandibulanın anterior rotasyonunda kondil öne doğru açılanır, mandibular kanal kurvatürü açısı azalır, mandibula alt kenarında kortikal kemik kalınlığı ve antegonial çentik derinliği azalır, simfiz şekli geniş ve kısadır, keserler arası açı artmıştır ve ön yüz yüksekliği azalmıştır. Mandibulanın posterior rotasyonunda ise kondil geriye doğru açılanır, mandibular kanal kurvatürü açısı artar, mandibula alt kenarında kortikal kemik kalınlığı ve antegonial çentik derinliği artar, simfiz şekli dar ve uzundur, keserler arası açı azalmış ve ön yüz yüksekliği artmıştır (A. Björk, 1969). Björk'ün ortaya attığı bu yapısal kriterlerde özellikle kondil, simfiz, mandibula alt kenarı ve antegonial çentik bölgesinde anatomik kemik farklılıklarından bahsedilmektedir. Biçimsel yönden tarif edilen bu farklılıkların trabeküler kemik yapı açısından değişkenlik gösterip göstermediğini inceleyen bir çalışma literatürde bulunmamaktadır.

Son yıllarda diş hekimliği ve tıp alanında fraktal analiz yönteminin kullanımı artmıştır. Fraktal analiz, integral boyut ile ifade edilemeyen kompleks yapı ve şekillerin niceliksel olarak tanımlanmasını mümkün kılan matematiksel bir metottur. Sayısal olarak fraktal boyut ile ifade edilmektedir (Güleç ve diğerleri, 2018). Radyografiler üzerinden tespit edilen fraktal boyutun trabeküler kemik yoğunluğundaki değişimleri ve kemikteki mineral kaybını

yansıttığı belirtilmektedir (Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, 2001) (Demirbaş ve diğerleri, 2008) (Oliveira ve diğerleri, 2013a). Literatürde fraktal analizi, çeşitli radyolojik görüntüleme tekniklerinden elde edilen filmler üzerinde uygulayan bir çok çalışma vardır (Gaalaas ve diğerleri, 2014) (Cesur ve diğerleri, 2020) (Kwak ve diğerleri, 2016) (Akbulut ve diğerleri, 2020).

Farklı iskeletsel dikey boyuta sahip bireylerde Björk'ün (A. Björk, 1969) tarif ettiği yapısal kriterlerin, trabeküler kemik yapısı ile ilişkisi bilinmemektedir. Farklı iskeletsel dikey boyuta sahip bireylerde fraktal analiz yöntemi ile, diş hekimliği pratiğinde yaygın olarak kullanılan panoramik radyografiler üzerinden ilgili bölgelerin trabeküler kemik yapılarındaki farklılıkların tespit edilmesi ve bu metodun iskeletsel dikey boyut tahmininde kullanılması hedeflenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 BÜYÜME VE GELİŞİM KAVRAMLARI

Büyüme ve gelişim kavramları bugüne kadar yazarlar tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır (Enlow ve Hans, 1996). Bunun nedeni büyüme ve gelişimin birbiriyle ilişkili olmaları ancak eş anlamlı olmamalarıdır. Büyüme ile vücut ve vücudu oluşturan organlarda hacimsel artış meydana gelir. Bu büyüme esnasında organların vücuda göre veya organların çeşitli kısımlarının kendi aralarında oranları değişir, farklılaşır. Bu da gelişim olarak tanımlanır (Oflaz ve Görgülü, 2017). İnsan hayatı boyunca büyüme ve gelişim bir denge halinde ilerler. Hacimce artış devam ederken, bununla birlikte yapının kendi içinde oransal farklılaşması da gerçekleşir (L. W. Graber ve diğerleri, 2017).

2.2 BÜYÜME VE GELİŞİMİN EVRELERİ

Büyüme ve gelişim yaşam boyu her dönemde farklı hızlarda gerçekleşmektedir (Ülgen, 2006). Büyümede oluşan aksaklıkla meydana gelen ve ortodontik anomalinin ortaya çıkmasına neden olan malformasyonlar ve deformasyonlar, normale ulaşamaması ile sonuçlanır (Gürsoy, 1972). Bundan dolayı, diş hekimi ve ortodontistin sağlıklı büyüme ve oluşabilecek malformasyonları saptayabilmek için sadece diş dizilimine değil bütün kraniyofasiyal komplekse hakim olması ve yüz büyümesini hastaya fayda sağlayacak şekilde yönlendirebilmesi gerekmektedir (Proffit ve diğerleri, 2013).

2.2.1 Prenatal Büyüme

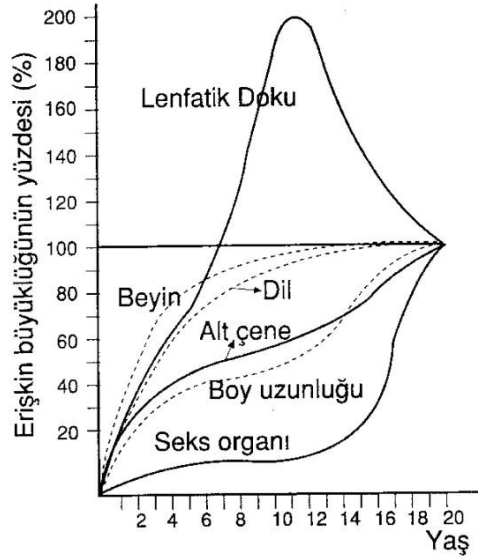
Doğuma kadarki dönemi kapsar. 38 hafta boyunca devam eden bu büyüme ve gelişim döneminde, gerçekleşen olayların çoğu kafatasına aittir (Premkumar, 2011).

Prenatal gelişimin 3. ayında kafanın büyüklüğünün vücuda oranı $\frac{1}{2}$ 'dir. Kollar ve bacaklar kısa olup gövde yeterince gelişmemiş ve kafatası yüz ile karşılaştırıldığında oldukça büyüktür (Proffit ve diğerleri, 2013).

2.2.2 Postnatal Büyüme

Doğum sonrası dönemi kapsar. Bu süreçte her yapı farklı dönemlerde farklı hızlarda büyüme ve gelişim gösterir. Postnatal dönemi basitçe açıklayan Scammon eğrisinde (Şekil 2.1) nöral

doku, lenfoid doku, genital organlar ve genel büyüme incelenir ve bu eğriye göre en hızlı büyüme lenfoid doku ve beyindedir (Wright ve diğerleri, 1931).



Şekil 2.1: Scammon eğrisi (Ülgen, 2006)

Baş ve yüzdeki büyüme ve gelişim de dönem dönem farklılık göstermektedir. Kafatasının büyümesi ağırlıklı olarak prenatal dönemde meydana gelirken, yüz yapılarının büyüme gelişimi postnatal dönemde hızlanır (L. W. Graber ve diğerleri, 2017).

Büyüme ve gelişimin normal seyrinde gerçekleşmesi için sağlıklı bir genetik ile çevresel faktörlerin de etkisi vardır. Postnatal dönemde beslenme, ilaçlar, enfeksiyon, fonksiyon, hormonal faktörler gibi çevresel etmenler büyüme gelişimi etkileyebilir. Bu faktörlerden herhangi birinde aksama gerçekleşmesi halinde normalden sapma dolayısıyla malformasyonlar gelişebilir (Kliegman ve diğerleri, 2007) (Lifshitz, 2007).

2.3 KEMİK DOKUSU

İskelet sisteminin parçası olan kemik dokusu, hücre etrafında sert tabakası ve sıvı içeriği ile mekanik ve fizyolojik olarak çokça göreve sahiptir (Bayliss ve diğerleri, 2012). İskeletsel postürü koruyarak iç organlara destek ve koruma sağlamaktadır. Vücudun kalsiyum, bikarbonat, fosfat ve amino asit rezervuarıdır. Hormonal sekresyon yaparak metabolik aktivitede rol almakta, hematopoetik sistemin beslenmesini sağlamaktadır (İnsal ve Pişkin, 2017) (Ott, 2018).

2.3.1 Kemik Dokusunun Yapısı

Kemik dokusu organik, inorganik ve su içeriklerinden oluşmaktadır. Organik kısmın büyük çoğunluğu (%90-95 arası) Tip 1 kolajendir. Glikoproteinler, glikozaminoglikan, sitokinler, büyüme faktörleri ise diğer organik komponentlerdir (Buckwalter ve diğerleri, 1995)(Hadjidakis ve Androulakis, 2006) (Kini ve Nandeesh, 2012). İnorganik kısım hidroksiapatitlerden oluşmaktadır. Hidroksiapatitlere ek olarak sodyum, magnezyum, potasyon ve florür bulunmaktadır. Kemik dokusunun ana hücreleri osteositler, osteoblastlar ve osteoklastlardır (Buckwalter ve diğerleri, 1995) (Clarke, 2008) (Kini ve Nandeesh, 2012) (Ott, 2018).

Kendi içinde trabeküler kemik ve kortikal kemik olmak üzere 2 bölüme ayrılmaktadır. Kortikal kemik kütlece dokunun %80'inini, trabeküler kemik ise %20'sini oluşturmaktadır. Trabeküler kemiğin yüzeyinin hacmine oranı kortikal kemiğe oranla daha fazladır. Hastalıklar ve yaşlanma ile kemik korteksinin porozitesi artar ve bu nedenle yüzey alanı artmış olsa da kemiğin destekleyici gücü azalmaktadır. Trabeküler boşluklarda kemik iliği ve yağ dokusu mevcuttur. Gelen yükler trabeküler kemik üzerinden kortikale iletilmektedir. İleriğindeki yağ dokusu ve boşluklu yapısı şok absorpsiyonu sağlamaktadır (Ott, 2018).

Trabeküler kemik anizotropik olarak dansitesi düşüktür, kalsiyum miktarı kortikale oranla azdır ve su içeriği fazladır (Tony M Keaveny ve diğerleri, 2001). Bu özellikleri sayesinde trabeküler kemiğin yeniden yapılanma süreçlerinde kortikale oranla daha aktif olduğu düşünülmektedir ve mineralizasyonu da daha azdır. Kemiğin yeniden yapılanması incelendiğinde trabeküler kemikte %26 oranında yapım ve yıkım olayları gözlenirken kortikal kemikte bu değer sadece %3'tür (Oftadeh ve diğerleri, 2015). Trabeküler kemiğin boşluklu yapısı yüzey oranının artmasını sağlayarak damarlara ve kemik iliğine geniş bir alan oluşturmaktadır. Bu sebeple yapım ve yıkım hızı yüksektir (Parfitt, 2002).

2.3.2 Kemiğin Büyümesi

Genetik etkenler büyük oranda (%80) etkili olsa da çevresel etkiler de (%20) kemik büyümesinde rol oynamaktadır. Mineralizasyon, kütleli büyüme çevresel etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir ve normalden sapmalar nedeni ile kemikte kırık riski artabilmektedir (Guéguen ve diğerleri, 1995).

Kemik büyümesi süreci modeling ve remodeling safhalarından meydana gelmektedir. Tüm yaşam süresince biyomekanik ve fizyolojik etkenler karşısında kemiğin şekil değiştirmesi modeling olarak adlandırılmaktadır (Clarke, 2008) (Kini ve Nandeesh, 2012). Kemikteki hasarlı kısımların uzaklaştırılarak yeni kemik dokusunun üretilmesi döngüsü ise remodeling olarak adlandırılmaktadır ve bu yapım-yıkım dengesinin devamlılığı kemik şekillenmesinde, büyümesinde etkin mekanizmadır (Raisz, 1999). Remodeling sürecindeki dengenin sağlanması osteoklast ve osteoblast hücrelerinin aktiviteleri ile mümkündür. Büyüme hormonları, paratiroid hormon, kalsitonin, tiroit uyarıcı hormon, cinsiyet hormonları ve prolaktin osteoklastik ve osteoblastik hücrelerin aktivitesini dengeleyen hormonlardır. Diğer çevresel, yerel faktörler ve sitokinler de bu süreçte uyarıcı olarak görev almaktadır (Hadjidakis ve Androulakis, 2006) (Leibbrandt ve Penninger, 2008).

2.4 KRANIYOFASİYAL YAPILARIN BÜYÜME VE GELİŞİMİ

Kraniyofasiyal kompleks; beynin yukarı ve dış tarafını kaplayan kafa kubbesi, beynin aşağısındaki kafa kaidesi, nazomaksiller kompleks ve alt çene olmak üzere 4'e ayrılır. Bu yapılar büyüme gelişim döneminde farklı hızlarda ve hacimlerde büyürler. Kranioyofasiyal yapılarda büyümenin anlaşılması, anormal büyüme gelişimi dolayısıyla da anomalileri ve malformasyonları daha net saptamamızı sağlar (Proffit ve diğerleri, 2013).

2.4.1 Kafa Kubbesinin Büyüme ve Gelişimi

Kafa kubbesi beyni ve kafa kaidesini üstten örten kemiksel bir yapıdır. Kafa kubbesini oluşturan kemikler; frontal, parietal kemikler, oksipital ve temporal kemiğin skuamaları ve sfenoid kemiğin büyük kanadıdır (Gürsoy, 1972).

Zarsal kemikleşme ile postnatal dönemde fontonellerin yerini almış sagittal, parietal, koronal, temporal ve oksipital suturalar büyümeyi sağlar. Bu adaptif büyüme beynin büyümesine eşlik eder (Samir E. Bishara, 2001).

2.4.2 Kafa Kaidesinin Büyüme ve Gelişimi

Etmoid, sfenoid, oksipital ve frontal kemikler kafa kaidesini oluştururlar (Samir E. Bishara, 2001). Bu kemikler ilk önce kıkırdakken endokondral kemikleşme ile kemikleşmeye başlar (Proffit ve diğerleri, 2013). Önemli büyüme alanları olan kıkırdak yapıdaki sinkondrozisler

kemik yapımı esnasında merkezde kalırlar ve hacmi artan beyne uyum sağlayarak kafa kaidesinin uzamasını sağlarlar (Samir E. Bishara, 2001) (Proffit ve diğerleri, 2013).

Büyüme alanları olan sfeno-okspital sinkondrozis, intersfenoidal sinkondrozis ve sfenoid ve sfeno-ethmoidal sinkondrozis kafa kaidesinin büyüme gelişimini sağlayarak hem maksillanın hem de mandibulanın büyümesini dolayısıyla yüzü oluşturan yapıları etkiler (Anderson ve Popovich, 1983) (Hoyte, 1991) (Rosenberg ve diğerleri, 1997) (Proffit ve diğerleri, 2013).

Sinkondrozisler doğumdan belli bir süre sonra kemikleşir. Kafa kaidesinin büyüme gelişiminde en büyük rolü 12-16 yaşında kemikleşen sfeno-okspital sinkondrozis sağlar (Gürsoy, 1972).

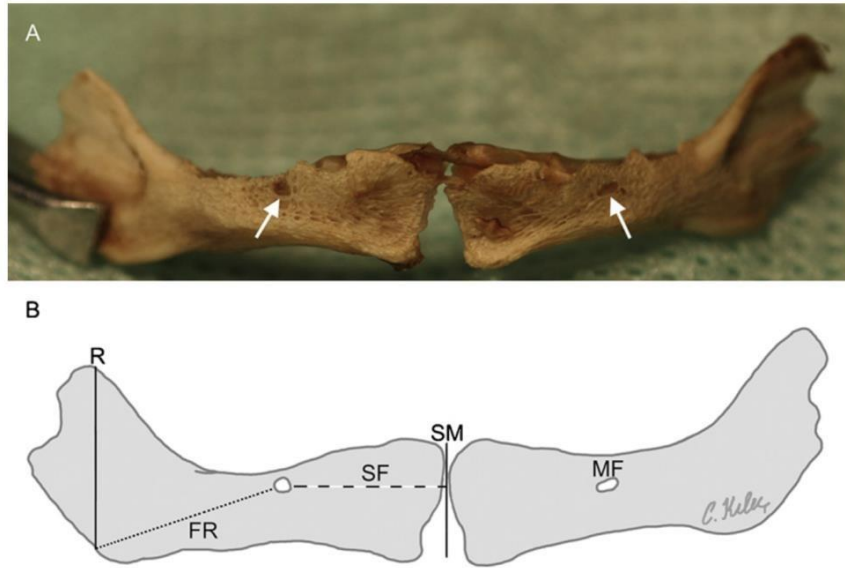
2.4.3 Nazomaksiller Kompleksin Büyüme ve Gelişimi

Nazal yapı ve üst çeneden oluşan nazomaksiller kompleks; nasal septum, vomer, etmoid kemik, pterigo-palatin suture, zygomatico-maksillar suture, fronto-maksiller suture ve palatomaksillar sutürler aracılığıyla aşağı ve öne doğru büyür (Gürsoy, 1972) (Samir E. Bishara, 2001). Suturalar veya yüzey yeniden şekillenmesi ile aşağı ve öne doğru gerçekleşen bu yer değiştirmenin düz bir çizgi üzerinde değil, büyüme gelişim sırasında farklı zamanlarda yatay ve dikey olarak gerçekleşebileceği ortaya konmuştur (Bjork, 1966). Aynı zamanda yüzey yeniden şekillenmesi ile hacimsel artışlar uzayın bütün yönlerinde gerçekleşir (Gürsoy, 1972).

Enlow ve Bang (Enlow ve Bang, 1965), üst çenede yüzey yeniden şekillenmesinin yıkım ve yapım ile gerçekleştiğini bildirmiş ve öne aşağı doğru büyümenin üst çenede ön yüzeyde yıkım, arka yüzeylerde yapım ile gerçekleştiğini açıklamışlardır. Tüber bölgesinde gerçekleşen geriye doğru büyüme maksillanın ileriye doğru yer değiştirmesinde rol oynar. Ayrıca bu büyüme dental ark için gerekli alanı da sağlar. Nasal bölge ve sinüste gerçekleşen yıkım ile alveolar kemikte gerçekleşen yapım üst çenenin aşağıya doğru büyümesine katkıda bulunur (Enlow ve Bang, 1965) (Bjork, 1966) (Enlow ve Hans, 1996).

2.4.4 Mandibulanın Büyüme ve Gelişimi

Mandibula anne karnında ve doğumdan 1 yaşına kadar geçen sürede sağ ve sol olmak üzere 2 parça halindedir (Şekil 2.2) (Balcioglu ve diğerleri, 2011). Bu iki kemik birbirine kırkırdak doku ile bağlı olup doğumdan sonra 4. aydan 1 yaşına kadar geçen sürede simfiz bölgesinde birleşirler ve tek bir kemik haline gelirler (Gürsoy, 1972).



Şekil 1.2: (A) Fetal mandibula. Mental foramen işaretlenmiştir. (B) Şematik çizim. SF: mental simfiz ile mental foramenler arasındaki mesafe; FR: mandibulanın arka sınırı ile mental foramen arasındaki mesafe; SM: mental simfiz; MF: mental foramen; R: mandibular ramusun arka sınırındaki en arka noktadan geçen dikey çizgi (Balcioglu ve diğerleri, 2011)

Mandibula tıpkı nazomaksiller komplekste olduğu gibi aşağı ve öne doğru büyür. Ramus, mandibula gövdesi, alveolar yapı ve kondilde gerçekleşen büyüme ve gelişim, nazomaksiller kompleks ve dentisyon gelişimiyle uyum içinde devam eder. Böylece oklüzyon ortaya çıkar ve çiğneme fonksiyonunun gerçekleşmesine katkıda bulunur (Smartt ve diğerleri, 2005).

Mandibula gövdesinin ön kısmının labial yüzeyinde depozisyon olurken, lingual yüzeyinde ise rezorpsiyon gerçekleşir. Bu sayede mandibula gövdesinin uzaması sağlanırken, süt dentisyona da yeterli alan oluşmuş olur (Kurihara, 1980). Yine gövdenin ön alt kenarında

depozisyonlar olurken, gövdenin gonial bölgesine doğru gittikçe artacak şekilde rezorpsiyonlar gerçekleşir. Bu kemik yapım ve yıkım miktarları, mandibula morfolojisine göre farklılık göstermektedir (Ülgen, 2006).

Alt çene kondili, bütün mandibulanın aşağıya yer değiştirmesine ters olarak yukarı doğru büyür. Sagital planda bu büyüme, yüzün dikey büyüme modeline göre öne veya geriye doğru olabilir (P. H. Buschang ve Santos-Pinto, 1998) (Peter H. Buschang ve diğerleri, 1999). Dişlerin sürmesi ile dikey yönde gerçekleşen alt çene hareketi, kondillerde uyumlu büyüme ile kompanse edilir (Samir E. Bishara, 2001).

Ramus bölgesinde gerçekleşen büyüme üst dentisyon ile oluşan kapanışı sağlamaya ve alt arkın konumunu belirlemeye katkı sağlar (Enlow ve Hans, 1996). Ramusun ön bölgesinde yıkım olurken, arka bölgede ise yapım gerçekleşir. Bu büyüme ile ramus arkaya doğru yer değiştirir ve molar dişlere yer sağlanmış olur (Samir E. Bishara, 2001). Gonial bölgede gerçekleşen büyüme yukarı ve geri yönlüdür. Yukarı yönlü büyümeyle karşılaştırıldığında, geriye büyüme iki kat fazladır (Enlow ve Harris, 1964) (Peter H. Buschang ve Gandini, 2002). Koronoid çıkıntı ise bukkalinde yıkım, lingualinde ise yapım gerçekleşecek şekilde Enlow'un V prensibine uygun olarak büyür (Enlow ve Hans, 1996).

Ramus büyümesi en yüksek seviyelere 5-6 yaşlarında ulaşır ve daha çok ön arka yönde uzunluğu artar. Daimî molar dişlerin sürmesine denk gelen bu büyüme artışı, dikey olarak dentisyona eşlik eder. Mandibula gövdesinin de büyümesiyle mandibula arkaya yer değiştirir ve mandibular açı daralır (Enlow ve Hans, 1996) (Kurihara, 1980). Gövde 10-12 yaşlarında dikdörtgen şeklini almaya başlar. Mental foramen de nihai konumuna yerleşmiştir (Moss, 1960) (Gray ve Clemente, 1985). Ergenlikte büyüme atılımı ile birlikte mandibula hacminde ve kondiler yükseklikte önemli bir artış görülür (Arne Björk, 1963) (Azaz ve Lustmann, 1973).

