

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ORTODONTİ ANA BİLİM DALI



TEK TARAFLI GÖMÜLÜ KANİN DİŞİNİN MANDİBULAR
KONDİLLERİN ALVEOLER KEMİK YOĞUNLUĞU ÜZERİNE
ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: RETROSPEKTİF BİR KİBT
ÇALIŞMASI

UZMANLIK TEZİ

GAMZE BOZKURT KAHRAMANER

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. YASEMİN NUR KORKMAZ

YARDIMCI TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. SEMİHA ARSLAN

BOLU, EKİM 2025

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

Tezin Başlığı : TEK TARAFLI GÖMÜLÜ KANİN DİŞİNİN
MANDİBULAR KONDİLLERİN ALVEOLER KEMİK
YOĞUNLUĞU ÜZERİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ: RETROSPEKTİF BİR KİBT
ÇALIŞMASI

Tezin Savunma Tarihi : 14.10.2025

Tezin Danışmanı : Doç. Dr. Yasemin Nur KORKMAZ

Jüri Başkanı : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Birol ÖZEL

Üye : Doç. Dr. Yasemin Nur KORKMAZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Musa BULUT

DEKANLIK ONAYI

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Ali KELEŞ

DEKAN

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu ve Şablonuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir
- aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %8'i geçmemektedir.

Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmaları Etik Kurulundan 2024/294 sayısı ile etik izin alınmıştır.

GAMZE BOZKURT KAHRAMANER

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimi kapsamında yürütülmüştür. Çalışmada, tek taraflı gömülü maksiller kanini bulunan bireylerin mandibular kondil bölgesindeki trabeküler kemik yapısı fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.

Araştırma retrospektif olarak planlanmış olup, 50 bireye ait konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri üzerinden analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda, gömülü kanin bulunan taraf deney grubu, diğer taraf ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Görüntülerin değerlendirilmesi tek bir gözlemci tarafından yapılmış ve fraktal boyut hesaplamaları ImageJ programı (National Institutes of Health, Bethesda, MD, ABD) kullanılarak kutu sayma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın her aşaması, etik kurallar çerçevesinde ve belirlenen standart protokollere uygun biçimde yapılmıştır.

Gamze BOZKURT KAHRAMANER

14.10.2025

ÖZET

TEK TARAFLI GÖMÜLÜ KANIN DIŞININ MANDİBULAR KONDİLLERİN ALVEOLER KEMİK YOĞUNLUĞU ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: RETROSPEKTİF BİR KIBT ÇALIŞMASI

UZMANLIK TEZİ

GAMZE BOZKURT KAHRAMANER

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. YASEMİN NUR KORKMAZ)

(YARDIMCI DANIŞMAN: DOÇ. DR. SEMİHA ARSLAN)

BOLU, EKİM - 2025

XI + 97 sayfa

Bu araştırmada, tek taraflı gömülü maksiller kaninin mandibular kondilin trabeküler yapısı üzerindeki etkileri fraktal analiz yöntemiyle incelenmiştir. Çalışma, 50 bireye ait konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri kullanılarak retrospektif olarak yürütülmüştür. Her bireyin gömülü kanin bulunan tarafı deney grubu, karşı tarafı ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Mandibular kondil bölgesinden alınan koronal kesitlerde, yalnızca trabeküler yapıyı içerecek şekilde belirlenen 10×10 piksel boyutundaki ilgili bölgeler (region of interest – ROI) üzerinde fraktal boyut (FB) değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler ImageJ programı (National Institutes of Health, Bethesda, MD, ABD) kullanılarak kutu sayma yöntemiyle yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, gömülü kanin bulunan tarafın kondil bölgesine ait FB değerleri, gömülü olmayan tarafa kıyasla daha yüksek olsa da bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Gömülü kaninin sağda bulunduğu bireylerde sağ kondil; solda bulunduğu bireylerde ise sol kondil karşı tarafa göre daha yüksek FB değerlerine sahiptir, ancak bu farklar da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Tek taraflı gömülü kanin bulunan bireylerde mandibular kondilin trabeküler yapısına ait FB değerlerinde sağ ve sol kondiller arasında sayısal farklılıklar gözlenmiş; ancak bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Gömülü maksiller kanin, Mandibular kondil, Fraktal analiz, Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF UNILATERAL IMPACTED CANINE TOOTH ON THE ALVEOLAR BONE DENSITY OF THE MANDIBULAR CONDYLES: A RETROSPECTIVE CBCT STUDY