Doğumdan itibaren zamanla mandibula gövdesinde görülen hacim artışı trabeküler kalınlaşma ve trabeküler aralanmanın düşüşü ile ilgilidir. Buna rağmen trabekül sayısında bir farklılık gözlenmemektedir. Kondilde trabekül sayısında azalma ve trabeküler aralanmanın artışı nedeniyle yaş ilerledikçe hacimsel değişiklikler pek görülmez. Kemik mineralizasyonu değerlendirildiğinde yaş ilerledikçe trabeküler elementlerde yükseliş

mevcuttur. Bu artış trabekül merkezinde yüzeyine göre daha fazladır (Watson ve diğerleri, 2018).

2.4.5 Mandibula Büyüme Rotasyonları

Yüzün vertikal gelişiminde, mandibulanın yaptığı rotasyonlar önemli rol oynar. Çenelerin merkezinde oluşan internal ve yüzeyel değişimlerden kaynaklı eksternal rotasyonların kombinasyonu sonucu total rotasyon ortaya çıkar. Lakin yüzeyel değişimler ve dentisyonun kamuflajı nedeniyle bu rotasyonları tespit etmek zor olmuştur (Proffit ve diğerleri, 2013).

Literatürde ilk defa Björk (Arne Björk, 1963) metalik implantlar kullanarak çene rotasyonlarını doğru şekilde tespit etmiş ve iki büyüme modeli ortaya koymuştur.

- i. Anterior (İleri yönlü) rotasyon: Alt çenenin saat yönünün tersine hareket ettiği modeldir. Aynı zamanda yatay büyüme modeli olarak da isimlendirilir.
- ii. Posterior (Geri yönlü) rotasyon: Alt çenenin saat yönünde hareket ettiği modeldir. Aynı zamanda dikey büyüme modeli olarak da isimlendirilir.

Björk ve Skieller (Arne Björk ve Skieller, 1983), mandibula rotasyonunun kompleks bir hareket olduğunu ve anterior veya posterior rotasyonun birbirinden bağımsız iki yapının hareket kombinasyonu sonucu ortaya çıktığı bildirmişlerdir. Bu iki yapı, mandibula gövdesi ve matriks olarak isimlendirilen kemiği çevreleyen yumuşak dokudur. Matriks rotasyon; mandibula alt kenarının ön kafa kaidesine göre rotasyonu olarak kabul edilirken, intramatriks rotasyon; korpusun kendi yumuşak dokusu içinde yaptığı rotasyondur. İntramatriks, mandibula korpusu ile mandibula alt kenar teğeti arasındaki farktır. Bu rotasyonların kombinasyonu yani korpusun ön kafa kaidesine göre yaptığı rotasyon ise total rotasyon olarak adlandırılır (Özgen ve diğerleri, 1992).

Büyüme sırasında anterior rotasyonda mandibulanın alt kenarı ön kafa kaidesine doğru paralele yakın şekilde hareket eder. Simfizinin alt ön kenarında yapım, ramusun ön kısmında yıkım, koronoid çıkıntıda uzama, ramus posteriorunda yapım ve angulusta yıkım gözlenir (Özgen ve diğerleri, 1992).

Björk (A. Björk, 1969) anterior rotasyon için 3 tip , posterior rotasyon için 2 tip bildirmiştir:

Anterior rotasyon:

Tip 1: Rotasyon eksenini kondillerdedir. Diş çekimleri veya kuvvetli kas hiperaktivitesi sonucunda gözlenir.

Tip 2: Rotasyon eksenini kesici dişlerdir. Normal büyüme gelişime sahip bireylerde gözlenen alt çene yer değiştirmesidir. Kondil büyüme yönü anteriora doğrudur.

Tip 3: Rotasyon eksenini premolar dişlerdir. Kondil büyüme yönü önemli derecede anteriora doğrudur. Alt ön yüz yüksekliği azalmış ve iskeletsel derin kapanış mevcuttur.

Posterior rotasyon:

Tip 1: Rotasyon eksenini kondillerdedir. Ön ısırma düzlemi veya ona benzer çalışan bir aparey ile gerçekleşir.

Tip 2: Rotasyon eksenini arktaki son molar dişlerdir. Kondil büyümesi arkaya doğru olur ve buna bağlı olarak mandibula anteriora hareket eder. Gonial bölgeye bağlı kas grupları rotasyon eksenini etrafında alt çeneyi posterior rotasyona zorlar. Alt ön yüz yüksekliği artmıştır. Bu tip rotasyon sonucu her zaman açık kapanış oluşmaz. Dentoalveolar kompanzasyon miktarına bağlıdır.

Björk büyüme rotasyon tahmini için sefalometrik radyografiler üzerinden 7 yapısal kriter sunmuştur; kondil başı eğimi, mandibular kanal kurvatürü, mandibula alt kenarının şekli, simfiz eğimi, keserler arası açı, premolarlar ve molarlar arası açı, alt ön yüz yüksekliği. Mandibulanın anterior rotasyonunda kondil öne doğru açılır, mandibular kanal kurvatürü açısı azalır, mandibula alt kenarında kortikal kemik kalınlığı incedir ve antegonial çentik derinliği azalır, simfiz şekli geniş ve kısadır, keserler arası açı artmıştır ve ön yüz yüksekliği azalmıştır. Mandibulanın posterior rotasyonunda ise kondil geriye doğru açılır, mandibular kanal kurvatürü açısı artar, mandibula alt kenarında kortikal kemik kalınlığı ve antegonial çentik derinliği artar, simfiz şekli dar ve uzundur, keserler arası açı azalmış ve ön yüz yüksekliği artmıştır (A. Björk, 1969).

Posterior rotasyon büyüme modeline sahip bireylerden, normal ve anterior rotasyon büyüme modeline sahip bireylere gidildikçe simfiz dikey boyutunda azalma ve yatay boyutlarında artış bildirilmiştir (Haskell, 1979). Yine benzer bir çalışmada özellikle erkeklerde; alt çene büyüme modeliyle, simfizin dikey boyut - yatay boyut oranının birbiriyle ilişkide olduğu ortaya konmuştur (Aki ve diğerleri, 1994). Tang ve ark. Sınıf II ve Sınıf III olgularda simfiz

şeklinde farklılık gözlendiğini ama simfiz şeklinin daha çok dikey boyuttan etkilendiğini bildirmişlerdir. (Tang ve diğerleri, 2010)

2.5 VERTİKAL MALOKLÜZYONLAR

Hiperdiverjan ve hipodiverjan tanımları ilk olarak Schudy tarafından literatüre kazandırılmıştır (F. Schudy, 1964). Vertikal maloklüzyonlar azalmış dikey boyut, normal dikey boyut ve artmış dikey boyut olarak sınıflandırılırlar. Vertikal olarak sınıflandırılan olgularda sagittal maloklüzyonların bütün kombinasyonlarına rastlanılabilir (Sassouni, 1969) (Mizoguchi ve diğerleri, 2013).

Derin kapanışın nedeni olarak; merkezi kondil, alt keser dişler veya premolar dişler olan mandibulanın ileri rotasyonu öne sürülmüş, ek olarak glenoid fossanın vertikal konumuna bağlı olduğu düşünülmüştür. Açık kapanış ise rotasyon merkezinin kondilde veya azı dişlerinde olan mandibulanın geri rotasyonu ile ilişkilidir (A. Björk, 1969). Mandibular büyüme yönü, vertikal maloklüzyonların teşhisi için oldukça önemlidir.

Göymen ve Güleç (Göymen ve Güleç, 2017) panoramik radyografiler üzerinden yaptıkları çalışma sonucunda; vertikal maloklüzyon tipinin kondil başının çevresinde, yüksekliğinde, genişliğinde ve yüzeyinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Young park ve ark. (Park ve diğerleri, 2015) ise farklı vertikal maloklüzyona sahip hastaların tomografileri üzerinden kondil konumunu ve morfolojisini incelemişlerdir. Kondil başı boyutu, artmış dikey boyuta sahip hastalarda daha küçük ve daha yuvarlak olurken azalmış dikey boyut olgularında kondil başının daha oval olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada derin kapanışı olan vakalarda kondil başında düzleşme eğilimi olduğunu, açık kapanış olgularının ise seyrek etkilendiğini bildirmişlerdir (Ari-Demirkaya ve diğerleri, 2004).

Vertikal maloklüzyonların oluşmasında ön ve arka yüz gelişimleri de önemlidir. Ön ve arka yüz gelişim farklılıkları alt çene rotasyonunu ve çene ucunun pozisyonunu etkileyerek vertikal maloklüzyonlara katkıda bulunabilirler. Temporomandibular fossa ve kondilin vertikal yönde büyümesi arka yüz yüksekliği gelişimi ile ilişkilidir. Kondil ve fossadaki dik yön büyümesi dentoalveolar büyümeden fazla olursa alt çene öne doğru, tam tersi durumda ise geriye doğru rotasyon yapar (R. J. Isaacson ve diğerleri, 1977). Ön yüzün vertikal

gelişimi daha komplekstir. Dişlerin sürmesi ile gerçekleşen dentoalveolar gelişim ve sütünal büyümeyle ilgili olarak üst çenenin aşağıya hareketi gibi iskeletsel değişikliklerle birlikte, yumuşak dokular da ön yüz gelişiminde etkilidir (Houston, 1988). Isaacson ve ark., üst çene sütünal ve alveolar gelişimin kondiler dik yön gelişimi ile eşit olduğu durumlarda alt çenede rotasyon oluşmayacağını bildirmişlerdir. Eğer üst çene sütünal ve alveolar gelişim kondillerdeki dik yön gelişiminden fazla ise alt çene geriye rotasyon, tam tersi durumda ise ileriye rotasyon yapacaktır (J. R. Isaacson ve diğerleri, 1971).

Ramusta ve arka kafa kaidesinde gerçekleşen dik yönde aşırı gelişim ve üst çenenin arka kısmındaki dik yön gelişim eksikliği alt çenede ileri rotasyona; orta yüzün dik yönde aşırı gelişimi ve arka kafa kaidesinde dik yön gelişim eksikliği alt çenede geriye rotasyona sebep olabileceği belirtilmiştir (Sassouni, 1969).

2.5.1 Vertikal Maloklüzyonların Sefalometrik Analizi

Lateral sefalometri, dikey iskeletsel problemlerin değerlendirilmesini kolay ve doğru bir süreç haline getirir. Downs (Downs, 1948) 1948'de referans düzlem olarak Frankfurt horizontal düzlemini (FH) kullanarak, Y eksenini (SGn-FH) ve Frankfurt mandibular düzlem açısı (FMA) ölçümleriyle mandibular paterni değerlendirmiştir. Steiner (Steiner, 1953), referans düzlem olarak ön kraniyal kaideyi (SN) kullanarak dikey büyüme modelini değerlendirmek için Sella-Nasion-Mandibular düzlem açısını (SN-MP) kullanmıştır. Palatal düzlemi (PP) kullanan Schwartz (Schwarz, 1961), dikey boyutta çeneler arası ilişkiyi değerlendirmek için maksiller/mandibular düzlem açısını (PP-MP) önermiştir. Ek olarak bir bireyin yüz dikey büyümesini değerlendirmek için Jarabak oranı ($SGo/NMe \times 100$) ve yüz yükseklik oranını ($LAFH/TAFH$) içeren parametreler de kullanılmaktadır. (Horn, 1992)

Yaygın olarak kullanılan açısal analizler: Sella-Nasion-Gonion-Gnathion düzlem açısı (SN-GoGn), Sella-Nasion-Gonion-Menton düzlem açısı (SN-MP), Frankfurt-mandibular düzlem açısı (FMA), maksiller /mandibular düzlem açısı (PP-MP) ve Y eksenini (SGn-FH)'dir (Downs, 1948) (Steiner, 1953) (Schwarz, 1961) (Ricketts, 1957). Ayrıca dikey büyüme paternini belirlemek için Jarabak oranı ($SGo/NMe \times 100$) ve yüz yükseklik oranı ($LAFH/TAFH$) da kullanılır (Horn, 1992). SN-GoGn ve FMA, dikey büyüme modelini değerlendirmede güvenilir göstergeler olarak bildirilmiştir (Akçam ve Novruzov, 2011) (Ahmed ve diğerleri, 2016).

Mandibulanın geriye rotasyon yaptığı durumlarda, vertikal ölçümler etkilenir ve mandibular düzlem açısının (SN-MP) arttığı bildirilmiştir (Nahoum, 1975) (Cangialosi, 1984) (Siriwat ve Jarabak, 1985). Artmış mandibular düzlem açısının yüzün dikey yönde büyüme tahmininde tek başına yeterli olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Baumrind ve diğerleri, 1984) (Skieller ve diğerleri, 1984) (Dung ve Smith, 1988).

Artmış gonial açının (Ar-Go-Me) alt çenenin geriye rotasyonunu, azalmış gonial açının ise alt çenenin ileriye rotasyonunu gösterdiği dolayısıyla iskeletsel açık kapanış ve iskeletsel derin kapanış hakkında bilgi verebileceği belirtilmiştir (Nahoum, 1971) (Nahoum, 1975) (Cangialosi, 1984).

Maksiller/mandibular düzlem açısını (PP-MP) değerlendiren bazı çalışmalarda bu ölçümün iskeletsel açık ve derin kapanışın tespitinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Cangialosi, 1984) (Edward Ellis ve McNamara, 1984). Nahoum (Nahoum, 1971) ise iskeletsel açık kapanışa sahip vakalarda bu ölçümün normal kapanışlı vakalarla aynı olduğunu bulmuştur.

Jarabak oranı (SGo/NMe x100) yüzün dik yön değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Arka yüz yüksekliğinin ön yüz yüksekliğine bölünmesiyle elde edilen bu oran alt çene rotasyonu ile ilişkilidir. Mandibular düzlem açısı (SN-MP) ile ön yüz yüksekliği arasında korelasyon bildirilmiştir (Beek ve diğerleri, 1991). İskeletsel açık kapanışa sahip olguların değerlendirildiği bir çalışmada; total ön yüz yüksekliği, FH ve SN-GoGn açılarının arttığı bildirilmiştir (Hapak, 1964).

Sefalometrik filmler üzerinde bazı sefalometrik noktaların tespitinde zorlanılabilir ve dolayısıyla yaygın olarak kullanılan ölçümlerde sapmalar oluşabilir. Gnathion (Gn) noktası sagittal maloklüzyona göre değişebilir (Paranhos ve diğerleri, 2014). FH düzlemini oluşturan Porion (Po) ve Orbita (Or) noktalarının belirlenmesi zor olduğundan, FMA'nın daha az güvenilir olduğu düşünülebilir (Jacobson, 1995). Yapılan bir araştırmada, etnik farklılıklardan dolayı normların her ırk için geçerli olamayacağı, referans olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Shaikh ve Alvi, 2009) (H.R. ve Rashna H., 2013).

2.6 PANORAMİK RADYOGRAFİLER

Literatürde pantomografi, rotasyonel radyografi, ortopantomografi olarak da adlandırılmış olan panoramik radyografi alt ve üst çene arklarını, çene eklemi, yüzdeki çeneyi

destekleyen yapıları tek bir grafide görmemizi sağlayan radyografik yöntemdir (Goaz ve White, 1987). Bu teknik sayesinde dişler ve çevre dokulardaki patolojiler, çürükler, fizyolojik durum birlikte incelenebilmektedir (Lucchesi ve diğerleri, 1988). Diş hekimliğinde kullanımı ise yüzyılı aşkın süredir devam etmektedir (Numata, 1933) (Yrjö V Paatero, 1949) (Yrjö V Paatero, 1961). Teknolojinin gelişmesi ile bu teknikte de dijitalleşme başlamıştır. Panoramik radyografilerin ortodontide de kullanımı oldukça yaygındır. Bu radyografiler ortodontide teşhis ve planlamada, gömük diş tespitinde, TME değerlendirmesinde, dişlerin sürme ve gelişiminin takibinde, yüzdeki asimetrielerin, kondillerin incelenmesinde, lezyon tespitinde ve travma değerlendirmesinde kullanılabilmektedir (Sarısoy ve Güngör, 2001).

Sistemin çalışma prensibi ise hastanın başı sabit dururken x-ışını tüpü ile film taşıyıcının eş zamanlı olarak hastanın başının etrafında rotasyonel şekilde dönmesidir. Film taşıyıcı ile x-ışını tüpü, rotasyon merkezi olarak adlandırılan aksın etrafında dönmektedir. Cihazın markasına bağlı olarak rotasyon merkezi değişkenlik gösterebilmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan panoramik radyografi cihazları rotograf (tek rotasyon merkezli), panorex (iki rotasyon merkezli), ortopantomograf (üç rotasyon merkezli) ve GE-Panelips gibi devamlı rotasyon merkezli olabilmektedir (T. M. Graber, 1967).

Tek rotasyon merkezli olan panoramik radyografilerde distorsiyonlar daha çok kanin ve küçük azı dişlerin olduğu bölgelerde meydana gelmektedir. İki rotasyon merkezli olan cihazlarda ise sağ ve sol büyük azı dişlerde iki adet rotasyon aksı bulunmaktadır. Cihaz bir tarafta rotasyon yaparken karşı tarafın görüntüsü alınmaktadır. Bu dönme esnasında rotasyon merkezi değişirken kısa süreli bir durma olmaktadır ve bu durmaya bağlı olarak da görüntünün orta kısmında boş bir alan görülebilmektedir (T. M. Graber, 1967). Üç rotasyon merkezi bulunan cihazlarda ise kaset kavilidir. Burada hasta yine sabittir ancak kaset ile ışık kaynağı ters yönde dönmektedir. İlk iki yönteme göre görüntü daha nettir. Günümüzde kullanılan çoğu cihaz ise çok rotasyon merkezlidir. Işık kaynağı eliptik bir yol kat ederek dental ark şeklini takip etmektedir (Yrjö V Paatero, 1961).

Panoramik radyografilerin avantajları ise hasta için kolay olması, kısa sürede uygulanması, radyasyon dozunun düşük olması, görüntüleme alanının genişliği sayesinde çevre yapılarıdaki olası patolojilerin görülmesi, çenenin iki tarafının da aynı anda değerlendirilmesine imkan vermesi, kret yüksekliğinin tayinini olası kılması olarak

sıralanabilmektedir (Ahlqwist ve diğerleri, 1986) (Akesson ve diğerleri, 1989) (Angulo, 1987) (Lund ve Manson-Hing, 1975) (Wical ve Swoope, 1974). Dezavantajları ise ağız içi radyografilere oranla detaylı değildir, distorsiyonlar, magnifikasyonlar, süperpozisyonlar olasıdır, ağız içi radyografilere göre cihazları daha pahalıdır (T. M. Graber, 1967).

2.7 FRAKTAL ANALİZ

Kökenini Latince 'deki fractus (parçalanmak, kırılmak) kelimesinden alan fraktal terimi; benzersiz, lineer olarak devam etmeyen, yapısal farklılıklar gösteren şekillerin ebatlarının değerlendirilmesinde ve ölçülmesinde kullanılan fraktal analizin temel yapı taşıdır (Lopes ve Betrouni, 2009). Mandelbrot tarafından 1967 yılında ilk defa tanımlanan fraktal boyutu hesaplamak için birçok matematiksel yaklaşım tasarlanmıştır (B. Mandelbrot, 1967).

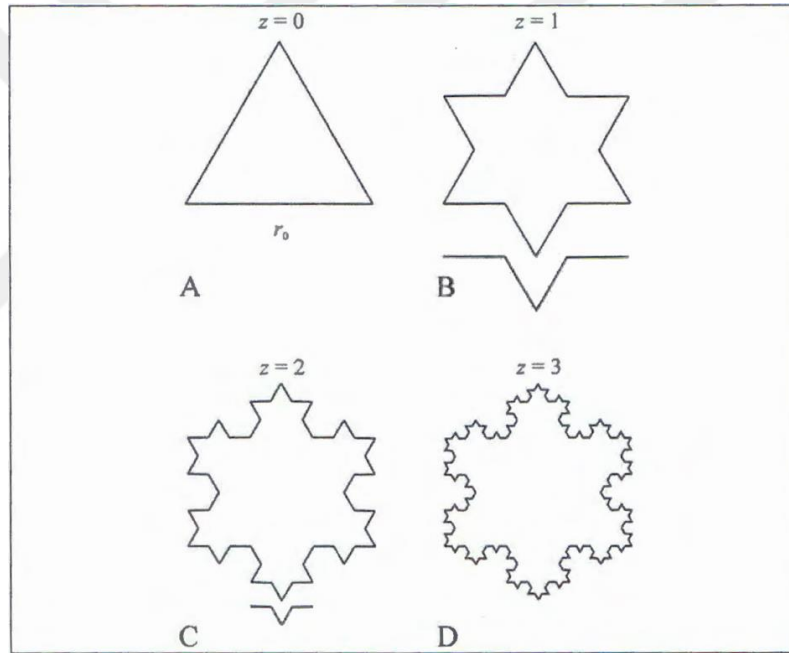
Fraktal analiz, istatistiksel fiziğin ölçekleme metodu sayesinde daha büyük bir yapının özelliklerinin anlaşılabilmesi için içerdiği daha küçük yapı birimlerini değerlendirme esasına dayanmaktadır. Ölçekler değiştiğinde sistemlerin de değiştiği ancak çok benzer özellikler taşımasından ötürü analiz sisteminin çalıştığı belirtilmektedir. Fraktal geometride bu durum, her bir küçük parçanın farklı ölçeklerde cismin bütününe benzediği ile açıklanmaktadır (B. B. Mandelbrot ve Mandelbrot, 1982). Matematiksel bir metot olarak ortaya çıksa da dış hekimliğinin de içinde olduğu birçok alanda (fizyolojik, jeolojik, biyolojik, meteorolojik vs.) fraktal analiz kullanılmaktadır (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).

Fraktal boyut, yapısal karmaşıklık gösteren nesnelerin imajlarında nicel bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir. Mandelbrot'a (B. B. Mandelbrot ve Mandelbrot, 1982) göre fraktal boyut (nesnenin düzensizlik derecesi) ölçek değişse dahi sabit kalmaktadır. Bu sayede doğrusal olmayan şekiller ve kompleks yapılar fraktal analiz ile niceliksel olarak değerlendirilebilmekte ve fraktal boyut olarak sayısal değerler kazanabilmektedir. Fraktal boyutun sayısal olarak yüksek ya da düşük olması incelenen nesnenin veya şeklin karmaşıklığı hakkında fikir vermektedir. Fraktal boyutu yüksek olan yapıların iç düzeni daha karmaşık iken düşük olan yapıların iç düzeni daha basit olarak nitelendirilebilmektedir (Demirbaş ve diğerleri, 2008).

Fraktallar geometriksel ve istatistiksel olarak sınıflandırılabilir. Her bir geometrik fraktal, metrik uzayda tanımlanabilecek sıralanmış sınırsız sayıdaki fraktal objeler olarak

düşünülmelidir. Fraktal sete karar verebilmek için 4 faktör kesinleştirilmelidir (Ristanović ve Milošević, 2012):

- i. İlk objenin şekli – Başlatıcı veya başlangıç şablonu
- ii. Özyineleme (üreten, yineleyen) – Başlatıcı üzerinde ve sonra tekrar tekrar elde edilen tüm nesneler üzerinde yinelemeli (Sonuçlar, nesiller olmaktadır.)
- iii. Koşullar – Öz benzerlik, ölçeklendirme, ölçek değişmezliği gibi özellikleri mutlaka karşılamalı.
- iv. Fraktal boyut – Objelerin karmaşıklığını ölçmek için kullanılan nihai ana niceleyici.



Şekil 2.3: Von Koch eğri setinin sıralı yapısı. (A) Başlatıcı, eşkenar uzunluğu r_0 kabul edilen eşkenar üçgendir. (B) Yapının ilk adımı ($z=1$). (C) Yapının ikinci adımı ($z=2$). (D) Yapının üçüncü adımı ($z=3$). B ve C çizimlerin altında verilen detay çizimleri, Von Koch ön fraktallarının yineleyici üreten elemanlarını temsil etmektedir (Ristanović ve Milošević, 2012).

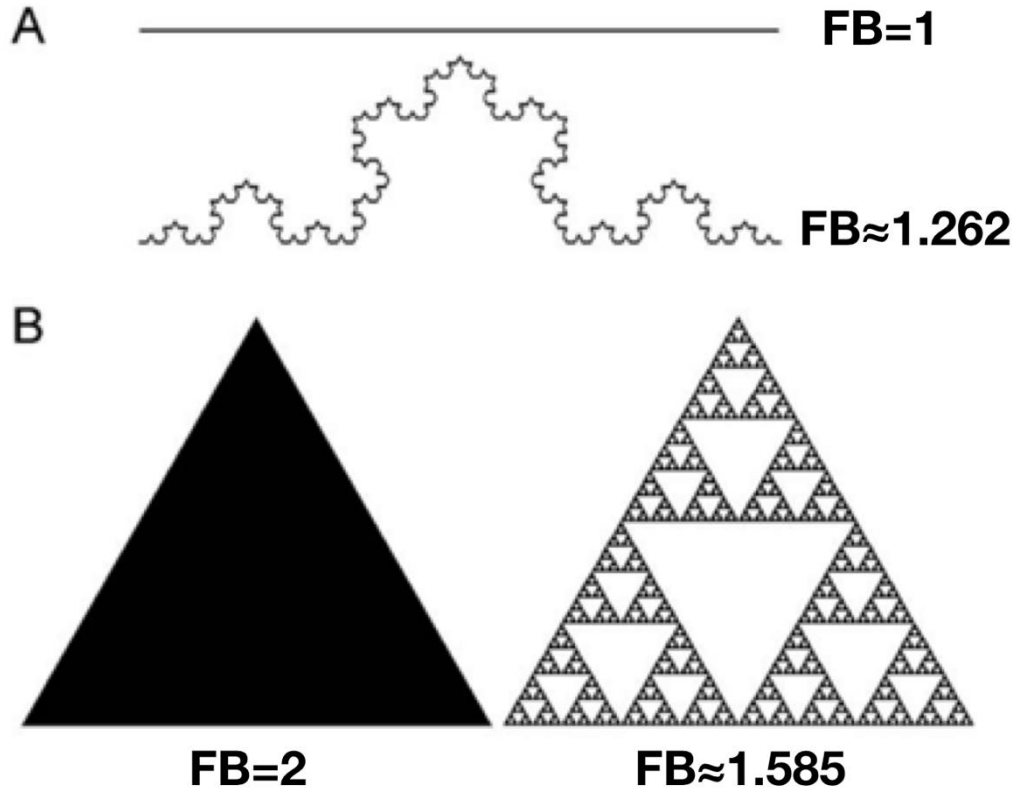
Bu durumda, bu tür nesnelere (jeneratörler) ön fraktallar denmektedir. Böyle sonsuz bir prosedürün nihai sonucu limit fraktaldır. Başlatıcılar, ön fraktallar ve limit fraktal geometrik fraktal kümeyi temsil etmektedir. Fraktal planimetrisinin temel tanımları ve yasaları bazı

klasik fraktal modellerde gösterilebilmektedir. Bu amaçla en çok üçlü (kar tanesi modeli) Von Koch eğri seti kullanılmaktadır (Şekil 2.3) (Ristanović ve Milošević, 2012).

Fraktallerde ‘kendine benzerlik’ kuralı bulunmaktadır. Yapının en küçük parçası incelenen objenin bütününe benzeyen özellikler taşımak zorundadır. Fraktallerin birbirlerine benzerliği de ölçüm yapılan ölçeğe bağlı olarak değişebilmektedir. Ölçeğin büyümesi, fraktal boyut değerinin artması demektir ve bu şekilde fraktalin yapısal detayları da ölçeğe bağlı olarak artmaktadır (B. B. Mandelbrot ve Mandelbrot, 1982).

Fraktallerin çevrelerinin gerçek anlamda ölçülmesi esasında mümkün değildir çünkü fraktalin kendini sonsuza dek tekrar ettiği kabul edilmektedir. Bu durumu Mandelbrot, İngiltere’nin kıyı şeridini fraktal yapı olarak değerlendirip uzunluğunu ölçmeye çalışarak açıklamaktadır. Mandelbrot’a göre yaptığımız ölçümün tutarlılığı elimizdeki ölçüm aracının hassasiyetine bağlıdır. Örneğin ölçüm cihazı uzunluğu 1 metre olan bir cetvel ise ortaya çıkacak hata payı 1 metrenin altında olacak iken daha hassas bir ölçüm aracı ile elde edeceğimiz sonuçlarda hata payı elimizdeki cihazın ölçemediği uzunluklarda olacaktır. Bu durumda, gerçek değeri bulabilmek için yapacağımız ölçüm cihazının hassasiyetinin atomik değerlerde olması gerekmektedir ki bu da sonucu imkansız kılmaktadır (B. B. Mandelbrot ve Mandelbrot, 1982).

Fraktal boyut her zaman rasyonel sayı değeri almaktadır. Geometrik şekillerin boyutlarına bakıldığında nokta 0 (sıfır), düz çizgi 1 (bir), karenin boyutu 2 (iki) ve küpün boyutu ise 3 (üç) olarak kabul edilmektedir. Fraktal boyut ise kırılıp büküldüğü alana göre değerlendirilmektedir. Bir düzlem üzerinde fraktaller dağılıyorsa boyut 1-2 arasında değerler alırken, daha çıkıntılı/bombeli bir yapıya dağılıyorsa fraktal boyut 2-3 arasında değer almaktadır (Şekil 2.4) (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).



Şekil 2.4: Fraktal boyut, ölçülen şeklin/objenin karmaşıklık derecesini belirlemektedir. Bu şekilde sıradan şekiller ile fraktal formları görülmektedir. (A) Düz bir çizgi ve Von Koch eğrisi, (B) bir üçgen ve Sierpinski üçgenidir (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).

Matematiksel fraktaller özbenzerlik açısından değerlendirildiğinde izotropik yapılardır çünkü farklı ölçek ve yönlerde benzerliklerini aynı şekilde sürdürürler. Ancak doğal ve biyolojik fraktaller değerlendirilme yönlerine göre kendi içinde farklılıklar taşıyabilmekteler ve bu nedenle anizotropik fraktaller olarak adlandırılmaktadırlar. Kemik trabekülleri, akciğerlerdeki pulmoner dallanmalar anizotropik yapıdaki biyolojik fraktallerdir ve değerlendirilme özelliklerine göre her zaman aynı sonuçları vermezler. Bu nedenle de biyolojik fraktallerin öz benzerlikleri sınırlı olarak ifade edilebilmektedir (Demirbaş ve diğerleri, 2008) (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).

2.7.1 Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan yöntemler:

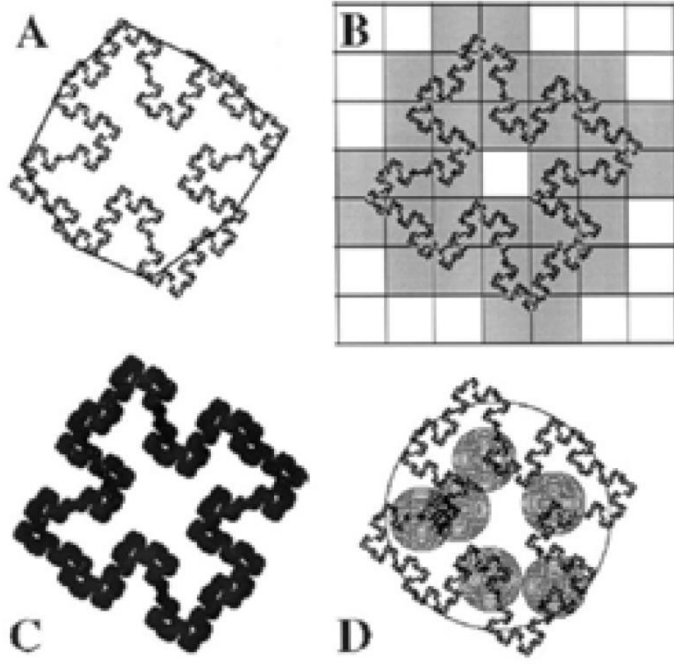
Fraktal analiz matematiksel hesaplamalar dışında tıbbi alanda ve insan doğasında birçok amaçla kullanılmaktadır. Akciğer dallanmaları incelenebilmekte, kalp atım ve

temporomandibular eklem sesleri fraktal analiz yardımı ile dinlenebilmektedir (Weibel, 1991) (Lynch ve diğerleri, 1991) (Badwal, 1993) (Buckland-Wright ve diğerleri, 1994). Bir hastalığın seyri ve şiddeti hakkında fikir edinmekte yahut yeni bir hastalığın tespit ve tanısında yardımcı olabilmektedir. Radyografler üzerinde ölçülen fraktal boyutun kemik yoğunluğunu yansıttığı ve bu sebeple kemikteki mineral değişiklikleri yansıtabileceği bildirilmektedir (Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, 2001) (Demirbaş ve diğerleri, 2008) (Ergun ve diğerleri, 2009) (Oliveira ve diğerleri, 2013b) (White ve Rudolph, 1999). Birçok çalışma kemik yoğunluğu ile fraktal boyut arasındaki ilişkinin korelasyonunu desteklemektedir (Pothuaud ve diğerleri, 2000) (Sansare ve diğerleri, 2012) (Wilding ve diğerleri, 1995). Kemik yapısındaki değişimler incelenmek istendiğinde trabeküler kemiğin metabolik aktivitesi 8 kat fazla olduğu için kortikal kemiğe oranla trabeküler kemiğin daha belirleyici olduğu düşünülmektedir (Jolley ve diğerleri, 2006).

Fraktal boyut hesaplanmasında çoğu yöntemde ortak olarak her basamakta elde edilen değerlerin logaritmik ölçekteki grafiği çizilerek başlanmaktadır. Bu grafik üzerinde çizilen doğrunun eğimi ise aranan fraktal boyut değerini vermektedir (Lopes ve Betrouni, 2009) (Sánchez ve Uzcátegui, 2011) (Smith Jr ve diğerleri, 1996). Fraktal boyut değerini hesaplamakta kullanılan yöntemler genel olarak da 2 başlıkta incelenmektedir: doğrusal düzlemde mesafe ölçümüne bağlı yöntemler ve üç boyutlu düzlemde hacim ölçümüne bağlı yöntemler (Smith Jr ve diğerleri, 1996).

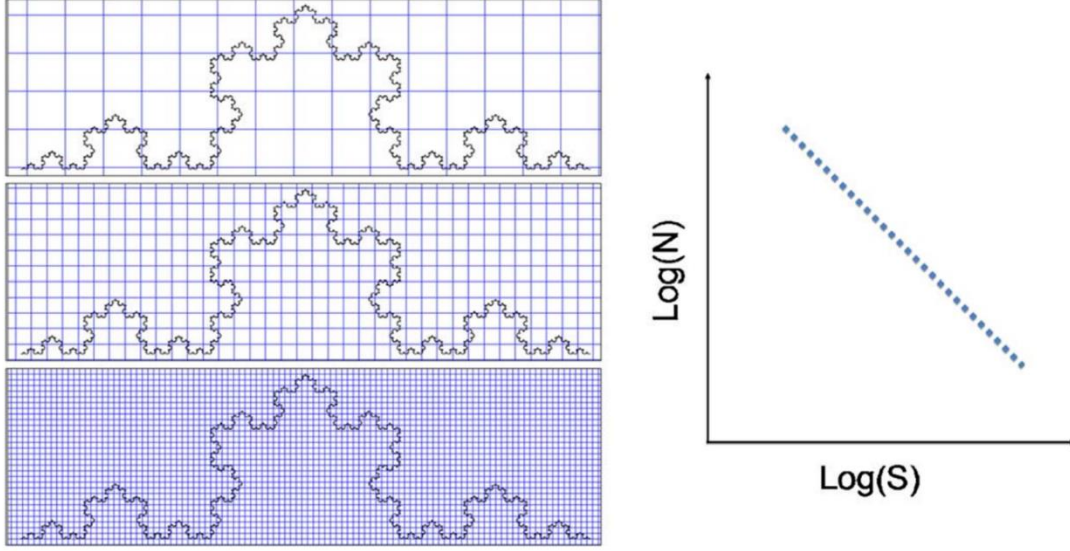
Mesafe ölçümüne bağlı fraktal boyut hesaplama yöntemleri kutu sayma (box counting), Flook'un geliştirdiği piksel genişletme (dilatasyon) ve Richardson metodudur (Şekil 2.5) (Flook, 1978) (Smith Jr ve diğerleri, 1996).

Richardson metodunda, fraktal yapının çevresi farklı uzunluklardaki cetveller ile ölçülmektedir. Ölçüm yapılan cetveller ile ölçülen çevrenin logaritmik ölçekteki grafiği elde edilmektedir ve grafikteki noktalar birleştirilerek elde edilen doğrunun eğimi sayesinde de fraktal boyut tespit edilmektedir (Smith Jr ve diğerleri, 1996).



Şekil 2.5: (A) Richardson yöntemi. (B) Kutu sayma (box counting) yöntemi. (C) Dilatasyon (piksel genişletme) yöntemi. (D) Hacim ölçümüne göre fraktal boyut tespiti. (Flook, 1978)

Kutu sayma (box counting) yöntemi trabeküler kemik morfolojisi ve kemik iliği boşluklarının da incelenebildiği aynı zamanda fraktal analizde de en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu yöntemde kutucuklar içeren bir ölçek, fraktal boyut hesaplanması planlanan trabeküler kemik yapının üzerine yerleştirilir. Ölçekteki kutucukların boyutları 2-64 piksel aralığındadır ve trabeküler kemik üzerine yerleştirilen ölçekte kemik içeren kutucukların sayımı yapılmaktadır (Şekil 2.6). Sayım sonucunda elde edilen kutucuk sayısının ölçekte mevcut bulunan toplam kutucuk sayısına oranının logaritmik grafiğinden elde edilen doğrunun eğimi fraktal boyutu vermektedir (Demirbaş ve diğerleri, 2008). Fraktal boyutun büyük değerde olması incelenen trabeküler kemiğin daha karmaşık bir yapıda olduğunu, kemik içi boşlukların nispeten daha az olduğunu; küçük olması ise daha boşluklu yapıda bir kemik olduğunu ifade etmektedir (Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, 2001) (Demirbaş ve diğerleri, 2008) (Smith Jr ve diğerleri, 1996) (Southard ve diğerleri, 1996) (Zeytinoğlu ve diğerleri, 2015).



Şekil 2.6: Fraktal boyut belirlemek için kutu sayma yöntemi. İncelenmekte olan şekil bir çizgidir (sınır çizgisi, arayüz, kıyı şeridi, 2B formun çevresi, vb.). Farklı boyutlarda (S) kutucuklar kullanılarak çizginin uzunluğu ölçülmektedir. Ölçüm, çizgiyi kaplamak için gereken (N) kutucuk sayısı sayılarak yapılmaktadır. Tabi ki, N değeri seçilen boyut S 'ye bağlı olmaktadır. Fraktal boyut, bir fonksiyon olarak N 'nin logaritmasının bir grafiğinin eğiminden elde edilmektedir (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).

Piksel genişletme (dilatasyon) yönteminde, incelenecek olan görüntünün ilk olarak 1 piksel genişliğindeki ana hattı elde edilmektedir ve bu hatta çapları farklı olan daireler yerleştirilerek sınırlar genişletilmektedir. Yerleştirilen dairelerin yarıçapı ile orantılı olarak genişletme miktarı değişmektedir. Kutu sayma yönteminde olduğu gibi yerleştirilen daireler ile çaptaki genişlemenin logaritmik grafiğinden elde edilen doğrunun eğimi fraktal boyutu verecektir (Resim 5/C) (Smith Jr ve diğerleri, 1996).

İkinci bölümdeki hacim ölçümüne bağlı fraktal boyut hesaplaması yönteminde ise görüntünün sınır hattına farklı çaplardaki daireler yerleştirilmekte ve bu dairelerin içerdiği görüntü sınırındaki pikseller sayılmaktadır. Kum havuzu (sandbox) yöntemi olarak adlandırılan bu yöntem, kutu sayma yönteminin bir varyasyonu olarak nitelendirilebilmektedir. Dilatasyon yönteminde de olduğu gibi sınır hattına yerleştirilen dairelerin çapları piksel sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Elde edilen piksel sayısı ve yerleştirilen dairelerin çaplarının logaritmik ölçekte grafiklerindeki noktalar birleştirilerek oluşturulan doğrunun eğimi fraktal boyutu vermektedir (Şekil 2.5/D) (Smith Jr ve diğerleri, 1996).

Kemiğin morfolojik incelemelerinde nihai tanı kemik biyopsisini takiben histomorfometrik analiz yolu ile konmaktadır. Biyopsi dışında sonuca en yakın değerlendirmeler altın standart olarak da kabul edilen bilgisayarlı tomografi ve MR (manyetik rezonans) görüntüleme teknikleri ile yapılmaktadır (Pothuau ve diğerleri, 2000). Ancak kemik biyopsisi invaziv bir tetkiktir ve üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ise henüz yeterince yaygın değildir veya iki boyutlu radyografilere oranla rutin kullanımda farklı dezavantajlara sahiptir. Bu noktada iki boyutlu görüntüler üzerinde kemik dansitesi hakkında yorum yapabilmek önem kazanmaktadır. İki boyutlu radyografiler aracılığı ile elde edilen kemik görüntülerindeki gri tonlar siyah ve beyaza dönüştürülerek görüntü netleştirilir ve fraktal incelemeye uygun hale getirilir. Yapılan çalışmalara göre fraktal boyut değerinin trabeküler kemik mimarisi hakkındaki korelasyonu tutarlı sonuçlar vermektedir (Demirbaş ve diğerleri, 2008) (Fazzalari ve Parkinson, 1997) (Pothuau ve diğerleri, 2000).

Trabeküler kemiğin yapı birimlerinin kemiğin bütünü ile gösterdiği özbenzerlik sayesinde ve trabekülleri arasındaki köprüler ile meydana gelen geometrik yapısının saptanması ile fraktal analize uygun olduğu radyografik incelemeler sonucu ortaya konmuştur (Sansare ve diğerleri, 2012) (Wilding ve diğerleri, 1995). Kemik yapım ve yıkımının doğal sürecinin sonucu olarak meydana gelen değişiklikleri fraktal analiz ile takip etmek fizyolojik veya patolojik değişimleri tanımlamaya imkan vermektedir (Jolley ve diğerleri, 2006).

2.7.2 Fraktal Analizin Kullanım Alanları

Fraktal analiz tıp alanında onkoloji, oftalmoloji, kardiyolojide, sistemik hastalıkların kemikler üzerindeki etkisinde kullanılabilmektedir (Güleç, Taşöker, ve Şener, 2019).

Tümöral yapılar fraktal analiz ile incelendiğinde fraktal boyutun lezyonun topolojik boyutundan büyük olmasının patolojik olarak değerlendirilebileceği bildirilmektedir. Fraktal boyut, oral kavite epiteli ile bağ dokusu arasındaki sınır düzensizliği arttıkça artmaktadır. Düzensizliğin artışı ile paralel olarak artan fraktal boyut displastik değişikliklerin ve karsinom gelişiminin göstergesi olabileceği ortaya konmaktadır (Cross, 1997) (Heymans ve diğerleri, 2000). Mamografilerde yapılan fraktal analiz ile meme kanseri tanısı ve takibinde meme dokusunda meydana gelen glandüler yapı değişikliklerinin değerlendirmesi ve mikrokalsifikasyonlar ile neoplastik dokuların tespiti amaçlanmaktadır. Ancak elde edilen

fraktal boyut değerlerinin değişikliğin normal sınırlarda olup olmadığına veya normalden sapma olup olmadığını dair net bir bilgi vermediği düşünülmektedir (Cross, 1997).