SPECIALITY THESIS IN ORTHODONTICS

GAMZE BOZKURT KAHRAMANER

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

DEPARTMENT OF ORTHODONTICS

(SUPERVISOR: DOÇ.DR. YASEMİN NUR KORKMAZ)

(CO-SUPERVISOR: DOÇ. DR. SEMİHA ARSLAN)

BOLU, OCTOBER 2025

XI + 97 pages

This study aimed to investigate the effects of a unilateral impacted maxillary canine on the trabecular structure of the mandibular condyle using fractal analysis. The research was conducted retrospectively by evaluating cone-beam computed tomography (CBCT) images from 50 individuals. For each subject, the side with the impacted canine was considered the experimental group, while the contralateral side served as the control group. Fractal dimension (FD) values were calculated over 10×10 pixel regions of interest (ROI) defined exclusively within the trabecular area on coronal sections of the mandibular condyle. Measurements were performed using the box-counting method in ImageJ program (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA). According to the findings, the FD values of the condylar region on the side with the impacted canine were higher compared to the non-impacted side. However, this difference was not statistically significant ($p>0,05$). In individuals with a right-sided impaction, the FD values of the right condyle were higher, while in those with a left-sided impaction, the FD values of the left condyle were higher than their contralateral sides. Nevertheless, these differences were not statistically significant ($p>0,05$). In conclusion, although numerical differences in FD values were observed between sides in individuals with a unilateral impacted maxillary canine, these differences were not statistically significant.

KEYWORDS: Impacted maxillary canine, Mandibular condyle, Fractal analysis, Cone Beam Computed Tomography

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	x
TEŞEKKÜR	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Gömülü Dişler	4
2.1.1 Maksiller Kaninlerin Gelişimi	4
2.1.2 Gömülü Maksiller Kaninlerin Prevalansı	4
2.1.3 Gömülü Kaninlerin Etiyolojisi	5
2.1.4 Anatomik Pozisyonlarının Teşhisi	7
2.2 Temporamandibular Eklem (TME)	11
2.2.1 TME'yi Oluşturan Kemik Yapılar.....	12
2.2.2 TME'yi Oluşturan Yumuşak Doku Elemanları.....	13
2.2.3 Çiğneme Kasları	15
2.2.4 TME'nin Damarlanması ve Uyarılması	17
2.3 Oklüzyonun Tanımı ve Temel Kavramlar.....	17
2.3.1 Optimum Ortopedik Stabil Eklem Konumu.....	18
2.3.2 İdeal Fonksiyonel Diş Temasları.....	20
2.4 Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)	24
2.4.1 TME'nin KIBT ile Görüntülenmesi	26
2.5 Fraktal ve Fraktal Analiz	27
2.5.1 Fraktal Analiz Yöntemleri	31
2.5.2 Fraktal Analizin Tıp ve Diş Hekimliğinde Kullanımı	34
2.5.3 Fraktal Analiz ile Kemik Yapının Değerlendirilmesi	37
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	40
3.1 Hasta Seçimi	40
3.2 Hasta ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması.....	40
3.3 Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) Görüntüleme	41
3.4 Fraktal Analiz	41
3.5 İstatistiksel Yöntem	48
4. BULGULAR	49

5. TARTIŞMA	54
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	76
EKLER.....	96



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Sağ TME' nin görüntülenmesi.....	42
Şekil 3.2. 10x10 piksel ROI oluşturulması	43
Şekil 3.3. ROI'nin dublike edilmesi	43
Şekil 3.4. Gaussian Blur filtresi uygulanması.....	44
Şekil 3.5. 128 gri tonu eklenme işlemi	44
Şekil 3.6. Binary-Erode-Dilate işlemleri uygulanması	45
Şekil 3.7. Edit-invert uygulanışı	45
Şekil 3.8. Skeletonize işleminin uygulanması	46
Şekil 3.9. A) Gaussian Blur uygulanması, B) Dublike ROI görüntüsünden bulanıklaştırılmış görüntünün çıkarılması, C) 128 gri tonu eklenmesi, D) Siyah-beyaz görüntüye dönüştürme (Binarizasyon), E) Bozulmaları azaltmak için Erode	46
Şekil 3.10. Fraktal kutu sayma yöntemi kullanılarak elde edilen fraktal değer	47