Elektrokardiyografideki (EKG) QRS dalgalanmalarının, kalbin iletim sinyallerinin, pulmoner sistemi oluşturan dallanmaların, sinirsel ve damarsal ağ yapılarının detaylarının yapının en küçük birimi ile arasında olan öz benzerliği sayesinde fraktal analize uygun olduğu bildirilmektedir. Bronşiyal ve alveollerin birim yapılarının kendi içindeki benzerliği pulmoner sistemin fraktal özellik taşıdığını göstermektedir. Bronşiyallerdeki gazın, pulmoner vasküler yapılarda geçişini sağlayan trakeobronşiyal yapıların fraktal boyutunun 2 ile 3 arasında olduğu bildirilmektedir (Goldberger ve West, 1987) (Heymans ve diğerleri, 2000).

Diyabete bağlı retinopati geçiren hastalara ait vasküler yapıların fraktal analizi yapıldığında, retinopati sonrası vasküler yapıların fraktal boyut değerinin arttığı gözlenmiş ve bu sayede panretinal lazer cerrahisi gereken hastaların bu şekilde fraktal analiz ile saptanabileceği düşünülmüştür (Cross, 1997).

Kardiyoloji alanında fraktal analiz ise kalp seslerinin dinlenerek kalp krizine bağlı ölümlerin araştırılmasında kullanılmıştır. Finlandiya’da gerçekleştirilen çalışmada anamnezinde geçirilmiş kalp krizi öyküsü bulunan 65 yaş üstü 325 hastanın kalp atışlarındaki değişiklik fraktal analiz ile incelenmiş ve bu değişikliklerin fraktal analiziyle kardiyak ölüm arasında korelasyon olabileceği bildirilmiştir (Mäkikallio ve diğerleri, 2001). Başka bir çalışmada da akut miyokard enfarktüsü geçiren hastalardaki kalp atış değişikliğinin fraktal analizinin sonuçlarının bu hasta grubundaki ölümlerde belirleyici olabileceği ifade edilmiştir (Tapanainen ve diğerleri, 2002).

11-40 yaş aralığındaki 35 adet orak hücreli anemi hastası ile 26 adet sağlıklı bireyden oluşan kontrol grubunun incelendiği bir çalışmada, gönüllülerin mandibular birinci büyük azı ve ikinci premolar bölgesinden seçilen 64x64 piksel büyüklüğündeki ilgili alan (region of interest, ROI) panoramik radyografi üzerinde fraktal analiz ile karşılaştırılmıştır. Orak hücreli anemiye sahip bireylerin fraktal boyutu istatistiksel anlamlı olarak sağlıklı bireylerden düşük bulunmuştur. Özellikle 20 yaş altındaki bireyler ayrı olarak değerlendirildiklerinde fraktal boyut değerlerindeki düşüşün, hasta bireylere ait trabeküler

kemik yoğunluğundaki azalmayı ortaya koyduğu bildirilmektedir (Demirbaş ve diğerleri, 2008).

2.7.3 Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz

Diş hekimliğinde fraktal analiz yöntemi ile endodonti, periodontoloji, cerrahide, temporomandibular eklemde değerlendirilmesinde, çürük tayini araştırmalarında ve dental materyal analizinde araştırmalar mevcuttur (Güleç, Taşöker, ve Şener, 2019).

Periapikal radyografi üzerinde incelenen fraktal boyut, kemik çevresindeki trabeküler kemik yapısı hakkında fikir vermektedir. Panoramik ve periapikal radyografilerin aynı bölgelerinde hesaplanan fraktal boyut değerleri karşılaştırıldığında panoramik radyografilerde elde edilen fraktal boyutun daha az olduğu tespit edilmiştir. Periapikal radyografilerin çözünürlüğü panoramiklere kıyasla daha yüksek olduğu için detaylar oldukça iyi yansıtılmaktadır ancak buna rağmen panoramik radyografiler üzerinde incelenen fraktal analiz çalışmalarının trabeküler kemikte meydana gelen osteoporotik değişiklikleri başarılı bir şekilde ortaya çıkardığı bildirilmektedir (A M Bollen ve diğerleri, 2001).

Periodontitise sahip hastaların hafif ve şiddetli olarak gruplandırıldığı; kontrol grubu için de sağlıklı bireylerin periapikal radyografilerinin fraktal analiz ile incelendiği bir çalışmada periodontitise sahip hastalardan elde edilen fraktal boyut değerlerinin kontrol grubuna oranla anlamlı derecede düşük çıktığı tespit edilmiştir. Çalışmada fraktal boyut hesaplanabilmesi için kutu sayma (box counting) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin periodontitis nedeniyle kemikte meydana gelen değişikliklerin şiddetini nicel olarak ortaya koyduğu ve aynı zamanda tanı yöntemi olarak da tercih edilebileceği öngörülmektedir. Periodontitisin genel seyrinde trabeküler yapı bütünlüğü bozulmaktadır ve bu nedenle kemik miktarı azalmaktadır. Fraktal analiz ile değişiklikler daha başlangıç safhasında henüz kemik kaybı görülmemişken dahi rutin kontroller ile hastalığın seyrinin anlaşılabileceği bu sayede de hastalık ilerleyişinin durdurulabileceği bildirilmektedir (Updike ve Nowzari, 2008).

Fraktal analiz ile dental implant uygulamasını takiben kemikte meydana gelen iyileşme incelenebilmektedir. İmplant yerleştirilecek olan bölge cerrahi öncesi ve sonrası panoramik radyografiler üzerinden fraktal analiz yöntemi ile incelendiğinde uygulanan implantın çevresindeki kemik dokuda meydana gelen değişiklikler ile fraktal boyutun arttığı

izlenmiştir ve bu durum osteointegrasyonun başarılı olduğu, trabeküler kemikte iyileşme gözlemlendiği şeklinde yorumlanmıştır (Lee ve diğerleri, 2010).

Fraktal analizin temporomandibular eklemden meydana gelen dejeneratif değişikliklerin erken tanısında da kullanılabileceği literatürde bildirilmektedir. 2019'da yapılan bir çalışmada KIBT (Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi) görüntüleri ile değerlendirilen 35 dejeneratif osteoartritli hastanın hastalık nedeniyle kondiler trabeküler yapıda ortaya çıkan değişiklikler araştırılmıştır. Kontrol grubundaki sağlıklı bireylerin kondiline ait trabeküler kemikten elde edilen fraktal boyut değerleri çalışma grubuna oranla anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur, nedeni de çalışma grubundaki bireylere ait kondilde meydana gelen osteoporotik değişimlerin kemik yoğunluğunda azalmaya sebebiyet vermesi olarak bildirilmiştir (Kayipmaz ve diğerleri, 2019).

2.7.4 Ortodontide Fraktal Analiz

Wagle ve ark. (Wagle ve diğerleri, 2005) yaptıkları bir çalışmada fare denekler üzerinde yay aracılığıyla dişlere uygulanan 0,1 ve 0,5 Newton kuvvetin periodontal ligament ile kemik bağlantısında meydana getirdiği değişiklikleri kutu sayma yöntemi kullanarak fraktal analiz ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda fraktal boyutun kökten mine-sement birleşimine doğru değiştiğini bildiren araştırmacılar, uygulanan kuvvetin normal kemik yeniden yapılanma sürecinden bağımsız olarak fraktal boyut artmasına neden olduğunu vurgulamaktadır. Bu sonuç, fraktal analiz yönteminin ortodontik diş hareketinde uygulanması gereken kuvvet tayininde belirleyici yöntem olarak kullanılabileceğini işaret etmektedir.

Ortodontik tedavi ile fraktal boyut arasındaki korelasyonu değerlendiren bir retrospektif çalışmada 10-25 yaş arası 643 hastaya ait hasta kayıtları ve panoramik radyografiler değerlendirilmiştir. Fraktal boyut değerinin hesaplanabilmesi için panoramik radyografi üzerinde çift taraflı mental foramen bölgesi seçilmiştir. Fraktal boyut değeri lineer regresyon modeli kullanılarak önceden belirlenmiş ve tedavi süresi ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada değerlendirilen diğer değişkenler (yaş, maloklüzyon tipi, cinsiyet, dikey büyüme paterni gibi) ortodontik tedavi süresi ile korelasyon gösterirken fraktal boyut ile tedavi süresi arasında negatif korelasyon olduğu bildirilmiştir. Sonuçta fraktal boyut analizinin kemikte

meydana gelen fizyolojik değişiklikleri incelemede ve ortodontik diş hareketinin tayininde yardımcı olabileceği düşünölmüştür (Köse ve diğerleri, 2022).

Tavşanlar (n=14) üzerinde yapılan bir çalışmada mandibular birinci molar üzerine yay ile sürekli olarak 85 santiNewton (cN) kuvvet uygulanmış ve kemikte meydana gelen osteoklastik aktivitenin fraktal boyut üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneklerden 7'sine haftada 1 olacak şekilde alendronat enjekte edilmiştir. 21 günün sonunda denekler öldürölmüş ve kemikler histolojik olarak incelenmiştir. Fraktal boyut, kutu sayma yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Histolojik değerlendirme ile osteoklast sayıları tespit edildiğinde fraktal boyut ile osteoklast sayısı arasında güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılara göre osteoklastik aktivite sonucu meydana gelen kemik düzensizliği fraktal boyut ile kantitatif olarak tespit edilebilmektedir (Araujo ve diğerleri, 2015).

Fraktal analiz ayrıca ortodontik braketlerin yapısını incelemek için de kullanılabilir. Ortodontik braketlerin tedavideki etkinliğinin ve oral kavitedeki uyumunun yüzey topografik özellikleriyle ilintili olduğu bildirilmektedir. Buna göre braketlerin düzgün ve pürüzsüz yüzeye sahip olması tedavide avantajlı olmaktadır. Sarul ve ark. (Sarul Michałand Mikulewicz ve diğerleri, 2022) farklı üreticilere ait ortodontik braketlerin yüzey özelliklerini değerlendirmek üzere fraktal analiz yöntemini kullanmış ve bu şekilde en pürüzsüz yüzeye ait braket değerlendirilmiştir.

Kang ve ark. (Kang ve diğerleri, 2012) ortognatik cerrahiyi takiben meydana gelen hızlı ortodontik diş hareketliliğine bağlı geçici osteopeninin mandibuladaki etkisini açıklayabilmek için fraktal analiz yöntemini kullanmışlardır. Çift taraflı ramus osteotomisi gerçekleştirilen 26 hastanın cerrahi öncesi ve cerrahiyi 1 ay takiben elde edilen panoramik radyografileri incelenmiştir. Radyografiler üzerinde inceleme yapılabilmesi için mandibular köpek dişleri ve birinci büyük azı bölgesi seçilmiş, fraktal boyut kutu sayma metodu ile hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde cerrahi sonra fraktal boyutun istatistiksel olarak anlamlı şekilde düştüğü ve bu düşüşün en çok mandibular köpek dişleri bölgesinde olduğu bildirilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu retrospektif çalışma 2022/135 dosya numarasıyla Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunu tarafından 04.08.2022 tarihinde onaylanmıştır.

3.1 RADYOGRAFİLERİN ELDE EDİLMESİ

Çalışma grubunu, Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda Ortodonti Anabilim Dalı'nın yönlendirmesi ile tedavi öncesi tanı amaçlı çekilmiş panoramik radyografi görüntüleri oluşturmuştur. Aynı hastalardan panoramik radyografi ile birlikte teşhis için lateral sefalometrik radyografi de alınmaktadır. Bu lateral sefalometrik filmler üzerinden dikey sefalometrik analizler yapılarak çalışma grupları belirlenmiştir.

Tüm hastaların panoramik radyografi kayıtları Newtom 2D Panoramic (Newtom, Verona, Italy) marka cihaz ve üretici firma tarafından belirtilen çalışma parametreleri ile (7 mA, 72 kVp) elde edilmiştir. Işınlama sırasında hastalar ayaktadır. Hasta başı, sagittal düzlem yere paralel, vertikal düzlem yere dik olacak şekilde konumlandırılmış ve hasta hareketini engellemek amacıyla ısırma çubuğu, çene ve kafa desteği kullanılmıştır.

3.2 ÇALIŞMA GRUBUNA DAHİL EDİLEN RADYOGRAFİLERDEKİ KRİTERLER

Çalışma grubu seçiminde araştırmaya dahil edilme kriterleri:

- i. Hastaların sefalometrik filmleri üzerinden değerlendirilen servikal vertebra büyüme evresi 5 ve üzeri,
- ii. Görüntü kalitesi yeterli olan veya artefakt bulunmayan,
- iii. Ortognatik cerrahi ameliyatı geçirmemiş,
- iv. İlgili bölgede patolojik yapılara sahip olmayan.

Çalışma grubu seçiminde araştırmaya dahil edilmeme kriterleri:

- i. Sefalometrik filmler üzerinden servikal vertebra büyüme evresi 5ten küçük,

- ii. Görüntü kalitesi yetersiz veya artefakt bulunan,
- iii. Ortognatik cerrahi ameliyatı geçirmiş,
- iv. İlgili bölgede patolojik yapılara sahip olan.

3.3 ÇALIŞMA GRUPLARININ BELİRLENMESİ

Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı sistemine kayıtlı, Ortodonti Anabilim Dalı'nda tedavi gören hastalar retrospektif olarak taranmış, dahil edilme kriterlerine uyan radyografiler elde edilmiştir. Elde edilen olguların öncelikle lateral sefalometrik filmler üzerinden sefalometrik analizleri yapılmıştır. Sefalometrik analiz Dolphin (Dolphin Imaging, Chatsworth, Calif) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Servikal vertebra büyüme evresi 5'ten büyük olan olgular, "Frankfurt Horizontal-Mandibuler Düzlem açısı (FMA)" kullanılarak dikey boyuta göre 3 gruba ayrılmışlardır.

- a. Azalmış Dikey Boyut (FMA<20°)
- b. Normal Dikey Boyut (FMA=25° ± 5°)
- c. Artmış Dikey Boyut (FMA>30°)

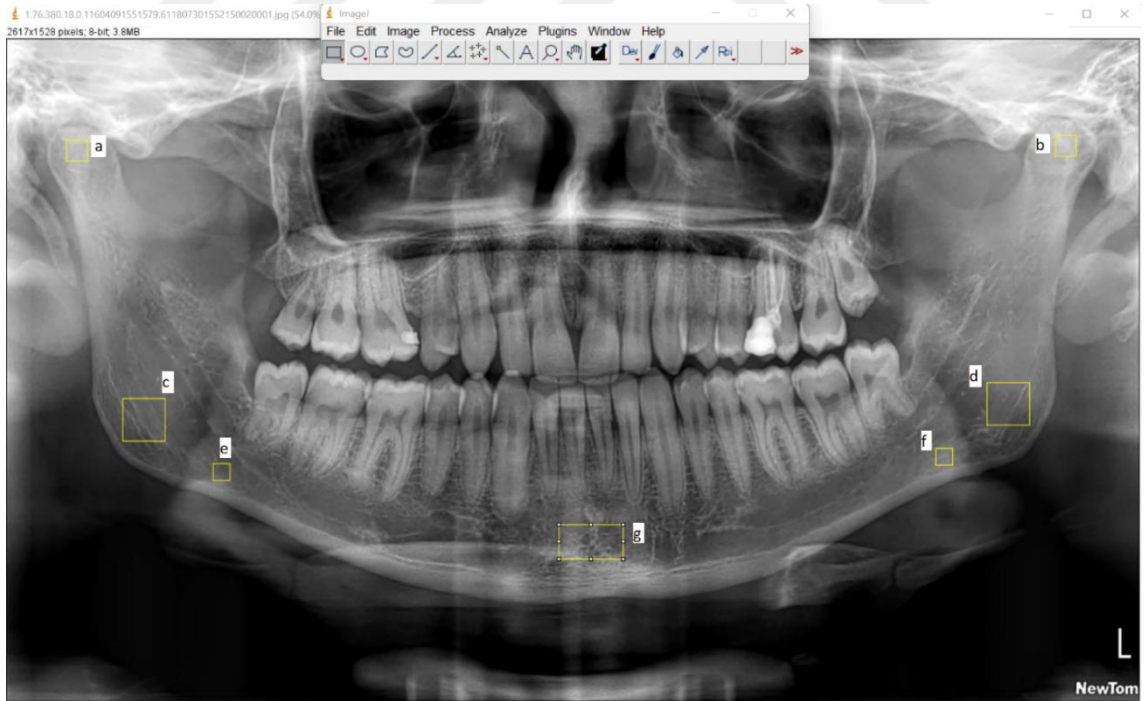
Elde edilen veriler gruplara göre Microsoft Excel programına kaydedilmiştir. Yeterli çalışma grubunun oluşturulması amacıyla; çalışılacak yöntemlere ilişkin değerler baz alınarak 0,29 etki büyüklüğü, %80 güç ve 0,5 hata payı ile G-POWER (Erdfelder, Faul ve Buchner, 1996) programı kullanılarak bulunan toplam örneklem büyüklüğü n=120'dir. Gruplar eşit olacak şekilde (n=40) olacak şekilde düzenlenmiştir.

3.4 FRAKTAL ANALİZ

Fraktal analiz için ImageJ v1.53 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) programı kullanılmıştır. Program internet üzerinden <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> adresinden indirilmiştir. Fraktal analiz için bir panoramik radyografi üzerinde 7 adet analiz edilecek bölge belirlenmiştir. Gruplara ayrılan 120 hastanın panoramik radyografileri üzerinden 840 bölgeye tek bir araştırmacı (B.Ç.Ç.) tarafından fraktal analiz uygulanmıştır.

Panoramik radyografiler üzerinde ilgili alanlar (ROI'ler), kortikal kemik, diş kökü, mandibular sinir kanalı gibi anatomik yapıların bulunmamasına dikkat edilerek trabeküler yapıyı analiz edecek şekilde belirlenmiştir. Bu kriterler ışığında her bölge için farklı piksel boyutu tercih edilmiştir:

- i. Sağ kondil (K-SA) (50x50 piksel) (Şekil 3.1, a)
- ii. Sol kondil (K-SO) (50x50 piksel) (Şekil 3.1, b)
- iii. Sağ gonial bölge (GO-SA) (100x100 piksel) (Şekil 3.1, c)
- iv. Sol gonial bölge (GO-SO) (100x100 piksel) (Şekil 3.1, d)
- v. Sağ antegonial çentik bölgesi (AN-SA) (40x40 piksel) (Şekil 3.1, e)
- vi. Sol antegonial çentik bölgesi (AN-SO) (40x40 piksel) (Şekil 3.1, f)
- vii. Simfiz (SİM) (150x80 piksel) (Şekil 3.1, g)

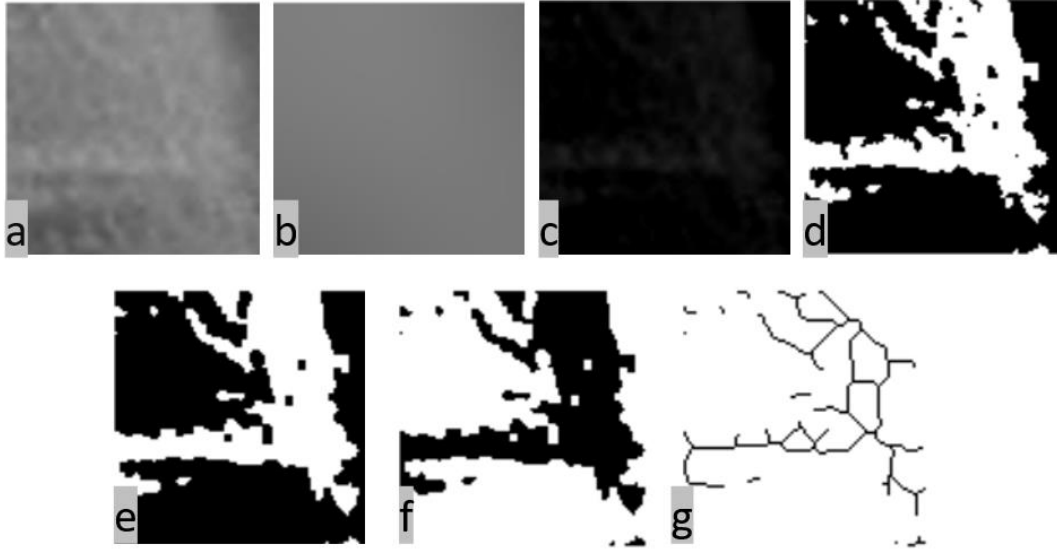


Şekil 3.1: Panoramik radyografi üzerinde ROI seçimi a. Sağ kondil (50x50 piksel) b. Sol kondil (50x50 piksel) c. Sağ gonial bölge (100x100 piksel) d. Sol gonial bölge (100x100 piksel) e.

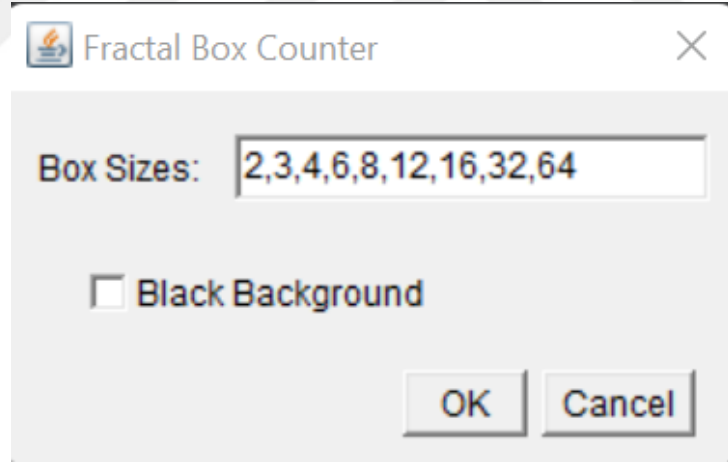
Sağ antegonial çentik bölgesi (40x40 piksel) f. Sol antegonial çentik bölgesi (40x40 piksel) g.
Simfiz (150x80 piksel)

Panoramik radyografi üzerinde ROI belirlenen piksel boyutunda seçildikten sonra fraktal analiz işlemleri White ve Rudolph (White ve Rudolph, 1999) tarafından tarif edilen metot temel alınarak uygulanmıştır:

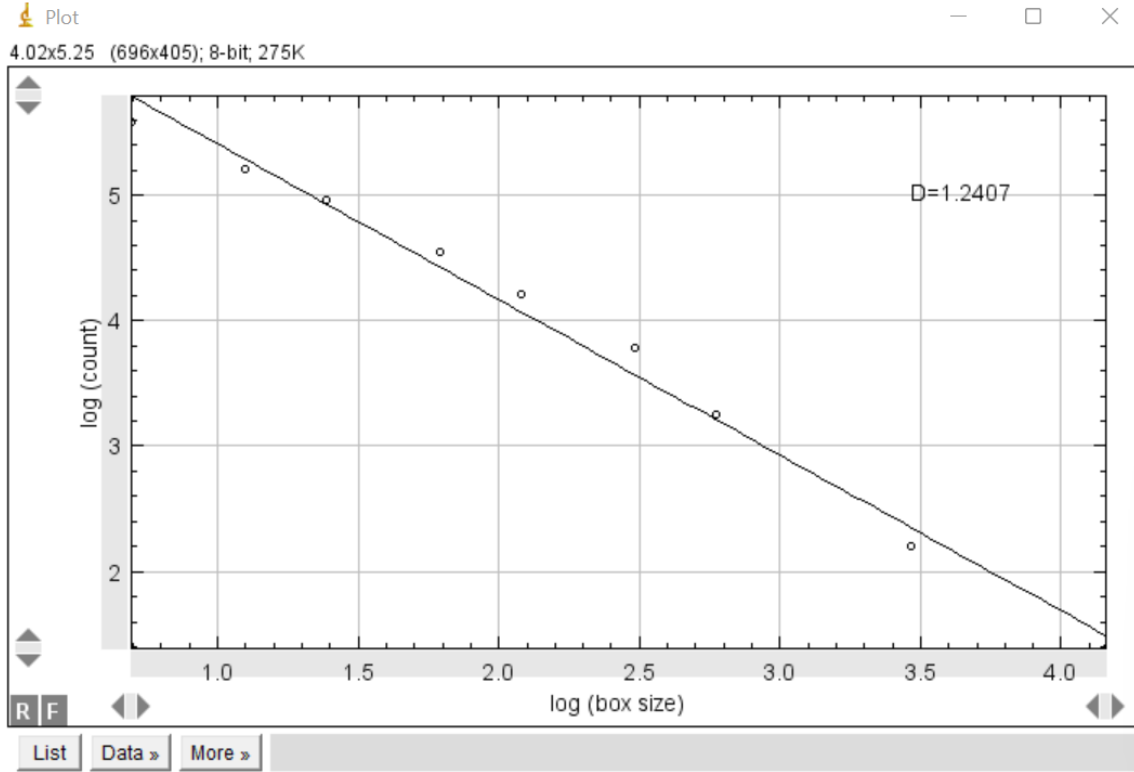
- a) ROI duplike edilir (Şekil 3.2, a).
- b) Duplike görüntü ‘Gaussian Filtresi’(sigma=35) ile bulanıklaştırılır. Bulanıklaştırma ile görüntüde var olan belirgin detaylar yok edilir (Şekil 3.2, b).
- c) Bulanıklaştırılmış görüntü ‘Subtraction’ işlemi ile orijinal görüntüden çıkartılır (Şekil 3.2, c).
- d) Böylece her piksel için 128 gri tonu uygulanır. Görüntüdeki ortalama değer 128 gri tonudur ve oluşan farklı parlaklıktaki alanlar trabeküler yapının belirginleşmesine ve ayırt edilebilmesine yardımcı olur.
- e) Görüntü ‘Type’ seçeneği ile 8-bit görüntüye dönüştürülür.
- f) Görüntü ‘Threshold’ seçeneği ile siyah-beyaz görüntüye dönüştürülür (Şekil 3.2, d).
- g) Oluşturulan siyah-beyaz görüntüde ‘Erode’ seçeneği ile gürültü azaltılır ve ‘Dilate’ seçeneği ile ilgili alanlar belirginleştirilir (Şekil 3.2, e).
- h) Görüntüye ‘Invert’ seçeneği uygulanarak siyah alanlar beyaza, beyaz alanlar siyaha dönüştürülür (Şekil 3.2, f).
- i) Son olarak ‘Skeletonize’ seçeneği ile trabeküler yapı ana hatları çizgisel hale getirilerek iskeletsel görüntü elde edilir ve fraktal analiz için hazır hale getirilir (Şekil 3.2, g).
- j) Fraktal analiz için program içerisindeki ‘Analyze’ sekmesi içerisindeki ‘Tools’ alt sekmesinden ‘Fractal box count’ seçilir. Görüntü boyutları; 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32, 64 piksellik karelere bölünür (Şekil 3.3). Kutu sayma metoduyla toplam kare sayısı hesaplanır. Hesaplanan değerlerin logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Grafiğe en iyi uyan doğru çizildikten sonra oluşan doğrunun eğimi, yapının karmaşıklığını gösteren fraktal boyut değeridir (Şekil 3.4).



Şekil 3.2: Fraktal boyut analizi işlem basamakları a. Duplike edilen görüntü b. Gaussian Filtresi ile bulanıklaştırma c. Subtraction ile orijinal görüntüden bulanıklaştırılan görüntünün çıkarılması d. Threshold ile siyah-beyaz görüntüye çevirme e. Erode ve Dilate ile gürültü azaltılması ve belirginleştirilmesi f. Invert ile renklerin tersine çevrilmesi g. Skeletonize ile iskeletsel görüntü



Şekil 3.3: Görüntünün farklı boyutlarda kutulara bölünmesi



Şekil 3.4: Grafikte görünen doğrunun eğimi ‘Fraktal Boyut Değeri’dir ve sağ üst köşede “D” ile gösterilmiştir.

Elde edilen fraktal boyut değerleri Microsoft Excel programına kaydedilmiş ve istatistiksel değerlendirme için hazır hale getirilmiştir.

3.5 İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler için SPSS 24,0 programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (Ortalama, Standart Sapma, Medyan, Frekans, Oran, Minimum, Maksimum), yanı sıra niceliksel verilerin normal dağılıma uygunlukları basıklık ve çarpıklık değerlerinin kesme noktaları (sınırları) çarpıklık (Skewness) değerleri ile sınıandı. Normal dağılım gösteren 3 ve üzeri grup karşılaştırmalarında One-Way Anova Testi kullanıldı. Gruplar arası farklılık olduğu durumlarda ise farkları belirlemek için Bonferroni düzeltmesi testi kullanıldı. Anlamlılık $p<0,01$ ve $p<0,05$ seviyelerinde değerlendirildi. Gözlemcinin radyografik değerlendirme güvenilirliğinin tanısal tekrarlanabilirliğini kontrol etmek için, radyografilerin %20’si 2 hafta sonra tekrar incelenmiş ve ilk ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Tüm gruplarda korelasyon katsayısı (ICC) değerleri 1’e yakın bulunmuştur ($p<0,01$). Tüm gruplarda her iki ölçümde de aynı veya benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür.

4. BULGULAR

Çalışma grubunu, Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda Ortodonti Anabilim Dalı'nın yönlendirmesi ile tedavi öncesi tanı amaçlı çekilmiş panoramik radyografi görüntüleri oluşturmuştur. Normal Dikey Boyut grubunu yaş ortalaması 21 yıl 5 ay olan 11 erkek 29 kadın, Azalmış Dikey Boyut grubunu yaş ortalaması 23 yıl 3 ay olan 21 erkek 19 kadın ve Artmış Dikey Boyut grubunu yaş ortalaması 23 yıl 11 ay olan 12 erkek 28 kadın oluşturmuştur. Gruplara ayrılan 120 hastanın panoramik radyografileri üzerinden 840 bölgeye fraktal analiz uygulanmıştır. Her bölge için ölçülen fraktal boyut değerleri, gruplar arası karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1: Gruplara Göre Ölçümlerin Değerlendirilmesi

	¹ Normal Dikey Boyut (n=40)		² Azalmış Dikey Boyut (n=40)		³ Artmış Dikey Boyut (n=40)		^a p	Fark
	Mean±SD	Min-Max (Median)	Mean±SD	Min-Max (Median)	Mean±SD	Min-Max (Median)		
K-SA	1,13±0,13	0,91-1,38 (1,16)	1,09±0,12	0,79-1,31 (1,13)	1,08±0,1	0,89-1,3 (1,1)	0,134	
K-SO	1,13±0,12	0,83-1,32 (1,16)	1,14±0,12	0,81-1,36 (1,16)	1,07±0,1	0,8-1,29 (1,09)	0,022*	2-3
GO-SA	1,12±0,1	0,76-1,3 (1,12)	1,11±0,1	0,88-1,33 (1,11)	1,13±0,1	0,9-1,33 (1,11)	0,745	
GO-SO	1,12±0,09	0,95-1,3 (1,12)	1,14±0,1	0,95-1,34 (1,13)	1,13±0,1	0,9-1,34 (1,13)	0,416	
AN-SA	0,99±0,12	0,75-1,2 (1)	1,01±0,13	0,69-1,28 (1,04)	1,01±0,12	0,7-1,22 (1,03)	0,712	
AN-SO	0,95±0,12	0,64-1,2 (0,94)	1,09±0,08	0,91-1,25 (1,11)	1,05±0,1	0,8-1,22 (1,06)	0,001**	1-2, 1-3
SİM	1,09±0,08	0,85-1,23 (1,12)	1,07±0,12	0,74-1,32 (1,08)	1,04±0,1	0,7-1,23 (1,04)	0,049*	1-3

^aOne-Way Anova Testi

**p<0,01 *p<0,05

Mean±SD: Ortalama±Standart Sapma

Gruplara göre K-SA ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Gruplara göre K-SO ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p=0,022$; $p<0,05$). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre azalmış dikey boyut grubunun K-SO ölçümlerinin, artmış dikey boyut grubundan yüksek olması anlamlı bulunmuştur ($p=0,029$; $p<0,05$).

Gruplara göre GO-SA ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,5$).

Gruplara göre GO-SO ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Gruplara göre AN-SA ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Gruplara göre AN-SO ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p=0,001$; $p<0,01$). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre normal dikey boyut grubunun AN-SO ölçümlerinin, azalmış dikey boyut ($p=0,001$) ve artmış dikey boyut ($p=0,001$) gruplarından düşük olması anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında ölçümler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Gruplara göre SİM ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ($p=0,049$; $p<0,05$). Yapılan ikili karşılaştırmalara göre normal dikey boyut grubunun SİM ölçümlerinin, artmış dikey boyut ($p=0,045$) gruplarından yüksek olması anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Diğer gruplar arasında ölçümler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Björk (A. Björk, 1969) büyüme rotasyon tahmini için sefalometrik radyografiler üzerinden 7 yapısal kriter sunmuştur. Bu yapısal kriterlerde özellikle kondil, simfiz, mandibula alt kenarı ve antegonial çentik bölgesinde biçimsel yönden farklılıklarından bahsedilmektedir. Tarif edilen bu farklılıkların trabeküler kemik yapısı açısından değişkenlik gösterip göstermediğini inceleyen bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Trabeküler kemik yapısını incelemeye olanak veren fraktal analiz yöntemi panoramik radyografilerde kullanılarak mandibular kemik üzerindeki ilgili bölgeler değerlendirilmiştir.

Fraktal analiz, düzensiz ve karmaşık yapıların matematiksel olarak değerlendirilebildiği ve ortaya çıkan sonucun fraktal boyut olarak tanımlandığı bir yöntemdir. Fraktal boyut kemikteki mineral ve yoğunluk değişiklikleri ile ilişkilidir (A M Bollen ve diğerleri, 2001) (Southard ve diğerleri, 1996). Fraktal boyutun hesaplandığı yöntemler: Dilatasyon metodu piksel genişletme metodu), kutu sayma metodu (box-counting) ve Richardson metodudur. Kutu sayma metodu en fazla kullanılan yöntemdir ve bu yöntem trabeküler kemik yapının ve kemik iliği boşluklarının incelenebilmesine olanak sağlar (W. G.M. Geraets ve Van der Stelt, 2000). Çalışmamızda fraktal analiz kullanılırken White ve Rudolph(White ve Rudolph, 1999) tarafından tarif edilen kutu sayma metodu (box-counting) uygulanmıştır.

Fraktal analizin belirli sınırlamaları olmasına rağmen, kullanım kolaylığı, projeksiyon geometrisi ve radyasyon dozu gibi farklılıklardan etkilenmemesi, invaziv olmayan bir uygulama oluşu ve objektif sonuçlar vermesi sebebiyle tıp ve diş hekimliğinde kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır (Güleç, Taşşöker, ve Şener, 2019) (Kato ve diğerleri, 2020).

Kemiğin trabeküler ve kortikal yapısında gözlenen değişiklikler, bazı lokal veya sistemik hastalıkların veya patolojilerin erken belirtisi olabilmektedir (Updike ve Nowzari, 2008). Özellikle çene kemiklerini gösteren radyografilerde yapılan çalışma sayısı oldukça fazladır. Çünkü kemik metabolizması çene kemiklerinde uzun kemiklere göre daha hızlıdır. Herhangi bir hastalık veya patolojide, kemik yapıda görülebilecek değişiklikler çene kemiklerinde daha erken tespit edilebilmektedir (Gümüşsoy ve diğerleri, 2019) (Son ve diğerleri, 2020). Talasemi majör (Bayrak ve diğerleri, 2020), osteoporoz (White ve Rudolph, 1999) (Anne Marie Bollen ve diğerleri, 2000) (Yaşar ve Akgünlü, 2006), kronik böbrek yetmezliği

(Gumussoy ve diğeri, 2016) gibi hastalıkların çene kemikleri üzerindeki etkileri fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.

Fraktal boyut değeri, radyografik filmin ışınlanması ve hizalanması gibi varyasyonlardan etkilenmezken; ROI lokalizasyonundan, şeklinden, boyutundan etkilenmektedir (Shrout ve diğeri, 1999). Radyografi cihazının akım (mAs), enerji (kVp) gibi çekim parametreleri ve kon açılanmasındaki farklılıklar fraktal boyut değerini minimal düzeyde etkilemektedir (Jolley ve diğeri, 2006). Görüntülerin depolanması, paylaşımı, aktarımı gibi uygulamalar görüntü kalitesinde azalmalara sebep olabilmektedir. Baksi ve Fidler (Baksi ve Fidler, 2011) fraktal boyutun görüntü kalitesindeki kayıplardan etkilenmediğini bildirmişlerdir. Yine Baksi ve Fidler (Baksi ve Fidler, 2012) çalışmalarında imaj çözünürlüğünün ve ışınlanma süresinin fraktal boyut üzerindeki etkisini incelemişler ve bu değişkenlerle fraktal boyut arasında ilişki tespit etmişlerdir. Görüntüdeki yüksek çözünürlüğün daha yüksek fraktal boyut değerlerine, ışınlanma süresinin artmasının daha düşük fraktal boyut değerlerine neden olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada fraktal boyutun x ışını dozundan ve 20°'ye kadar olan projeksiyon açısından etkilenmediği belirtilmiştir (Samarabandu ve diğeri, 1993).

Ruttimann ve ark. (Ruttimann ve diğeri, 1992), kadavra alt çenelerinin kullanıldığı çalışmada üç farklı projeksiyon açısıyla fraktal analiz uygulamış olup fraktal boyutun ROI lokasyonundan etkilendiği lakin projeksiyon açısından etkilenmediği sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızda tüm panoramik radyografiler Newtom 2D Panoramic (Newtom, Verona, Italy) marka cihaz ve üretici firma tarafından belirtilen çalışma parametreleri ile (7 mA, 72 kVp) elde edilmiştir.

Shrout ve ark. (Shrout ve diğeri, 1997) ROI lokasyonunun fraktal boyuta etkisini inceledikleri çalışmalarında, çalışılacak alanın seçiminde dikkatli olunmasını ve trabeküler yapının incelenmesi amacıyla oluşturulan ROI'nin dış yapılarının içermemesi gerektiğini bildirmişlerdir. Mandibula üzerinde farklı bölgelerin incelendiği bir başka çalışmada, fraktal boyutun ROI'nin farklı anatomik konumlandırmaları için değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Ruttimann ve diğeri, 1992). Bizim çalışmamızda panoramik radyografiler üzerinde ROI'ler, kortikal kemik, diş kökü, mandibular sinir kanalı gibi anatomik yapıların bulunmamasına dikkat edilerek trabeküler yapıyı analiz edecek şekilde belirlenmiştir. Bu kriterleri sağlayabilmek için her bölge için farklı ROI boyutu tercih edilmiştir (kondil (50x50

piksel), gonial bölge (100x100 piksel), antegonial çentik bölgesi (40x40 piksel), simfiz (150x80 piksel)).

Fraktal boyut hesaplamaları için KIBT, panoramik radyografiler, ısırtma radyografileri, periapikal filmler ve sefalometrik radyografiler sıklıkla kullanılmaktadır. Diş hekimliği pratiğinde tanı koymak amaçlı en sık kullanılan görüntüleme tekniği panoramik radyografilerdir. Panoramik radyografileri periapikal filmler ve KIBT izlemektedir (Veenland ve diğerleri, 1996). Panoramik radyograflarda alt ve üst çenenin çevresel sert dokuları tek bir film üzerinde görülebilmektedir. Bütün diş arkının diğer görüntüleme yöntemlerine göre daha düşük radyasyonla ve hızlı bir şekilde görüntüsünün elde edilebilmesi, hasta pozisyonlandırımadaki kolaylığı ve hasta konforunun iyi olması gibi avantajlarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna rağmen superimpozisyonların ve artefaktların fazla oluşu dezavantajları arasında sayılabilmektedir. (Harorlı A ve diğerleri, 2014) (White ve Pharoah, 2014).

Periapikal radyografiler ve ısırtma radyografileri panoramik radyografilere göre daha iyi çözünürlüğe sahiptirler. Bollen ve ark. (A M Bollen ve diğerleri, 2001), çalışmalarında iki görüntüleme tekniğini fraktal boyut açısından karşılaştırmışlar ve periapikal radyografilerden elde edilen fraktal boyut değerinin panoramik radyografilerden elde edilenlere kıyasla daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ek olarak panoramik radyografilerin trabeküler yapıdaki osteoporotik değişimlerin tespit edilmesinde yeterli olduğu belirtilmiştir. Yine başka bir çalışmada periapikal radyografilerdeki değerler panoramik radyografilerdeki değerlere göre daha yüksek bulunmuştur (Barngkgei ve diğerleri, 2019).

Buna rağmen periapikal radyografiler ve ısırtma radyografileri sınırlı bir alanı görüntülemeye olanak sağlarlar ve çevre sert dokuların değerlendirilmesi için yetersizdirler. Literatürde daha sıklıkla kökler arası bölgelerin değerlendirilmesi için periapikal radyografiler ve ısırtma radyografileri kullanılmıştır. Şener ve ark (Şener ve diğerleri, 2015) periapikal radyografileri üzerinden sağlıklı ve orta şiddetli periodontitis hastalarının interdental kemik alanlarına fraktal analiz uygulamışlardır ve periodontitis grubunun fraktal boyut değerleri, sağlıklı grubun değerlerinden anlamlı derecede farklı bulunmuştur.

KIBT ve mikro-BT'lerin en önemli avantajları 3 boyutlu ve yüksek çözünürlüklü görüntülerdeki minimal distorsiyon ve sıfır superimpozisyonudur. Görüntülenmek istenen

sert dokular uzayın 3 yönünde incelenebilmekte ve farklı kalınlıklarda 2 boyutlu kesitler alınabilmektedir. Ancak geleneksel radyograflarla karşılaştırıldığında maruz kalan radyasyon dozu yüksektir. Ayrıca diş hekimliği pratiğinde erişilebilirlik ve maliyet dezavantajı bulunmaktadır, bu dezavantajlardan dolayı fraktal analiz yöntemi için KIBT daha az kullanılmıştır (Kato ve diğerleri, 2020). Literatürde KIBT kullanılarak fraktal analiz yapan çalışmalar mevcuttur (Coşgunarslan ve diğerleri, 2019) (Yeşiltepe ve diğerleri, 2018) (Mostafa ve diğerleri, 2016).

Fraktal boyut değerlerinin, 3 boyutlu görüntüleme tekniklerinden elde edilen 2 boyutlu kesitler ile diğer görüntüleme tekniklerinden elde edilen kesitlerin karşılaştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Magat ve Şener (Magat ve Özcan Şener, 2019) 30 kadavra mandibulası kullandıkları çalışmalarında, KIBT kullanılarak elde edilen fraktal boyut değerlerini panoramik radyografi kullanılarak elde edilen fraktal boyut değerleri ile karşılaştırmışlardır. Panoramik radyografilerden elde edilen fraktal boyut KIBT'a oranla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Yine başka bir çalışmada panoramik radyografilerden elde edilen fraktal boyut değerlerinin, KIBT ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir (Feitosa ve diğerleri, 2020).

Panoramik radyografiler sunduğu avantajlar sebebiyle diş hekimliği pratiğinde daha sıklıkla kullanılmaktadır (Veenland ve diğerleri, 1996). Literatürde de fraktal analiz çalışmaları incelendiğinde, panoramik radyografilerin daha çok tercih edildiği görülmüştür. Veriye ulaşma kolaylığı ve incelenecek daha fazla anatomik yapı imkanından dolayı çalışmalarda daha sıklıkla kullanıldığı düşünülebilir. Çalışmamızda fraktal analiz, trabeküler yapısını incelemek istediğimiz bölgeleri içermesi, fakültemizde rutin olarak kullanılması ve yeterli veriye ulaşabilmek amacıyla panoramik radyografiler üzerinde uygulanmıştır.

Çalışmamızda panoramik radyografiler üzerinde fraktal analiz uygulanacak 7 bölge seçilmiştir. Bu bölgeler Björk'ün (A. Björk, 1969) sefalometrik filmler üzerinde tarif ettiği biçimsel değişikliklerini değerlendirebilmek amacıyla kondil, gonial bölge, antegonial çentik bölgesi ve simfizdir. Kondil, gonial bölge ve antegonial çentik bölgelerinin simetriği de ölçülecek şekilde sağ ve sol olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Fraktal analiz yöntemiyle kondili değerlendiren ve fraktal boyut değerlerini ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Zihni Korkmaz ve diğerleri, 2022) (Kayipmaz ve diğerleri, 2019).