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Demografik karşılaştırma	49
Tablo 4.2. Tüm hastalarda gömülü kanin olan taraf ve gömülü kanin olmayan taraf kondillerinin FB karşılaştırılması.....	50
Tablo 4.3. Cinsiyete göre gömülü kanin olan taraf ve gömülü kanin olmayan taraf kondillerinin FB karşılaştırılması.....	50
Tablo 4.4. Sağ ve sol gömülü kanin grupları için sağ ve sol kondil FB değerlerinin karşılaştırılması	51
Tablo 4.5. Kondil FB değerlerinin sağ ve sol gömülü kanin grupları arasında karşılaştırılması	51
Tablo 4.6. Gömülü kanin bulunan ve bulunmayan gruplarda sağ ve sol kondil FB değerlerinin karşılaştırılması	52
Tablo 4.7. Sınıf içi korelasyon katsayısı	53

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

2B	: 2 Boyutlu
3B	: 3 Boyutlu
%	: Yüzde
μSv	: Mikrosievert
BİO	: Bisfosfonat ilişkili Osteonekroz
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CBCT	: Cone Beam Computed Tomography
cm	: Santimetre
DICOM	: Digital Imaging and Communications in Medicine
FA	: Fraktal Analiz
FB	: Fraktal Boyut
FOV	: Field of View
ICC	: Intraclass Correlation Coefficient
KMY	: Kemik Mineral Yoğunluğu
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
kVp	: Kilo voltaj Tepe Noktası
mA	: Miliamper
mm	: Milimetre
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
PDL	: Periodontal ligament
ROI	: Region of Interest
SLOB	: Same Lingual Opposite Buccal
sn	: Saniye
TMB	: Temporomandibular Bozukluk
TME	: Temporomandibular Eklem

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve bu tez çalışması süresince bilimsel rehberliği, bilgi birikimi ve yol göstericiliği ile her zaman yanımda olan, tezimin değerlendirilmesinde her aşamada büyük bir özveriyle destek veren değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Semiha Arslan'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Danışmanım Sayın Doç. Dr. Yasemin Nur Korkmaz'a, uzmanlık eğitimim süresince göstermiş olduğu değerli destek, bilgi ve deneyimlerini paylaşarak sunduğu yol gösterici katkıları için en içten teşekkürlerimi sunarım. Tezimin her aşamasını titizlikle inceleyerek göstermiş olduğu özveri için ayrıca minnettarım.

Bilimsel desteğini ve klinik alandaki katkılarını her zaman hissettiren Sayın Doç. Dr. Yasin Hezenci ve Dr. Öğr. Üyesi Musa Bulut'a içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca, uzmanlık sürecimin son dönemlerinde tanıma fırsatı bulduğum Dr. Öğr. Üyesi Aybüke Asena Atasever İşler'e de teşekkür ederim.

Aynı kademde birlikte görev yaptığım, dostluklarıyla yanımda olan ve nikahlarına şahitlik etme mutluluğunu yaşadığım değerli arkadaşlarım Elif Öner Göksu ve Çağlar Göksu'ya içten teşekkür ederim.

Zor zamanlarımda her daim yanımda olan, desteğini ve dostluğunu hissettiren, tatlılarıyla asistanlık sürecime renk katan değerli arkadaşım Şeyma Yılmaz'a teşekkür ederim.

Ayrıca, uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, özellikle eş kıdemlilerim başta olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma ve klinik ekibe teşekkür ederim.