Çalışmamızda farklı kondil başı boyutlarını da uyacak şekilde 50x50 piksel boyutunda ROI seçilmiştir. Kondilin fraktal boyut değerlendirilmesi yapılırken karşılaştığımız en önemli zorluk, panoramik radyografilerde bu bölgede çakışmaların gözlenebilmesi olmuştur. Farklı yapıların ROI alanının içinde yer alması fraktal boyut değerlerini etkileyebilir.

Çoğu çalışmada fraktal analiz, mandibulanın korpus ve gonial bölgesinde uygulanmıştır (Bayrak ve diğerleri, 2020) (Serindere ve Belgin, 2019) (Apolinario ve diğerleri, 2016) (Wil G.M. Geraets ve diğerleri, 2008) (Zihni Korkmaz ve diğerleri, 2022). Bu bölgeler, çakışmalardan minimal etkilenmesi ve geniş trabeküler yapıya sahip olmalarından dolayı alt çenenin değerlendirildiği çalışmalarda sıklıkla kullanılmışlardır. Çalışmamızda gonial bölge ROI boyutları, bu alanın superimpozisyonlardan az miktarda etkilenmesi ve diğer anatomik noktalardan uzak olmasından dolayı 100x100 piksel olarak belirlenmiştir.

Simfizinin fraktal analiz yöntemiyle değerlendirildiği çalışmalar literatürde mevcuttur (Kaba ve diğerleri, 2022) (Arsan, 2022). Ancak gonial bölge ve korpusla karşılaştırıldığında daha az sayıda çalışma karşımıza çıkmaktadır. Panoramik radyografilerde bu bölge superimpozisyonlardan az miktarda etkilenmekte ve trabeküler yapının incelenmesine olanak sağlayan geniş bir alan sunmaktadır. Ancak elde edilen görüntü alt çenenin sagittal konumundan ve distorsiyondan etkilenebilmektedir. Çalışmamızda bu bölge için ROI boyutu, geniş trabeküler yapıyı içine alması ve diğer anatomik yapılardan etkilenmemek için 150x80 piksel olarak belirlenmiştir.

Literatürde antegonial çentik bölgesinin fraktal analiz yöntemiyle değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda bu bölgedeki ROI 40x40 piksel olarak belirlenmiş ve çentiğin en derin noktasında kortikal kemiği içine almayacak şekilde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu bölgede ROI konumlandırması yapılırken diğer anatomik yapıların (özellikle mandibular sinirin) varlığı fraktal boyut değerini etkileyebilir. Bulgularımıza baktığımızda AN-SO için normal dikey boyut grubunun ölçümleri, azalmış dikey boyut ($p=0,001$) ve artmış dikey boyut ($p=0,001$) gruplarından düşük olması anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$). Normal dikey boyut grubunun fraktal boyut değerlerinin artmış dikey boyut grubundan yüksek olması beklenirken elde ettiğimiz bulgu tam tersidir. Bu bulgunun sebebi konumlandırmadaki zorluklar olabilir.

Fraktal analiz uygulanırken ROI'ler araştırmacı tarafından manuel olarak seçilmektedir. ROI boyutları standardize edilse dahi konumlandırmasındaki farklılıklar fraktal boyut değerini etkileyebilir (Ruttimann ve diğerleri, 1992). Çalışmamızda tutarlılığı sağlamak için ölçümler tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Vertikal maloklüzyonların tespiti için sefalometrik analizler sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar sefalometrik analizlerde oranları (Nanda, 1988) (Fields ve diğerleri, 1984) (Janson ve diğerleri, 1994) veya mandibular düzlem açısını kullanmışlardır (J. R. Isaacson ve diğerleri, 1971) (Schendel ve diğerleri, 1976) (Chung ve Mongiovi, 2003) (F. F. Schudy, 1966) (Steiner, 1953). Sella-Nasion düzlemi ve mandibular düzlem arasında oluşan açı (SN-GoGn, SN-GoMe) en sık kullanılmakta olan açıdır. (J. R. Isaacson ve diğerleri, 1971) (Schendel ve diğerleri, 1976) (F. F. Schudy, 1966) (S E Bishara ve Augspurger Jr, 1975) (Karlsen, 1005) McNamara (McNamara, 1984) ise, FH düzlemi ile mandibular düzlem arasında oluşan açıyı (FMA) kullanmayı önermiştir. Matilla ve ark. (Mattila ve diğerleri, 1977) ise kafa kaidesi ile bağlantılı olmayan Gonial açığı bakmayı önermişlerdir.

Yüzün dik yön sınıflamasında kullanılan SN-GoGn, Gonial açı ve FH-GoMe ölçümlerini değerlendiren bir çalışmada, korelasyon katsayıları her üç grupta da yüksek bulunmuştur. Ek olarak SN ve FH doğruları arasında uyumsuzluk bildirilmiştir (Akçam ve Novruzov, 2011). Björk (A Björk, 1951), makalesinde SN düzleminin büyüme sırasında değişime uğradığını öne sürmüştür ancak SN düzleminin tespitinin, FH düzlemine göre daha kolay olduğunu belirtmiştir. Ellis ve McNamara (E. Ellis ve McNamara, 1988) SN düzlemi ile FH düzlemini karşılaştırdıkları çalışmalarında; FH düzlemini işaretlemek için Po noktasının tespitinin SN düzlemini tespit etmekten daha zor olduğunu belirtmişlerdir. SN düzlemi, yüksek tekrarlanabilirliğe sahiptir ancak bu düzlem büyüme sırasında değişebilmekte ve ölçümlerin güvenilirliği azalabilmektedir. Frontal sinüs büyümesi Sella'nın aşağı-geri hareketi ve Nasion'un ileri hareketi ile sonuçlanmaktadır. (Afrand ve diğerleri, 2014). Çalışmamızda sefalometrik değerlendirmede FMA açısı kullanılmış ve 20°'den küçük değere sahip bireyler azalmış dikey boyut grubunu, 25° ± 5° değerindeki bireyler normal dikey boyut grubunu, 30°'den büyük değere sahip bireyler artmış dikey boyut grubunu oluşturmuştur.

Çenelerin ve yüzün büyüme paterninde oluşan dikey maloklüzyonlar yaş ilerledikçe daha belirginleşebilir veya epigenetik faktörler sebebiyle şiddeti artabilir veya azalabilir (Samir

E. Bishara ve diğeri, 1985). Bundan dolayı çalışmamıza dahil edilen hastaların sefalometrik filmleri üzerinde servikal vertebra büyüme evreleri tespit edilmiş, 5 ve üzeri hastalar değerlendirilmiştir. Böylece çalışmaya dahil edilen vakaların pubertal büyüme atılımı sona ermiş bireylerden oluşması sağlanmış ve yaş ortalaması 22 yıl 10 ay olarak tespit edilmiştir.

KIBT kullanılarak yapılan bir çalışmada hipodiverjan, normal ve hiperdiverjan dik yön sınıflamasına sahip hastaların maksiller kemik yoğunlukları karşılaştırılmıştır. Hipodiverjan bireylerin, normal ve hiperdiverjan gruplara kıyasla posterior bölgelerde (bukkal ve palatal kortikal kemik) ve infrazigomatik krest bölgesinde daha yüksek kemik yoğunluğuna sahip oldukları bildirilmiştir (Arvind TR ve Jain, 2021). Başka bir KIBT çalışmasında dik yön yüz büyüme paterni ile alveolar kemik yüksekliği ve kalınlığı arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Hiperdiverjan bireylerin, maksillanın anteriorunda ve hemen hemen tüm mandibular bölgelerde daha ince kortikal kemik gösterdiği belirtilmiştir (Gaffuri ve diğeri, 2021). Schneider ve ark. (Schneider ve diğeri, 2020) ise maksilla ve mandibular kemiklerde kökler arası bölgede yaptıkları kemik kalınlığı ve yoğunluğu ölçümlerinde, hiperdiverjan, hipodiverjan ve normodiverjan dik yön sınıflamasına sahip bireylerde birbirine benzer sonuçlar bildirmişlerdir.

Hipodiverjan ve yüksek çiğneme kuvvetlerine sahip bireylerin, özellikle molar bölgelerde daha yüksek kemik yoğunluğuna sahip oldukları bildirilmiştir (Moon ve diğeri, 2010) (Sato ve diğeri, 2005). Yine benzer olarak Miyawaki ve ark. (Miyawaki ve diğeri, 2003) hipodiverjan gruplarda implantların daha iyi stabiliteye sahip olduklarını ifade etmişlerdir.

Bizim araştırmamızda da ulaşılan sonuçlar bahsedilen çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. K-SO fraktal boyut değerleri, azalmış dikey boyut grubunda artmış dikey boyut grubundan yüksektir ($p=0,029$; $p<0,05$). AN-SO değerlerine bakıldığında normal dikey boyut grubunun ölçümlerin, azalmış dikey boyut ($p=0,001$) grubundan düşük olması anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$). SİM fraktal boyut değerleri, normal dikey boyut grubunda artmış dikey boyut ($p=0,045$) grubundan yüksektir ($p<0,05$).

Akçam ve Novruzov (Akçam ve Novruzov, 2011) vertikal açı değerlerinin sagittal sınıflamadan tamamen bağımsız olmadığını belirtmişlerdir. Kim ve ark. (Kim ve diğeri,

2018) KIBT görüntüleri kullanarak yaptıkları çalışmada, farklı iskeletsel paterne sahip hastaların kondil kemik yoğunluklarını Hounsfield ölçeği ile değerlendirmişlerdir. Dik yön yüz yükseklik oranı azaldıkça ve ANB açısı arttıkça kondil kemik yoğunluğunun arttığını bildirmişlerdir. Ek olarak kemik yoğunluğunun Sınıf II ve Sınıf III grupları arasında anlamlı olarak farklı olduğu belirtilmiştir. Çalışmamıza dahil edilen olgular FMA açısı kullanılarak dik yön gelişimlerine göre gruplara ayrılmış, sagittal bir sınıflama yapılmamıştır.

Cinsiyet ile kemik yapısındaki ilişkiye baktığımızda zıt görüşleri savunan çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Temporomandibular eklem disfonksiyonu bulunan olgularda fraktal boyut analizi yapılmış ve kadınların fraktal boyut değerleri erkeklerden daha düşük bulunmuştur (Alman ve diğerleri, 2012). Mandibular trabeküler kemiğin değerlendirildiği bir çalışmada, sağ gonial bölge ve sol kondil fraktal boyut değerlerinin kadınlarda daha düşük olduğu bildirilmiştir (Güleç, Taşşöker, ve Özcan, 2019). Erkeklerde önemli ölçüde daha yüksek kemik yoğunluğu bildiren başka çalışmalar da mevcuttur (Cassetta ve diğerleri, 2013) (Hiasa ve diğerleri, 2011).

Schneider ve ark. (Schneider ve diğerleri, 2020) yaptıkları çalışmada erkek ve kadın denekler arasında kortikal kemik kalınlığı açısından anlamlı bir fark olmadığını sonucuna ulaşmışlardır. Buna ek olarak, kadın olguların, erkeklere kıyasla daha yüksek bir bukkal kortikal kemik yoğunluğuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle alt çenede kökler arası bölgelerde kadınlarda daha yüksek kemik yoğunluğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar kadınlarda daha yüksek kemik yoğunluğu bildiren Fadhil ve Al-Khatib (Fadhil ve Al-Khatib, 2015) tarafından yayınlanan çalışmanın bulgularıyla örtüşmektedir.

Erkek ve kadınlarda fraktal boyut değerlerinde anlamlı bir fark olmadığını savunan çalışmalar da mevcuttur. Periodontal hastalıklar ve kemiksel değişiklikleri inceleyen bir çalışmada, kadın ve erkekler arasında fraktal boyut değerleri açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır (Updike ve Nowzari, 2008). Benzer olarak kronik böbrek yetmezliği ile mandibular trabeküler yapının incelendiği bir çalışmada da cinsiyet ve yaş ile fraktal boyut değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (Gumussoy ve diğerleri, 2016).

Çalışmamızda panoramik radyografileri değerlendirilen 120 olgunun 44'ü erkek, 76'sı kadın olgulardır. Grup dağılımlarına bakıldığında azalmış dikey boyut grubunu 21 erkek 19 kadın, normal dikey boyut grubunu 11 erkek 29 kadın ve artmış dikey boyut grubunu 12 erkek 28

kadın oluşturmaktadır. Azalmış Dikey Boyut grubu hariç diğer gruplardaki asimetrik cinsiyet dağılımı bulgularımızı etkilemiş olabilmektedir.

Kayıpmaz ve ark. (Kayıpmaz ve diğerleri, 2019) kondiler trabeküler kemik yapısını inceledikleri çalışmalarında, fraktal boyut değerinin yaş ile değişen kemik kalitesi ve miktarından etkilenebileceğini ifade etmişlerdir. Kim ve ark. (Kim ve diğerleri, 2018) 10 ile 20 yaşları arasındaki olguları değerlendirdikleri çalışmada, yaş arttıkça kortikal kemik yoğunluğunun arttığını bildirmişlerdir.

Schneider ve ark. (Schneider ve diğerleri, 2020) ise büyüme-gelişimi devam eden ve büyümeyen olgular arasında kemik kalınlığı açısından anlamlı bir fark gözlenmediğini bildirmişlerdir. Ancak kemik yoğunluğu açısından değerlendirildiğinde, büyümeyen olgular büyümekte olan olgulara göre daha yüksek kemik yoğunluğu göstermişlerdir. Benzer şekilde Cassetta ve ark. (Cassetta ve diğerleri, 2013) yetişkin ve ergen bireyler arasında yaptıkları karşılaştırmada, yetişkinlerde daha yüksek kortikal kemik yoğunluk bildirmişlerdir.

Demirbaş ve ark. (Demirbaş ve diğerleri, 2008) orak hücreli anemi hastalığı bulunan olgularda mandibular kemik yapıyı incelemişler ve 20 yaş altındaki olgularda fraktal boyut değerlerinin 20 yaş üstü olgulardaki değerlerden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Buna karşın yaşın ilerlemesiyle kemik rezorpsiyonunun artışı ve kemikte meydana gelen lokal stresler sebebiyle kemik trabeküllerinin yapısında azalma meydana gelebileceği belirtilmiştir (T M Keaveny ve Yeh, 2002). Benzer olarak trabeküler yapıdaki karmaşıklığın yaş ile birlikte azaldığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Greenwood ve diğerleri, 2018) (Khosla ve diğerleri, 2006).

Çalışmalara bakıldığında, kemik yoğunluğunun büyümekte olan bireylerde yetişkinlere göre daha düşük olduğu sonucuna varılabilir. Ancak yetişkinler arasında karşılaştırma yapıldığında yaşla birlikte trabeküler yapı karmaşıklığının azaldığı görülmüştür. Yani özetle, kemik yoğunluğunda büyüme çağından yetişkinliğe kadar bir artış, yetişkin çağından yaşlılığa doğru bir azalıştan bahsedilebilir. Bizim çalışmamıza dahil edilen panoramik radyografiler, servikal vertebra büyüme evresi 5 ve üzeri olan olgular arasından seçilmiştir. Böylece büyük ölçüde büyümesini tamamlamış olgular çalışmaya dahil edilmişlerdir. 120 olgunun yaş ortalaması 22 yıl 10 ay olarak tespit edilmiştir. Gruplara bakıldığında; normal dikey boyut

grubunun yaş ortalaması 21 yıl 5 ay, azalmış dikey boyut grubunun yaş ortalaması 23 yıl 3 ay ve artmış dikey boyut grubunun yaş ortalaması 23 yıl 11 aydır. Gruplar arası yaş ortalaması birbirine yakındır.

Bruksizm ile mandibular trabeküler yapı arasındaki ilişkiyi inceleyen bir fraktal analiz çalışmasında, panoramik radyografi üzerinde seçilmiş 3 bölge simetrik olarak değerlendirilmiştir. Bruksizme sahip vakalarda sağ kondil bölgesindeki fraktal boyut değerleri kontrol grubuna göre düşük bulunmuştur. Hastaların ağız içi muayeneleri sonucunda, çürük ve restorasyon içeren dişlerin sol tarafta daha fazla oranda bulunduğunu belirtmişlerdir. Böylece hastaların tek taraflı(sağ taraf) çiğneme alışkanlığı olabileceğini ve bu sebeple sağ kondil fraktal boyut değerlerinin düşük çıkmış olabileceğini bildirmişlerdir (Gulec ve diğerleri, 2021).

Oliveira ve ark. (Oliveira ve diğerleri, 2013a) osteoporozun mandibular trabeküler yapıya etkisini inceledikleri bir çalışmada, panoramik radyografiler üzerinde gonial bölge ve korpusu fraktal analiz yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Osteoporoza sahip kadınlarda sağ korpus ve sol korpus fraktal boyut değerlerinde farklılıklar tespit etmişlerdir. Tek taraflı çiğneme alışkanlığının bu farklılığa sebep olabileceğini belirtmişlerdir.

Mandibular asimetriye sahip Sınıf III olgulara ait kondillerin KIBT ile değerlendirildiği bir çalışmada, kemik yoğunluğu sağ ve sol kondilde farklı bulunmuştur. Çalışmada asimetrik çene fonksiyonunun farklı kondil kemik yoğunluğunun ana sebebi olduğu bildirilmiştir (Wen ve diğerleri, 2015).

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara baktığımızda K-SO, AN-SO ve SİM ölçümlerinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Aynı taraftaki (Sol kondil ve sol antegonial çentik) fraktal boyut değerler farklılıkları, retrospektif olarak elimine edilemeyen temporomandibular eklem rahatsızlıkları, tek taraflı çiğneme veya bruksizm gibi faktörlerden kaynaklanmış olabilir.

Björk (A. Björk, 1969) büyüme rotasyon tahmini için sefalometrik radyografiler üzerinden 7 yapısal kriter sunmuştu; kondil başı eğimi, mandibular kanal kurvatürü, mandibula alt kenarının şekli, simfiz eğimi, keserler arası açı, premolarlar ve molarlar arası açı, alt ön yüz yüksekliği. Bir çalışmada, 9 araştırmacı tarafından bu yapısal kriterler kullanarak 135

radyografi değerlendirilmiş ve Von Bremen ve Pancherz (Von Bremen ve Pancherz, 2005) olguların hiperdiverjan veya hipodiverjan olarak kategorize etmenin zor olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, hipodiverjan yapının, hiperdiverjandan daha kolay tanımlanabildiğini belirtmişlerdir. Kolodziej ve ark. (Kolodziej ve diğerleri, 2002) da makalelerinde, antegonial çentik derinliğinin, mandibular büyüme tahmininde yeterli olmadığını bildirmişlerdir. Panoramik radyografiler üzerinden fraktal analiz yöntemiyle bireylerin iskeletsel dikey boyutunun tespit edilebilmesi hedefi, yaptığımız çalışma ile kısmen reddedilmiştir. K-SO fraktal boyut değerleri (artmış dikey boyut <normal dikey boyut <azalmış dikey boyut) öngörümüzü desteklerken, diğer bölgelerden yapılan ölçümler (GO, AN, SİM) tam olarak desteklememektedir. Daha büyük örneklem sayısına sahip ve limitasyonların elimine edildiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda farklı iskeletsel dikey boyuta sahip olgularda panoramik radyografiler kullanılarak, kondil, simfiz, gonial bölge ve antegonial çentik bölgesinin trabeküler kemik yapıları fraktal analiz yöntemiyle retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızın trabeküler kemik yapısını etkileyebilecek temporomandibular eklem rahatsızlıkları, tek taraflı çiğneme alışkanlığı, bruksizm ve asimetri gibi bireysel farklılıkların elimine edilememiş olması gibi limitasyonları mevcuttur. Gelecek prospektif çalışmalarda örneklem grubunun bu özellikler düşünülerek ayrılması tavsiye edilebilir.

Bu tez çalışmasının sonuçlarına göre:

- i. Sağ kondil, sağ-sol gonial bölge ve sağ antegonial bölge fraktal boyut değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).
- ii. Sol kondil fraktal boyut değerleri azalmış dikey boyut grubunda, artmış dikey boyut grubundan anlamlı olarak yüksektir ($p=0,029$; $p<0,05$). Sol antegonial çentik bölgesi fraktal boyut değerlerinin normal dikey boyut grubunda, azalmış dikey boyut ($p=0,001$) ve artmış dikey boyut ($p=0,001$) gruplarından yüksek olması anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$). Simfiz bölgesi fraktal boyut değerlerine baktığımızda normal dikey boyut grubu ölçümleri, artmış dikey boyut grubundan anlamlı olarak yüksektir ($p<0,05$).

- iii. Kondil bölgesinde elde ettiğimiz bulgular daha tutarlıdır. Sol kondil fraktal boyut değerleri artmış dikey boyut grubu ($1,07 \pm 0,1$) <normal dikey boyut grubu ($1,13 \pm 0,12$) <azalmış dikey boyut grubu ($1,14 \pm 0,12$) olarak ölçülmüş ve azalmış dikey boyut grubu ölçümlerinin artmış dikey boyut grubundan yüksek olması anlamlı bulunmuştur. Panoramik radyografiler üzerinden kondil bölgesinin fraktal analizi, bireylerin iskeletsel dikey boyutunun tespit edilebilmesi için diğer bölgelere göre daha doğru sonuçlar verebileceği söylenebilir.



REFERANSLAR

- Afrand, M., Ling, C. P., Khosrotehrani, S., Flores-Mir, C., ve Lagravère-Vich, M. O. (2014). Anterior cranial-base time-related changes: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 146(1). <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2014.03.019>
- Ahlqwist, M., Halling, A., ve Hollender, L. (1986). Rotational panoramic radiography in epidemiological studies of dental health. Comparison between panoramic radiographs and intraoral full mouth surveys. *Swedish Dental Journal*, 10(1–2), 73–84.
- Ahmed, M., Shaikh, A., ve Fida, M. (2016). Diagnostic performance of various cephalometric parameters for the assessment of vertical growth pattern. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 21(4), 41–49. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.21.4.041-049.oar>
- Akbulut, S., Bayrak, S., ve Korkmaz, Y. N. (2020). Prediction of rapid palatal expansion success via fractal analysis in hand-wrist radiographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 158(2), 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.07.018>
- Akçam, Ö. U., ve Novruzov, Z. (2011). Yüzün dik yön sınıflamasında kullanılan sefalometrik açıların incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28(1), 17–22. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazidis/issue/27771/293544>
- Akesson, L., Rohlin, M., ve Håkansson, J. (1989). Marginal bone in periodontal disease: an evaluation of image quality in panoramic and intra-oral radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 18(3), 105–112.
- Aki, T., Nanda, R. S., Currier, G. F., ve Nanda, S. K. (1994). Assessment of symphysis morphology as a predictor of the direction of mandibular growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 106(1), 60–69. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70022-2](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70022-2)

- Alman, A. C., Johnson, L. R., Calverley, D. C., Grunwald, G. K., Lezotte, D. C., ve Hokanson, J. E. (2012). Diagnostic capabilities of fractal dimension and mandibular cortical width to identify men and women with decreased bone mineral density. *Osteoporosis International : A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 23(5), 1631–1636. <https://doi.org/10.1007/S00198-011-1678-Y>
- Anderson, D., ve Popovich, F. (1983). Relation of cranial base flexure to cranial form and mandibular position. *American Journal of Physical Anthropology*, 61(2), 181–187. <https://doi.org/10.1002/AJPA.1330610206>
- Angulo, F. (1987). La radiografía panorámica en pacientes edéntulos y parcialmente edéntulos. In *La radiografía panorámica en pacientes edéntulos y parcialmente edéntulos* (p. 43).
- Apolinario, A. C., Sindeaux, R., De Souza Figueiredo, P. T., Guimarães, A. T. B., Acevedo, A. C., Castro, L. C., De Paula, A. P., De Paula, L. M., De Melo, N. S., ve Leite, A. F. (2016). Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(4). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20150400>
- Araujo, A. S., Fernandes, A. B. N., Maciel, J. V. B., Netto, J. de N. S., ve Bolognese, A. M. (2015). New methodology for evaluating osteoclastic activity induced by orthodontic load. *Journal of Applied Oral Science*, 23, 19–25.
- Ari-Demirkaya, A., Biren, S., Özkan, H., ve Küçükkeleş, N. (2004). Comparison of deep bite and open bite cases: normative data for condylar positions, paths and radiographic appearances. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(3), 213–224. <https://doi.org/10.1046/J.0305-182X.2003.01236.X>
- Arsan, B. (2022). Cone beam computed tomography analysis of mandibular inferior cortical thickness and bone texture in cemento-osseous dysplasia. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 134(1), 110–118. <https://doi.org/10.1016/J.OOOO.2022.02.008>

- Arvind TR, P., ve Jain, R. K. (2021). Computed tomography assessment of maxillary bone density for orthodontic mini-implant placement with respect to vertical growth patterns. *Journal of Orthodontics*, 48(4), 392–402. <https://doi.org/10.1177/14653125211020015>
- Azaz, B., ve Lustmann, J. (1973). Anatomical configurations in dry mandibles. *The British Journal of Oral Surgery*, 11(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/0007-117X\(73\)90068-1](https://doi.org/10.1016/0007-117X(73)90068-1)
- Badwal, R. S. S. (1993). The application of fractal dimension to temporomandibular joint sounds. *Computers in Biology and Medicine*, 23(1), 1–14.
- Baksi, B. G., ve Fidler, A. (2011). Fractal analysis of periapical bone from lossy compressed radiographs: a comparison of two lossy compression methods. *Journal of Digital Imaging*, 24(6), 993–998. <https://doi.org/10.1007/S10278-011-9383-0>
- Baksi, B. G., ve Fidler, A. (2012). Image resolution and exposure time of digital radiographs affects fractal dimension of periapical bone. *Clinical Oral Investigations*, 16(5), 1507–1510. <https://doi.org/10.1007/S00784-011-0639-3>
- Balcioglu, H. A., Kilic, C., Akyol, M., ve Ulusoy, A. T. (2011). Horizontal migration of pre- and postnatal mental foramen: an anatomic study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 75(11), 1436–1441. <https://doi.org/10.1016/J.IJPORL.2011.08.010>
- Barngkgei, I., Halboub, E., ve Almashraqi, A. (2019). Effect of bisphosphonate treatment on the jawbone: an exploratory study using periapical and panoramic radiographic evaluation. *Oral Radiology*, 35(2), 159–170. <https://doi.org/10.1007/S11282-018-0358-4>
- Baumrind, S., Korn, E. L., ve West, E. E. (1984). Prediction of mandibular rotation: an empirical test of clinician performance. *American Journal of Orthodontics*, 86(5), 371–385. [https://doi.org/10.1016/S0002-9416\(84\)90029-0](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(84)90029-0)
- Bayliss, L., Mahoney, D. J., ve Monk, P. (2012). Normal bone physiology, remodelling and its hormonal regulation. *Surgery (Oxford)*, 30(2), 47–53.
- Bayrak, S., Göller Bulut, D., Orhan, K., Sinanoğlu, E. A., Kurşun Çakmak, E. Ş., Mısırlı,

- M., ve Ankaralı, H. (2020). Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiology*, 36(1), 18–24. <https://doi.org/10.1007/S11282-019-00372-7/TABLES/3>
- Beek, M. C. J. V. Der, Hoeksma, J. B., ve Prahl-Andersen, B. (1991). Vertical facial growth: a longitudinal study from 7 to 14 years of age. *European Journal of Orthodontics*, 13(3), 202–208. <https://doi.org/10.1093/EJO/13.3.202>
- Bishara, S E, ve Augspurger Jr, E. F. (1975). The role of mandibular plane inclination in orthodontic diagnosis. *Angle Orthod*, 45(4), 273–281.
- Bishara, Samir E. (2001). *Textbook of orthodontics: Vol. section I chapter IV*. Saunders.
- Bishara, Samir E., Ortho, D., ve Jakobsen, J. R. (1985). Longitudinal changes in three normal facial types. *American Journal of Orthodontics*, 88(6), 466–502. [https://doi.org/10.1016/S0002-9416\(85\)80046-4](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(85)80046-4)
- Bjork, A. (1966). Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta Odontologica Scandinavica*, 22(2), 109–127.
- Björk, A. (1969). Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod*, 55, 585–599.
- Björk, A. (1951). The significance of growth changes in facial pattern and their relationship to changes in occlusion. *Dent Rec(London)*, 71(10), 197–208. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14887399/>
- Björk, Arne. (1963). Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. *Journal of Dental Research*, 42(1)Pt 2(1), 400–411. <https://doi.org/10.1177/00220345630420014701>
- Björk, Arne, ve Skieller, V. (1983). Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *European Journal of Orthodontics*, 5(1), 1–46. <https://doi.org/10.1093/EJO/5.1.1>
- Bollen, A M, Taguchi, A., Hujoel, P. P., ve Hollender, L. G. (2001). Fractal dimension on

- dental radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 30(5), 270–275.
- Bollen, Anne Marie, Taguchi, A., Hujoel, P. P., ve Hollender, L. G. (2000). Case-control study on self-reported osteoporotic fractures and mandibular cortical bone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 90(4), 518–524. <https://doi.org/10.1067/MOE.2000.107802>
- Buckland-Wright, J. C., Lynch, J. A., Rymer, J., ve Fogelman, I. (1994). Fractal signature analysis of macroradiographs measures trabecular organization in lumbar vertebrae of postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 54(2), 106–112.
- Buckwalter, J. A., Glimcher, M. J., Cooper, R. R., ve Recker, R. (1995). Bone biology. II: Formation, form, modeling, remodeling, and regulation of cell function. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 77(8), 1276–1289.
- Buschang, P. H., ve Santos-Pinto, A. (1998). Condylar growth and glenoid fossa displacement during childhood and adolescence. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 113(4), 437–442. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)80016-4](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)80016-4)
- Buschang, Peter H., ve Gandini, L. G. (2002). Mandibular skeletal growth and modelling between 10 and 15 years of age. *European Journal of Orthodontics*, 24(1), 69–79. <https://doi.org/10.1093/EJO/24.1.69>
- Buschang, Peter H., Santos-Pinto, A., ve Demirjian, A. (1999). Incremental growth charts for condylar growth between 6 and 16 years of age. *European Journal of Orthodontics*, 21(2), 167–173. <https://doi.org/10.1093/EJO/21.2.167>
- Cangialosi, T. J. (1984). Skeletal morphologic features of anterior open bite. *American Journal of Orthodontics*, 85(1), 28–36. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(84\)90120-9](https://doi.org/10.1016/0002-9416(84)90120-9)
- Cassetta, M., Sofan, A. A. A., Altieri, F., ve Barbato, E. (2013). Evaluation of alveolar cortical bone thickness and density for orthodontic mini-implant placement. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 5(5), e245. <https://doi.org/10.4317/JCED.51228>

- Cesur, E., Bayrak, S., Kursun-Çakmak, E. S., Arslan, C., Köklü, A., ve Orhan, K. (2020). Evaluating the effects of functional orthodontic treatment on mandibular osseous structure using fractal dimension analysis of dental panoramic radiographs. *Angle Orthodontist*, 90(6), 783–793. <https://doi.org/10.2319/012020-39.1>
- Chung, C. H., ve Mongiovi, V. D. (2003). Craniofacial growth in untreated skeletal Class I subjects with low, average, and high MP-SN angles: A longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(6), 670–678. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.02.004>
- Clarke, B. (2008). Normal bone anatomy and physiology. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 3(3), 131–139.
- Coşgunarslan, A., Aşantoğrol, F., Canger, E. M., Medikoğlu, E. K., ve Soydan, D. (2019). Periodontitis ile ilişkili trabeküler kemik değişikliklerinin fraktal analiz ile incelenmesi. *Selcuk Dental Journal*, 6(4), 341–345. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/selcukdentj/issue/50164/644451>
- Cross, S. S. (1997). Fractals in pathology. *The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland*, 182(1), 1–8.
- Demirbaş, A. K., Ergün, S., Güneri, P., Aktener, B. O., ve Boyacıoğlu, H. (2008). Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(1), e41--e48.
- Downs, W. B. (1948). Variations in facial relationships: Their significance in treatment and prognosis. *American Journal of Orthodontics*, 34(10), 812–840. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(48\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0002-9416(48)90015-3)
- Dung, D. J., ve Smith, R. J. (1988). Cephalometric and clinical diagnoses of open bite tendency. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 94(6), 484–490. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(88\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-5406(88)90006-6)
- Ellis, E., ve McNamara, J. (1988). Cephalometric reference planes--sella nasion vs Frankfort

- horizontal. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 3(2), 81–87.
- Ellis, Edward, ve McNamara, J. A. (1984). Components of adult Class III open-bite malocclusion. *American Journal of Orthodontics*, 86(4), 277–290. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(84\)90138-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(84)90138-6)
- Enlow, D. H., ve Bang, S. (1965). GROWTH AND REMODELING OF THE HUMAN MAXILLA. *American Journal of Orthodontics*, 51(6), 446–464. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(65\)90242-3](https://doi.org/10.1016/0002-9416(65)90242-3)
- Enlow, D. H., ve Hans, M. G. (1996). *Essentials of facial growth* (First edit). WB Saunders.
- Enlow, D. H., ve Harris, D. B. (1964). A study of the postnatal growth of the human mandible. *American Journal of Orthodontics*, 50(1), 25–50. [https://doi.org/10.1016/S0002-9416\(64\)80016-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(64)80016-6)
- Ergun, S., Saraçoğlu, A., Guneri, P., ve Özpinar, B. (2009). Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(5), 281–289.
- Fadhil, R., ve Al-Khatib, A. (2015). Assessment of Cortical Bone Density for Orthodontic Implants Placement: Computerized tomography study. *Al-Rafidain Dental Journal*, 15(1), 393–398. <https://doi.org/10.33899/RDEN.2015.160876>
- Fazzalari, N. L., ve Parkinson, I. H. (1997). Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(4), 632–640.
- Feitosa, É. F., Vasconcellos, M. M., Magalhães, R. J. P., Domingos-Vieira, A. C., Visconti, M. A., Guedes, F. R., Maiolino, A., ve Torres, S. R. (2020). Bisphosphonate alterations of the jaw bones in individuals with multiple myeloma. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(2). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20190155>
- Fields, H. W., Proffit, W. R., Nixon, W. L., Phillips, C., ve Stanek, E. (1984). Facial pattern differences in long-faced children and adults. *American Journal of Orthodontics*, 85(3), 217–223. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(84\)90061-7](https://doi.org/10.1016/0002-9416(84)90061-7)

- Flook, A. G. (1978). The use of dilation logic on the quantimet to achieve fractal dimension characterisation of textured and structured profiles. *Powder Technology*, 21(2), 295–298.
- Gaalaas, L., Henn, L., Gaillard, P. R., Ahmad, M., ve Islam, M. S. (2014). Analysis of trabecular bone using site-specific fractal values calculated from cone beam CT images. *Oral Radiology*, 30(2), 179–185. <https://doi.org/10.1007/s11282-013-0163-z>
- Gaffuri, F., Cossellu, G., Maspero, C., Lanteri, V., Ugolini, A., Rasperini, G., Castro, I. O., ve Farronato, M. (2021). Correlation between facial growth patterns and cortical bone thickness assessed with cone-beam computed tomography in young adult untreated patients. *Saudi Dental Journal*, 33(3), 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2020.01.009>
- Geraets, W. G.M., ve Van der Stelt, P. F. (2000). Fractal properties of bone. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 29(3), 144–153. <https://doi.org/10.1038/SJ/DMFR/4600524>
- Geraets, Wil G.M., Verheij, J. G. C., Van Der Stelt, P. F., Horner, K., Lindh, C., Nicopoulou-Karayianni, K., Jacobs, R., Marjanovic, E. J., Adams, J. E., ve Devlin, H. (2008). Selecting regions of interest on intraoral radiographs for the prediction of bone mineral density. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 37(7), 375–379. <https://doi.org/10.1259/DMFR/29966973>
- Goaz, P. W., ve White, S. C. (1987). Oral radiology: principles and interpretation. In *St Louis: C.V. Mosby Co* (2nd ed.).
- Goldberger, A. L., ve West, B. J. (1987). Fractals in physiology and medicine. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 60(5), 421.
- Göymen, M., ve Güleç, A. (2017). Effects of the Vertical Malocclusion Types on the Dimension of the Mandibular Condyle. *Turkish Journal of Orthodontics*, 30(4), 106. <https://doi.org/10.5152/TURKJORTHOD.2017.17029>
- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L., ve Huang, G. J. (2017). *Orthodontics current principles and techniques: Vol. sixth edition*. Elsevier Health Sciences. https://books.google.com/books/about/Orthodontics_E_Book.html?hl=trveid=N0SwD

- Graber, T. M. (1967). Panoramic radiography in orthodontic diagnosis. *American Journal of Orthodontics*, 53(11), 799–821.
- Gray, H., ve Clemente, C. D. (1985). *Anatomy of the human body* (30th edition). Lea ve Febiger.
- Greenwood, C., Clement, J., Dicken, A., Evans, P., Lyburn, I., Martin, R. M., Stone, N., Zioupos, P., ve Rogers, K. (2018). Age-Related Changes in Femoral Head Trabecular Microarchitecture. *Aging and Disease*, 9(6), 976. <https://doi.org/10.14336/AD.2018.0124>
- Guéguen, R., Jouanny, P., Guillemin, F., Kuntz, C., Pourel, J., ve Siest, G. (1995). Segregation analysis and variance components analysis of bone mineral density in healthy families. *Journal of Bone and Mineral Research*, 10(12), 2017–2022.
- Güleç, M., Taşşöker, M., ve Özcan, S. (2018). Tıpta ve Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz. *EÜ Dişhek Fak Derg*, 40, 17–31.
- Güleç, M., Taşşöker, M., ve Özcan, S. (2019). Mandibular trabeküler kemiğin fraktal boyutu: Yaş, cinsiyet ve ilgi alanı seçiminin önemi nedir? *Selcuk Dental Journal*, 6(4), 15–19. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/selcukdentj/issue/50164/640657>
- Gulec, M., Tassoker, M., Ozcan, S., ve Orhan, K. (2021). Evaluation of the mandibular trabecular bone in patients with bruxism using fractal analysis. *Oral Radiology*, 37(1), 36–45. <https://doi.org/10.1007/S11282-020-00422-5>
- Gümüşsoy, İ., Duman, Ş. B., ve Miloğlu, Ö. (2019). Hiperparatiroidili hastalarda panoramik indeksler ve fraktal analiz kullanılarak mandibular kemiğin incelenmesi. *Selcuk Dental Journal*, 6(4), 299–303. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/selcukdentj/issue/50164/642934>
- Gumusoy, I., Miloglu, O., Cankaya, E., ve Bayrakdar, I. S. (2016). Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(5). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20150389>

- Gürsoy, N. (1972). *Ortodontinin Biyolojik Temelleri* (Issue V).
- H.R., S., ve Rashna H., S. (2013). Lower facial height treatment changes in bi-maxillary protrusion orthodontic cases. *Pakistan Oral and Dental Journal*, 33(1), 65–70.
- Hadjidakis, D. J., ve Androulakis, I. I. (2006). Bone remodeling. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1092(1), 385–396.
- Hapak, F. M. (1964). Cephalometric Appraisal Of The Open-bite Case. *Angle Orthod*, 34(1), 65–72.
- Harorlı A, Akgül H, Yılmaz A, ve Bilge O. (2014). *Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi* (Vol. 1). Nobel Tıp Kitabevleri. <https://nobeltip.com/product/70/agiz-dis-ve-cene-radyolojisi>
- Haskell, B. S. (1979). The human chin and its relationship to mandibular morphology. *Angle Orthodontist*, 49(3), 153–166. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1979\)049<0153:THCAIR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1979)049<0153:THCAIR>2.0.CO;2)
- Heymans, O., Fissette, J., Vico, P., Blacher, S., Masset, D., ve Brouers, F. (2000). Is fractal geometry useful in medicine and biomedical sciences? *Medical Hypotheses*, 54(3), 360–366.
- Hiasa, K., Abe, Y., Okazaki, Y., Nogami, K., Mizumachi, W., ve Akagawa, Y. (2011). Preoperative Computed Tomography-Derived Bone Densities in Hounsfield Units at Implant Sites Acquired Primary Stability. *ISRN Dentistry*, 2011, 1–5. <https://doi.org/10.5402/2011/678729>
- Horn, A. J. (1992). Facial height index. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 102(2), 180–186. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(92\)70031-5](https://doi.org/10.1016/0889-5406(92)70031-5)
- Houston, W. J. B. (1988). Mandibular growth rotations--their mechanisms and importance. *European Journal of Orthodontics*, 10(4), 369–373. <https://doi.org/10.1093/EJO/10.4.369>

- Hoyte, D. A. (1991). The Cranial Base in Normal and Abnormal Skull Growth. *Neurosurgery Clinics of North America*, 2(3), 515–537. [https://doi.org/10.1016/S1042-3680\(18\)30715-0](https://doi.org/10.1016/S1042-3680(18)30715-0)
- İnsal, B., ve Pişkin, İ. (2017). Kemik Dokusunun Fizyolojisi. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 28(1), 28–32.
- Isaacson, J. R., Isaacson, R. J., Speidel, T. M., ve Worms, F. W. (1971). Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations. *The Angle Orthodontist*, 41(3), 219–229. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1971\)041<0219:evivfg>2.0.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1971)041<0219:evivfg>2.0.co;2)
- Isaacson, R. J., Zapfel, R. J., Worms, F. W., ve Erdman, A. G. (1977). Effects of rotational jaw growth on the occlusion and profile. *American Journal of Orthodontics*, 72(3), 276–286. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(77\)90213-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(77)90213-5)
- Jacobson, A. (1995). *Radiographic Cephalometry. How reliable is cephalometric prediction?* (pp. 297–298). Quintessence publishing company Inc. <https://www.scribd.com/document/557490025/24>
- Janson, G. R. P., Metaxas, A., ve Woodside, D. G. (1994). Variation in maxillary and mandibular molar and incisor vertical dimension in 12-year-old subjects with excess, normal, and short lower anterior face height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 106(4), 409–418. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70063-X](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70063-X)
- Jolley, L., Majumdar, S., ve Kapila, S. (2006). Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(6), 393–397.
- Kaba, Y. N., Öner, N. İ., Amuk, M., Bilge, S., Soylu, E., ve Demirbaş, A. E. (2022). Evaluation of trabecular bone healing using fractal dimension analysis after augmentation of alveolar crests with autogenous bone grafts: a preliminary study. *Oral Radiology*, 38(1), 139–146. <https://doi.org/10.1007/s11282-021-00536-4>
- Kang, H.-J., Jeong, S.-W., Jo, B.-H., Kim, Y.-D., ve Kim, S. S. (2012). Observation of

- trabecular changes of the mandible after orthognathic surgery using fractal analysis. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 38(2), 96–100.
- Karlsen, A. T. (1005). Craniofacial growth differences between low and high MP-SN angle males: a longitudinal study. *Angle Orthod*, 65(5), 341–350. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8526293/>
- Kato, C. N. A. O., Barra, S. G., Tavares, N. P. K., Amaral, T. M. P., Brasileiro, C. B., Mesquita, R. A., ve Abreu, L. G. (2020). Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 49(2). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20180457>
- Kayipmaz, S., Akçay, S., Sezgin, Ö. S., ve Çandırli, C. (2019). Trabecular structural changes in the mandibular condyle caused by degenerative osteoarthritis: a comparative study by cone-beam computed tomography imaging. *Oral Radiology*, 35(1), 51–58.
- Keaveny, T M, ve Yeh, O. C. (2002). Architecture and trabecular bone-Toward an improved understanding of the biomechanical effects of age, sex and osteoporosis Age and sex effects on trabecular bone architecture. *J Musculoskel Neuron Interact*, 2(3), 205–208.
- Keaveny, Tony M, Morgan, E. F., Niebur, G. L., ve Yeh, O. C. (2001). Biomechanics of trabecular bone. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 3(1), 307–333.
- Khosla, S., Riggs, B. L., Atkinson, E. J., Oberg, A. L., McDaniel, L. J., Holets, M., Peterson, J. M., ve Melton, L. J. (2006). Effects of sex and age on bone microstructure at the ultradistal radius: a population-based noninvasive in vivo assessment. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 21(1), 124–131. <https://doi.org/10.1359/JBMR.050916>
- Kim, K. J., Park, J. H., Bay, R. C., Lee, M. Y., Chang, N. Y., ve Chae, J. M. (2018). Mandibular condyle bone density in adolescents with varying skeletal patterns evaluated using cone-beam computed tomography: A potential predictive tool. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 154(3), 382–389. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.12.013>
- Kini, U., ve Nandeesh, B. N. (2012). Physiology of bone formation, remodeling, and

- metabolism. In *Radionuclide and hybrid bone imaging* (pp. 29–57). Springer.
- Kliegman, R., Greenbaum, L. A., Lye, P. S., Narlı, N., Yıldızdaş, H. Y., ve Bayazıt, A. K. (2007). *Pediatric Tanı ve Tedavide Pratik Yaklaşımler*. Nobel Kitabevi.
- Kolodziej, R. P., Southard, T. E., Southard, K. A., Casco, J. S., ve Jakobsen, J. R. (2002). Evaluation of antegonial notch depth for growth prediction. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(4), 357–363. <https://doi.org/10.1067/mod.2002.121561>
- Köse, E., Ay Ünüvar, Y., ve Uzun, M. (2022). Assessment of the relationship between fractal analysis of mandibular bone and orthodontic treatment duration. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte Der Kieferorthopädie*, 1–9.
- Kurihara, S. (1980). Remodeling Reversals in Anterior Parts Of the Human Mandible and Maxilla. *The Angle Orthodontist*, 50(2), 98–106. <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/50/2/98/55763/Remodeling-Reversals-in-Anterior-Parts-Of-the>
- Kwak, K. H., Kim, S. S., Kim, Y. Il, ve Kim, Y. D. (2016). Quantitative evaluation of midpalatal suture maturation via fractal analysis. *Korean Journal of Orthodontics*, 46(5), 323–330. <https://doi.org/10.4041/kjod.2016.46.5.323>
- Lee, D.-H., Ku, Y., Rhyu, I.-C., Hong, J.-U., Lee, C.-W., Heo, M.-S., ve Huh, K.-H. (2010). A clinical study of alveolar bone quality using the fractal dimension and the implant stability quotient. *Journal of Periodontal ve Implant Science*, 40(1), 19–24.
- Leibbrandt, A., ve Penninger, J. M. (2008). RANK/RANKL: regulators of immune responses and bone physiology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1143(1), 123–150.
- Lifshitz, F. (2007). Pediatric endocrinology. In *Pediatric Endocrinology, Two Volume Set* (5th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/B16571/PEDIATRIC-ENDOCRINOLOGY-TWO-VOLUME-SET-FIMA-LIFSHITZ>
- Lopes, R., ve Betrouni, N. (2009). Fractal and multifractal analysis: a review. *Medical Image*

Analysis, 13(4), 634–649.