Asistanlık sürecim boyunca ayrı şehirlerde yaşamamıza rağmen desteğini ve sevgisini her zaman yanımda hissettiren, sabrı ve anlayışıyla bana güç veren sevgili eşim Barnas Kahramaner'e sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak, tüm zorlu dış hekimliği eğitim hayatım boyunca farklı şehirlere birlikte yolculuk yaptığım, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve her koşulda desteğini esirgemeyen melek kalpli annem Selma Bozkurt'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Daimi dişler arasında, üçüncü azı dişlerin ardından en sık gömülü kalan dişler maksiller kaninlerdir (Bishara ve Ortho, 1992). Gömülü maksiller kaninler, genel popülasyonda yaklaşık %2 oranında görülmektedir. Kadınlarda erkeklere kıyasla gömülü maksiller kaninlere daha sık rastlanmaktadır (Proffit ve ark., 2007). Maksiller kanin dişleri hastaların yaklaşık %8'inde bilateral olarak gömülü kalmaktadır (Bishara ve Ortho, 1992). Maksiller gömülü kaninlerin üçte biri labial, üçte ikisi ise palatinal yerleşimli olarak saptanmaktadır (Ericson ve Kuroi, 1988). Maksiller kaninlerin gömülü kalmasında; lokal, sistemik ve genetik kökenli çeşitli etiyolojik faktörler rol oynamaktadır (Bishara ve Ortho, 1992; Cooke ve Wang, 2006; Jacoby, 1983; Ngan ve ark., 2005; Proffit ve ark., 2007; Yavuz ve ark., 2007).

Temporomandibular eklem (TME), mandibula ile kranyum arasında bağlantı sağlayarak alt çenenin hareketlerini düzenleyen yapıdır. Mandibular kondillerin eş zamanlı olarak işlev gördüğü bikondiler bir eklem yapısına sahiptir. TME, insan vücudundaki en karmaşık ve en sık kullanılan eklemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Çiğneme ve konuşma gibi temel fonksiyonların yerine getirilmesinde önemli rol oynar (Alomar ve ark., 2007). Mandibulanın üst kısmında yer alan yuvarlak ve hareketli yapı kondil, bu yapının oturduğu çukur ise artiküler fossa olarak adlandırılır. Kondil ile fossa arasında yer alan fibrokartilajdan oluşan disk, darbe emici bir yastık görevi görerek stresi azaltır ve mandibulanın açılıp kapanması sırasında kondilin düzgün şekilde hareket etmesine olanak tanır (Ide ve Nakazawa, 1991).

Ortopedik açıdan en stabil eklem pozisyonu, kondillerin artiküler fossaların en süpero-anterior kısmında, bu yapıların posterior eğimleriyle temas halinde ve disklerin doğru şekilde yerleşmiş olduğu konumda bulunmasıyla tanımlanır. Bu pozisyonda, eklem yüzeyleri ve çevre dokular öyle bir şekilde hizalanmıştır ki, kaslar tarafından uygulanan kuvvetler eklem yapılarında herhangi bir hasara yol açmaz. Eklemlerin kas-iskelet sistemi açısından stabil pozisyonu, yalnızca stabil bir oklüzal durumla uyum içinde olduğunda sürdürülebilir (Okeson, 2019). Kaslar, fonksiyon için gerekenden çok daha fazla kuvvet uygulama kapasitesine sahiptir (Gibbs ve ark., 1981). Bu nedenle hem fonksiyonel açıdan verimli olan hem de yoğun kuvvetlere karşı hasar oluşma riskini en aza indiren bir oklüzal düzenin

oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Optimum oklüzyon kriterlerinden birincisine göre mandibular kondiller en süpero-anterior pozisyonunda, artiküler eminenslerin posterior eğimleriyle temas halindeyken ve diskler doğru şekilde yerleşmişken, tüm mevcut dişlerin eş zamanlı ve dengeli temas sağlaması gerekmektedir. İkincisi ise, her bir dişin kapanış kuvvetlerini kendi uzun eksenı boyunca iletecek şekilde temas etmesi, yani kuvvetlerin dişin fizyolojik yöneliminde aktarılmasıdır. Horizontal kuvvetler nöromüsküler sistem tarafından iyi tolere edilemez. Lateral hareketler sırasında oluşan zararlı yatay kuvvetlerin, ön dişlere yönlendirilmesi gerekmektedir (Okeson, 2019). Horizontal kuvvetleri karşılamaya en uygun dişler kaninlerdir (Guichet, 1977; Standlee ve ark., 1979; Williamson, 1981). Kaninler, en uzun ve en geniş köklere sahip olmaları nedeniyle en iyi kron-kök oranına sahiptir (Kraus ve ark., 1969). Ayrıca, posterior dişlerin çevresindeki süngerimsi kemiğe kıyasla, yoğun kompakt kemikle çevrili olmaları, kuvvetlere karşı daha dirençli olmalarını sağlar (Goldman ve Cohen, 1968). Kaninlerin bir diğer avantajı ise çiğneme kaslarına ilettikleri duyuşal uyarılarla ilişkilidir. Yapılan çalışmalar, lateral hareketler sırasında kanin temasında posterior diş temasına kıyasla daha az sayıda çiğneme kasının aktive olduğunu göstermektedir (Wheeler, 1974; Williamson ve Lundquist, 1983). Kas aktivitesindeki bu azalma, dental ve eklem yapıları üzerindeki kuvvetlerin de azalmasına ve böylece patolojik etkilerin en aza indirgenmesine olanak tanır. Lateral hareketler sırasında kaninlerin rehberlik oluşturduğu bu ilişkiye kanin koruyuculu oklüzyon denir (Okeson, 2019).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu görüntülerini elde etmek amacıyla özel olarak geliştirilmiş bir görüntüleme yöntemidir. TME bölgesi, KIBT ile süperpozisyon olmadan detaylı incelenebilir. KIBT, TME'nin eş zamanlı olarak görüntülenmesine olanak tanırken, çene ilişkilerinin ve oklüzyonun değerlendirilmesini de mümkün kılar. Bilgisayarlı tomografiye (BT) kıyasla daha düşük radyasyon dozu içermesi, KIBT'i özellikle dejeneratif kemik değışikliklerinin değerlendirilmesinde tercih edilen bir yöntem haline getirmektedir (Alexiou ve ark., 2009).

Diş hekimliğinde, alveoler kemik yapısında meydana gelen değışikliklerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden biri de fraktal boyut (FB) analizidir (Güleç ve ark., 2021). Kemik dokusunun mekanik özellikleri; kortikal kemiğin kalınlığı, trabeküler kemiğin yoğunluğu ve trabeküler yapıların düzenlenme biçimi

ile ilişkilidir. Trabeküler yapının organizasyonu; gözeneklilik, kalınlık ve anizotropi gibi özelliklerle tanımlanır ve bu yapısal karmaşıklığın değerlendirilmesinde fraktal analiz yöntemi kullanılmaktadır. Fraktal analiz, bu yapısal karmaşıklığı sayısal olarak ifade eden FB değeri ile tanımlanır. Literatürde, daha yüksek FB değerlerinin, daha yoğun trabeküler yapı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Arşan ve ark., 2017). Radyografik görüntüler üzerinden elde edilen FB değerleri, trabeküler kemiğin mikroyapısal özelliklerinin yorumlanmasında sıklıkla kullanılmaktadır (Apolinário ve ark., 2016; Arşan ve ark., 2017; Bayrak ve ark., 2020).

Bu çalışmada, tek taraflı gömülü maksiller kanin varlığında, kanin rehberliğinin ve oklüzal stabilitenin bozulabileceği varsayımından yola çıkılarak, bu durumun mandibular kondilin mikroyapısı üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışma için ileri sürülen sıfır hipotezi, tek taraflı gömülü kanin bulunan bireylerde oklüzal stabilitenin bozulmasına bağlı olarak gömülü kanin bulunan tarafın kondili ile karşı tarafın kondili arasında FB değerlerinde anlamlı farklılık gözleneceğidir. Literatürde, tek taraflı gömülü maksiller kanin olgularında kondil mikroyapısının fraktal analiz yöntemiyle değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamış olup, bu çalışma bu açıdan özgün bir nitelik taşımaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Gömülü Dişler

Fizyolojik sürme süresi tamamlanmasına rağmen en az iki yıl boyunca tamamen veya kısmen çene kemiği ya da mukoza içinde kalan dişler, gömülü olarak tanımlanır (Bass, 1967). Klinik olarak sık görülen dental anomaliler arasında yer almakta olup, görülme oranı bölgeden bölgeye ve diştten dişe değişiklik gösterebilmektedir (Alhammadi ve ark., 2018). En sık gömülü kalan dişler üçüncü azı dişleridir ve onları maksiller kanin dişleri takip eder (Pedro ve ark., 2014).