- Lucchesi, M. V, Wood, R. E., ve Nortje, C. J. (1988). Suitability of the panoramic radiograph for assessment of mesiodistal angulation of teeth in the buccal segments of the mandible. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 94(4), 303–310.
- Lund, T. M., ve Manson-Hing, L. R. (1975). A study of the focal troughs of three panoramic dental x-ray machines: Part I. The area of sharpness. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 39(2), 318–328.
- Lynch, J. A., Hawkes, D. J., ve Buckland-Wright, J. C. (1991). Analysis of texture in macroradiographs of osteoarthritic knees, using the fractal signature. *Physics in Medicine ve Biology*, 36(6), 709.
- Magat, G., ve Ozcan Sener, S. (2019). Evaluation of trabecular pattern of mandible using fractal dimension, bone area fraction, and gray scale value: comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography. *Oral Radiology*, 35(1), 35–42. <https://doi.org/10.1007/S11282-018-0316-1>
- Mäkikallio, T. H., Huikuri, H. V, Mäkikallio, A., Sourander, L. B., Mitrani, R. D., Castellanos, A., ve Myerburg, R. J. (2001). Prediction of sudden cardiac death by fractal analysis of heart rate variability in elderly subjects. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(5), 1395–1402.
- Mandelbrot, B. (1967). How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, 156(3775), 636–638.
- Mandelbrot, B. B., ve Mandelbrot, B. B. (1982). *The fractal geometry of nature* (Vol. 1). WH freeman New York.
- Mattila, K., Altonen, M., ve Haavikko, K. (1977). Determination of the gonial angle from the orthopantomogram. *Angle Orthod*, 47(2), 107–110. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/266380/>
- McNamara, J. A. (1984). A method of cephalometric evaluation. *American Journal of*

Orthodontics, 86(6), 449–469. [https://doi.org/10.1016/S0002-9416\(84\)90352-X](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(84)90352-X)

- Miyawaki, S., Koyama, I., Inoue, M., Mishima, K., Sugahara, T., ve Takano-Yamamoto, T. (2003). Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(4), 373–378. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(03\)00565-1](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(03)00565-1)
- Mizoguchi, I., Toriya, N., ve Nakao, Y. (2013). Growth of the mandible and biological characteristics of the mandibular condylar cartilage. *Japanese Dental Science Review*, 49(4), 139–150. <https://doi.org/10.1016/J.JDSR.2013.07.004>
- Moon, C. H., Park, H. K., Nam, J. S., Im, J. S., ve Baek, S. H. (2010). Relationship between vertical skeletal pattern and success rate of orthodontic mini-implants. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 138(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2008.08.032>
- Moss, M. L. (1960). Functional analysis of human mandibular growth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 10(6), 1149–1159. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(60\)90228-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(60)90228-6)
- Mostafa, R. A., Arnout, E. A., ve El-Fotouh, M. M. A. (2016). Feasibility of cone beam computed tomography radiomorphometric analysis and fractal dimension in assessment of postmenopausal osteoporosis in correlation with dual X-ray absorptiometry. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 45(7). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20160212>
- Nahoum, H. I. (1971). Vertical proportions and the palatal plane in anterior open-bite. *American Journal of Orthodontics*, 59(3), 273–282. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(71\)90100-X](https://doi.org/10.1016/0002-9416(71)90100-X)
- Nahoum, H. I. (1975). Anterior open-bite: a cephalometric analysis and suggested treatment procedures. *American Journal of Orthodontics*, 67(5), 513–521. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(75\)90297-3](https://doi.org/10.1016/0002-9416(75)90297-3)
- Nanda, S. K. (1988). Patterns of vertical growth in the face. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 93(2), 103–116.

[https://doi.org/10.1016/0889-5406\(88\)90287-9](https://doi.org/10.1016/0889-5406(88)90287-9)

- Numata, H. (1933). Consideration of the parabolic radiography of the dental arch. *J Shimazu Stud*, 10, 13.
- Oflaz, M. U., ve Görgülü, S. (2017). Ortodontide Büyüme ve Gelişimin Değerlendirilmesi ve Önemi Evaluation and Importance of Growth and Development in Orthodontics. *ADO Klinik Bilimler Dergisi Journal of Clinical Sciences*, 8(2), 1571–1580. <https://dergipark.org.tr/en/pub/adoklinikbilimler/issue/53973/727818>
- Oftadeh, R., Perez-Viloria, M., Villa-Camacho, J. C., Vaziri, A., ve Nazarian, A. (2015). Biomechanics and mechanobiology of trabecular bone: a review. *Journal of Biomechanical Engineering*, 137(1).
- Oliveira, M. L., Pedrosa, E. F. N. C., Cruz, A. D., Haiter-Neto, F., Paula, F. J. A., ve Watanabe, P. C. A. (2013a). Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clinical Oral Investigations*, 17(8), 1847–1853. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0882-2>
- Oliveira, M. L., Pedrosa, E. F. N. C., Cruz, A. D., Haiter-Neto, F., Paula, F. J. A., ve Watanabe, P. C. A. (2013b). Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clinical Oral Investigations*, 17(8), 1847–1853.
- Ott, S. M. (2018). Cortical or trabecular bone: what's the difference? *American Journal of Nephrology*, 47(6), 373–376.
- Özgen, M., Enacar, A., ve Aras, K. (1992). Büyüme Sırasındaki Mandibula Rotasyonları. In *Turkish Journal of Orthodontics* (Vol. 5, Issue 1, pp. 72–76). <https://doi.org/10.13076/1300-3550-5-1-72>
- Paatero, Yrjö V. (1949). The use of a mobile source of light in radiography. *Acta Odontologica Scandinavica*, 8(3), 236–243.
- Paatero, YrjöV. (1961). Pantomography and orthopantomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 14(8), 947–953.

- Paranhos, L. R. enat., Brando, T. M. onteir., Kaieda, A. K., Ramos, A. L. ui., ve Torres, F. C. ésa. (2014). The inadequacy of the Y-axis of growth (SNGn) for the vertical pattern assessment in patients with sagittal discrepancies. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 15(2), 169–173. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10024-1509>
- Parfitt, A. M. (2002). Misconceptions (2): turnover is always higher in cancellous than in cortical bone. *Bone (New York, NY)*, 30(6), 807–809.
- Park, I. Y., Kim, J. H., ve Park, Y. H. (2015). Three-dimensional cone-beam computed tomography based comparison of condylar position and morphology according to the vertical skeletal pattern. *Korean Journal of Orthodontics*, 45(2), 66. <https://doi.org/10.4041/KJOD.2015.45.2.66>
- Pothuaud, L., Benhamou, C. L., Porion, P., Lespessailles, E., Harba, R., ve Levitz, P. (2000). Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15(4), 691–699.
- Premkumar, S. (2011). *Textbook of craniofacial growth*. 377. https://books.google.com/books/about/Textbook_of_Craniofacial_Growth.html?hl=trveid=x8qIAzv4tXAC
- Proffit, W. R., Fields, H. W., ve Sarver, D. M. (2013). Contemporary Orthodontic. In *Contemporary Orthodontics*.
- Raisz, L. G. (1999). Physiology and pathophysiology of bone remodeling. *Clinical Chemistry*, 45(8), 1353–1358.
- Ricketts, R. M. (1957). *Planning Treatment on the Basis of the Facial Pattern and an Estimate of Its Growth*. 27(1), 14–37.
- Ristanović, D., ve Milošević, N. T. (2012). Fractal analysis: methodologies for biomedical researchers. *Fractal Analysis: Methodologies for Biomedical Researchers*, 99–118.
- Rosenberg, P., Arlis, H. R., Haworth, R. D., Heier, L., Hoffman, L., ve LaTrenta, G. (1997). The role of the cranial base in facial growth: experimental craniofacial synostosis in the rabbit. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 99(5), 1396–1407.

<https://doi.org/10.1097/00006534-199704001-00030>

- Ruttimann, U. E., Webber, R. L., ve Hazelrig, J. B. (1992). Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone. A possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 74(1), 98–110. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(92\)90222-C](https://doi.org/10.1016/0030-4220(92)90222-C)
- Samarabandu, J., Acharya, R., Hausmann, E., ve Allen, K. (1993). Analysis of bone X-rays using morphological fractals. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 12(3), 466–470. <https://doi.org/10.1109/42.241873>
- Sánchez, I., ve Uzcátegui, G. (2011). Fractals in dentistry. *Journal of Dentistry*, 39(4), 273–292.
- Sansare, K., Singh, D., ve Karjodkar, F. (2012). Changes in the fractal dimension on pre-and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiology*, 28(1), 15–23.
- Sarısoy, L. T., ve Güngör, K. (2001). Assesment of condylar assymetry in subjects with normal occlusion. *GÜ Diş Hek Fak Derg*, 18, 119–122.
- Sarul Michałand Mikulewicz, M., Kozakiewicz, M., ve Jurczyszyn, K. (2022). Surface Evaluation of Orthodontic Brackets Using Texture and Fractal Dimension Analysis. *Materials*, 15(6), 2071.
- Sassouni, V. (1969). A classification of skeletal facial types. *American Journal of Orthodontics*, 55(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(69\)90122-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(69)90122-5)
- Sato, H., Kawamura, A., Yamaguchi, M., ve Kasai, K. (2005). Relationship between masticatory function and internal structure of the mandible based on computed tomography findings. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 128(6), 766–773. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2005.05.046>
- Schendel, S. A., Eisenfeld, J., Bell, W. H., Epker, B. N., ve Mishelevich, D. J. (1976). The long face syndrome: vertical maxillary excess. *American Journal of Orthodontics*,

70(4), 398–408. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(76\)90112-3](https://doi.org/10.1016/0002-9416(76)90112-3)

Schneider, S., Gandhi, V., Upadhyay, M., Allareddy, V., Tadinada, A., ve Yadav, S. (2020). Sex-, growth pattern-, and growth status-related variability in maxillary and mandibular buccal cortical thickness and density. *Korean Journal of Orthodontics*, 50(2), 108–119. <https://doi.org/10.4041/kjod.2020.50.2.108>

Schudy, F. (1964). Vertical Growth Versus Anteroposterior Growth As Related To Function And Treatment . *Angle Orthod*, 34(2), 75–93. <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/34/2/75/55710/Vertical-Growth-Versus-Anteroposterior-Growth-As>

Schudy, F. F. (1966). The association of anatomical entities as applied to clinical orthodontics. *Angle Orthod*, 36(3), 190–203. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5221251/>

Schwarz, A. M. (1961). Roentgenostatics. A practical evaluation of the x-ray headplate. *American Journal of Orthodontics*, 47(8), 561–585. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(61\)90001-X](https://doi.org/10.1016/0002-9416(61)90001-X)

Sener, E., Cinarcik, S., ve Baksi, B. G. (2015). Use of Fractal Analysis for the Discrimination of Trabecular Changes Between Individuals With Healthy Gingiva or Moderate Periodontitis. *Journal of Periodontology*, 86(12), 1364–1369. <https://doi.org/10.1902/JOP.2015.150004>

Serindere, G., ve Belgin, C. A. (2019). Evaluation of the effects of hemoglobinopathies on the mandible with fractal dimension analysis. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 22(10), 1435–1440. https://doi.org/10.4103/NJCP.NJCP_196_19

Shaikh, A., ve Alvi, A. (2009). Comparison of cephalometric norms of esthetically pleasing faces. *Journal of the College of Physicians and Surgeons*.

Shrout, M. K., Farley, B. A., Patt, S. M., Potter, B. J., Hildebolt, C. F., Pilgram, T. K., Yokoyama-Crothers, N., Dotson, M., Hauser, J., Cohen, S., Kardaris, E., ve Hanes, P. (1999). The effect of region of interest variations on morphologic operations data and gray-level values extracted from digitized dental radiographs. *Oral Surgery, Oral*

- Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 88(5), 636–639.
[https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(99\)70098-3](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(99)70098-3)
- Shrout, M. K., Hildebolt, C. F., ve Potter, B. J. (1997). The effect of varying the region of interest on calculations of fractal index. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 26(5), 295–298. <https://doi.org/10.1038/SJ.DMFR.4600260>
- Siriwat, P. P., ve Jarabak, J. R. (1985). Malocclusion and Facial Morphology Is there a Relationship? *Angle Orthod*, 55(2), 127–138.
- Skieller, V., Björk, A., ve Linde-Hansen, T. (1984). Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *American Journal of Orthodontics*, 86(5), 359–370. [https://doi.org/10.1016/S0002-9416\(84\)90028-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(84)90028-9)
- Smartt, J. M., Low, D. W., ve Bartlett, S. P. (2005). The pediatric mandible: I. A primer on growth and development. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 116(1), 258. <https://doi.org/10.1097/01.PRS.0000169940.69315.9C>
- Smith Jr, T. G., Lange, G. D., ve Marks, W. B. (1996). Fractal methods and results in cellular morphology—dimensions, lacunarity and multifractals. *Journal of Neuroscience Methods*, 69(2), 123–136.
- Son, C., Choi, M. S., ve Park, J. C. (2020). Different Responsiveness of Alveolar Bone and Long Bone to Epithelial-Mesenchymal Interaction-Related Factor. *JBMR Plus*, 4(8). <https://doi.org/10.1002/JBM4.10382>
- Southard, T. E., Southard, K. A., Jakobsen, J. R., Hillis, S. L., ve Najim, C. A. (1996). Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 82(5), 569–576.
- Steiner, C. C. (1953). Cephalometrics for you and me. *American Journal of Orthodontics*, 39(10), 729–755. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(53\)90082-7](https://doi.org/10.1016/0002-9416(53)90082-7)
- Tang, N., Zhao, Z., Liao, C., ve Zhao, M. (2010). Morphological characteristics of mandibular symphysis in adult skeletal class II and class III malocclusions with abnormal vertical skeletal patterns. *West China Journal of Stomatology*, 28(4), 395–

398.

https://www.researchgate.net/publication/46303178_Morphological_characteristics_of_mandibular_symphysis_in_adult_skeletal_class_II_and_class_III_malocclusions_with_abnormal_vertical_skeletal_patterns

Tapanainen, J. M., Thomsen, P. E. B., Køber, L., Torp-Pedersen, C., Mäkikallio, T. H., Still, A.-M., Lindgren, K. S., ve Huikuri, H. V. (2002). Fractal analysis of heart rate variability and mortality after an acute myocardial infarction. *The American Journal of Cardiology*, 90(4), 347–352.

Ülgen, M. (2006). *Ortodonti Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme ve Gelişim* (3rd ed.). Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.

Urdike, S. X., ve Nowzari, H. (2008). Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *Journal of Periodontal Research*, 43(6), 658–664.

Veenland, J. F., Grashuis, J. L., Van Der Meer, F., Beckers, A. L. D., ve Gelsema, E. S. (1996). Estimation of fractal dimension in radiographs. *Medical Physics*, 23(4), 585–594. <https://doi.org/10.1118/1.597816>

Von Bremen, J., ve Pancherz, H. (2005). Association between Björk's structural signs of mandibular growth rotation and skeletofacial morphology. *Angle Orthodontist*, 75(4), 506–509. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2005\)75\[506:ABBSSO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2005)75[506:ABBSSO]2.0.CO;2)

Wagle, N., Do, N. N., Yu, J., ve Borke, J. L. (2005). Fractal analysis of the PDL-bone interface and implications for orthodontic tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(6), 655–661.

Watson, P. J., Fitton, L. C., Meloro, C., Fagan, M. J., ve Gröning, F. (2018). Mechanical adaptation of trabecular bone morphology in the mammalian mandible. *Scientific Reports* 2018 8:1, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25597-0>

Weibel, E. R. (1991). Fractal geometry: a design principle for living organisms. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 261(6), L361–L369.

- Wen, L., Yan, W., Yue, Z., Bo, D., Xiao, Y., ve Chun-Ling, W. (2015). Study of Condylar Asymmetry in Angle Class III Malocclusion With Mandibular Deviation. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 26(3), e264–e268. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000001469>
- White, S. C., ve Pharoah, M. J. (2014). *Oral radiology; Principles and interpretation 5 ed.* (P. Rudolph ve K. Alvis (eds.)). Elsevier Health Sciences. https://books.google.com/books/about/Oral_Radiology_E_Book.html?hl=tr&ved=V7PwAwAAQBAJ
- White, S. C., ve Rudolph, D. J. (1999). Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(5), 628–635.
- Wical, K. E., ve Swoope, C. C. (1974). Studies of residual ridge resorption. Part I. Use of panoramic radiographs for evaluation and classification of mandibular resorption. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 32(1), 7–12.
- Wilding, R. J. C., Slabbert, J. C. G., Kathree, H., Owen, C. P., Crombie, K., ve Delport, P. (1995). The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Archives of Oral Biology*, 40(1), 61–72.
- Wright, S. ., Harris, J. A. ., Jackson, C. M. ., ve Paterson, D. . (1931). The Measurement of Man. *Journal of the American Statistical Association*, 26, 358.
- Yaşar, F., ve Akgünlü, F. (2006). The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 35(1), 1–9. <https://doi.org/10.1259/DMFR/97652136>
- Yeşiltepe, S., Yılmaz, A. B., Kurtuldu, E., ve Sarıca, İ. (2018). Fractal Analysis of Temporomandibular Joint Trabecular Bone Structure in Patients with Rheumatoid Arthritis on Cone Beam Computed Tomography Images. *Meandros Medical and Dental Journal*, 19(4), 345–351. <https://doi.org/10.4274/MEANDROS.36035>
- Zeytinoğlu, M., İlhan, B., DüNDAR, N., ve Boyacıoğlu, H. (2015). Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs.

Clinical Oral Investigations, 19(2), 519–524.

Zihni Korkmaz, M., Yemenoğlu, H., Günaçar, D. N., Ustaoglu, G., ve Ateş Yildirim, E. (2022). The effects of vitamin D deficiency on mandibular bone structure: a retrospective radiological study. *Oral Radiology*, 1, 1–8. <https://doi.org/10.1007/S11282-022-00602-5/TABLES/2>



EK 1: ETİK KURUL ONAY BELGESİ

Evrak Tarih ve Sayısı: 18.08.2022-34452

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: 128
Konu: Dt. Burak Çağrı Çini

Tarih:05.08.2022

Sayın Dt. Burak Çağrı Çini
Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

İlgi: Altınbaş Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığının 30.06.2022 tarihli yazısı ile
Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 2022/135 sayılı yazısı

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2022/135 dosya numaralı “Farklı iskeletsel dikey boyuta sahip olgularda mandibular kemik yoğunluğunun panoramik radyografi üzerinden fraktal analiz yöntemi ile değerlendirilmesi” başlıklı çalışma, kurulumuzun 4 Ağustos 2022 tarih ve 06 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, tutanaklar ekte sunulmuştur.
Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Mustafa Aydın BARLAS
Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmalar
Etik Kurul Başkanı
E-imzalıdır

Eki: Altınbaş Üniversitesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu Karar Formu