2.1.1 Maksiller Kaninlerin Gelişimi

Maksiller kanin dişleri, tüm dişler arasından erüpsüyon süreci en uzun olanıdır (Dewel, 1949). Diğer dişlere kıyasla daha karmaşık ve dolambaçlı bir sürme yolu izler. Üç yaş civarında maksillanın yüksek bölgelerinde bulunur ve kronu mesial ve hafif palatinal yönde konumlanmıştır. Zamanla oklüzal düzleme doğru hareket ederek dik konumlanmaya başlar ve genellikle lateral kesici dişin kökünün distal yüzüne temas ediyormuş gibi görünür. Bu noktada daha dik bir konuma yönlense de, çoğu zaman belirgin bir mesial eğimle ağız boşluğuna sürer (Moyers, 1988). Takriben 22 milimetre (mm) ile en uzun sürme yoluna sahiptir (Dewel, 1949). Kanin dişinin kron kalsifikasyonu, hemen hemen 1 yaşında süt birinci moların kökleri arasında başlar ve 5-6 yaşında tamamlanır. Gelişim süreci ilerledikçe anterior ve inferior yönde hareket ederek süt kaninin apeksinin bukkal ve mesialine yerleşir. Sonrasında üst lateral kesici dişin kökünün distali boyunca ilerlemeye devam eder. Kanin dişin sürmesiyle birlikte, fizyolojik median diastema zamanla kapanabilir (Becker, 1978). Maksiller kaninler genellikle 11-12 yaş aralığında sürer ve bu süreç, cinsiyete bağlı olarak değişiklik gösterebilir; kadınlarda erkeklere göre daha erken sürme eğilimindedir (Wedl ve ark., 2004).

2.1.2 Gömülü Maksiller Kaninlerin Prevalansı

Gömülü maksiller kaninler, toplumun yaklaşık %2'sinde görülmekte olup, kadınlarda erkeklere kıyasla iki kat daha sık rastlanmaktadır (Proffit ve ark., 2007). Ericson ve Kurol'un (Ericson ve Kurol, 1986b) bildirdiğine göre, maksiller kanin dişlerin gömülü kalma oranı %1,7 olarak hesaplanmıştır. Thilander ve Myrberg'in (Thilander ve Myrberg, 1973) 7-13 yaş aralığındaki çocuklar üzerindeki çalışmasında, gömülü kalma oranının %2,2 olarak tespit edilmiştir. Maksillada

gömülü kanin görülme sıklığı, mandibulaya kıyasla iki kat daha fazla gözlemlenmiştir (Yavuz ve ark., 2007). Literatürde, maksiller gömülü kaninlerin unilateral gömülü kalma oranlarının, bilateral gömülü kalma oranlarından daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Dachi ve Howell'in (Dachi ve Howell, 1961) araştırmasına göre, gömülü maksiller kaninlerin büyük çoğunluğunun (%92) tek taraflı, küçük bir kısmının ise (%8) çift taraflı olarak gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, gömülü maksiller kaninlerin yaklaşık üçte birinin labial, üçte ikisinin ise palatinal yerleşim gösterdiği bildirilmiştir (Ericson ve Kuroi, 1988).

2.1.3 Gömülü Kaninlerin Etiyolojisi

Moyers (Moyers, 1988) gömülü dişlerin genel olarak genetik yatkınlık gösterebileceğini belirtmiş, ancak en önemli etiyolojik faktörler olarak süt dişlerinin ağızda uzun süre kalması, lokal patolojik lezyonların varlığı ve dental ark uzunluğunda meydana gelen azalmayı vurgulamıştır.

Maksiller kaninlerin gömülü kalmasına ilişkin etiyolojik faktörler; lokal, sistemik ve genetik olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Bishara ve Ortho, 1992).

Lokal Etiyolojik Faktörler

- Diş boyutu ile dental ark uzunluğu arasındaki uyumsuzluk
- Lateral kesici dişin konjenital eksikliği
- Lateral kesici dişin kök şeklindeki ve kök gelişimindeki varyasyonlar
- Süt maksiller kaninlerin uzamış retansiyonu ya da erken kaybedilmesi
- Süt maksiller kaninlerin rezorbsiyonunda meydana gelen bozukluklar
- Daimi kanin dişin ankilozu
- Lokal patolojik lezyonların varlığı
- Kök dilasasyonu
- İyatrojenik faktörler
- İdiyopatik faktörler

Sistemik Faktörler

- Hormonal bozukluklar
- Radyasyon
- Ateşli Hastalıklar

Genetik

- Heredite
- Yanlış konumlanmış (malpoze) diş germi
- Alveoler yarık varlığı

McBride'a (McBride, 1979) göre diş boyutu ile dental ark uzunluğu arasındaki uyumsuzluk, daimi dişlerin normal pozisyonlarına sürememelerinin başlıca nedenidir. Üst kaninlerin diş tomurcuğu maksiller sinüsün ön duvarında ve orbital tabanın hemen altında gelişir. Bu nedenle üst kaninler arkta doğru pozisyonda sürebilmek için uzun ve karmaşık bir yol izler. Üst arkta mevcut çapraşıklık, kaninlerin doğal sürme yolunu engelleyerek bukkal veya palatinal yönde yer değiştirmelerine yol açabilir. Bukkal ve palatinal gömülü kaninler farklı etiyolojik faktörlere sahiptir. Jacoby'nin çalışmasında, palatinal yer değiştirmiş kaninlerin %85'inde sürme için yeterli alan bulunurken, bukkal gömülü kaninlerin %83'ünde sürme için yetersiz alan mevcuttur. Bu nedenle, bukkal gömülü kalmalarının başlıca etiyolojik faktörü olarak çapraşıklık belirlenmiştir (Jacoby, 1983).

Palatinal gömülü kaninlerin etiyolojisini açıklamak için iki teori öne sürülmüştür (Bedoya ve Park, 2009).

Rehberlik Teorisi

Becker ve arkadaşları (Becker ve ark., 1981) tarafından 1981 yılında ortaya atılan rehberlik teorisine göre, maksiller daimi kaninlerin dental ark içerisindeki doğru pozisyonlanmasında daimi lateral kesici dişler belirleyici bir rol oynamaktadır. Maksiller daimi kanin diş, sürme sürecinde maksiller daimi lateral kesici dişin distal kök yüzeyinden sağladığı rehberliği kaybettiğinde, palatinal yönde yer değiştirebilir ve sürme süreci tamamlanmadan palatinal bölgede gömülü kalabilir. Becker'in çalışmasında, palatinal gömülü kaninlerin genellikle diastemalı ve küçük mesiodistal genişliğe sahip, konik şekilli veya konjenital olarak eksik lateral kesici dişlerle ilişkili olduğu belirlenmiştir. İncelenen palatinal gömülü kanin vakalarının yaklaşık yarısında lateral kesici diş anomalileri gözlemlenmiştir.

Mesiodistal yönde normalden farklı bir konumda bulunan maksiller daimi lateral kesici dişler, kök gelişiminin, ideal konumda bulunan lateral kesici dişlere

kıyasla daha geç tamamlanmasından dolayı rehberlik işlevini yeterince yerine getiremeyebilir (Becker, 2012).

Palatinal konumda gömülü kanin vakalarında, maksiller daimi lateral kesici dişin konjenital eksikliği veya kama şeklinde olması, genel popülasyona göre yaklaşık 9 kat daha sık rastlanan bir durumdur (Oliver ve ark., 1989).

Genetik Teori

Peck ve arkadaşları (Peck ve ark., 1994) tarafından 1994 yılında ortaya atılan genetik teori, gömülü kaninlerin poligenik ve multifaktöriyel kalıtıma bağlı olarak gelişen bir dental anomali olduğunu öne sürmektedir. Bu görüşlerini; palatinal yerleşimli gömülü kaninlerin, lateral kesici dişlerin konik morfolojisi ve premolar hipodontisi gibi diğer dental anomalilerle birlikte görülmesi, genellikle bilateral olması ve cinsiyet, aile öyküsü ile popülasyonlar arasında farklılık göstermesi gibi bulgularla desteklemişlerdir.

Baccetti (Baccetti, 1998) mine hipoplazisi, süt molar dişlerin infraoklüzyonu, ikinci premolar dişlerin konjenital eksikliği ve küçük maksiller lateral kesici dişler gibi anomalilerin palatinal olarak gömülü maksiller kaninlerle genetik olarak ilişkili olduğunu rapor etmiştir.

2.1.4 Anatmik Pozisyonlarının Teşhisi

Maksiller gömülü kanin teşhis edilirken hem radyografik hem de klinik muayeneden yararlanılmalıdır. Klinik muayene hem görsel değerlendirme hem de palpasyonu içerir. Radyografik muayene için paralaks tekniği ya da KIBT kullanılır (Counihan ve ark., 2013).

Klinik Muayene

Kanin dişin bukkalde mi yoksa palatinal bölgede mi gömülü olduğunu anlamak için, lateral kesici diş ile birinci premolar dişin kökleri arasında olması beklenen kanin kabartısının görsel olarak değerlendirilmesi yapılmalıdır. Lateral dişin eğim açısı da incelenmelidir; distal yönde eğimli bir lateral kesici diş palatinal gömülü bir kanin dişi düşündürebilirken, mesial yönde eğimli olması bukkal gömülü bir kanin dişin varlığına işaret edebilir (Counihan ve ark., 2013).

Görsel muayene sırasında lateral dişin kronunun palatinala doğru eğimlendiği izleniyorsa, palatinalde gömülü kanin dişinin lateral dişin kökünü labiale doğru iterek buna neden olma ihtimali vardır (Becker, 1998).

Kettle, (Kettle, 1957) sekiz yaş itibariyle lateral kesici dişin distalinde bulunan alveolar prosesin bukkal yüzeyinin palpasyonunu, maksiller kanin dişin konumunu tespit etmek için etkili bir tanı yöntemi olarak önermektedir.

Bishara ve Ortho'ya (Bishara ve Ortho, 1992) göre maksiller kanin dişin gömülülüğüne karar verirken aşağıdaki klinik bulgular olası işaretlerdir:

- Daimi kanin dişin sürmesinde gecikme yaşanması veya 14-15 yaş ve üzerindeki bireylerde süt kanin dişin ağızda kalmaya devam etmesi (retansiyonu) durumu
- Palpasyonda labial kanin kabartısının tespit edilememesi ya da asimetrik kanin kabartısı varlığı
- Palatinal bölge palpasyonunda kanin kabartısı tespit edilmesi
- Maksiller lateral kesici dişin erüpsüyonunda gecikme olması, distale doğru eğimlenmesi, anormal yer değişimi görülmesi

Ericson ve Kurol (Ericson ve Kurol, 1986a) 505 çocuğu kapsayan çalışmasında 10 yaşındaki çocukların %29'unda, 11 yaşındaki çocukların %5'inde, 11-15 yaş arasındakilerin %3'ünde maksiller daimi kaninlerin çift taraflı olarak palpe edilemediğini göstermiştir. Bu bulgular, erken yaşlarda kanin kabartısının bulunmamasının ilerleyen dönemlerde kesin olarak gömülü kalma ile sonuçlanmadığını ortaya koymaktadır.

Radyografik Muayene

Gömülü maksiller kaninlerin kesin teşhisinin konulabilmesi için klinik değerlendirmeye birlikte radyografik inceleme de yapılmalıdır (Bishara ve Ortho, 1992).

Ericson ve Kurol (Ericson ve Kurol, 1986b) aşağıdaki durumlar gözlemlendiğinde radyografik değerlendirme yapmayı önermişlerdir:

- Kanin kabartısı için yapılan palpasyonda sağ ve sol arasında asimetri bulunması
- Maksiller daimi kaninler sürmemişken ondan sonra sürmesi gereken dişler sürdüyse

- Maksiller daimi lateral dişlerin geç erüpsüyonu ve bu dişlerde migrasyon gözlenmesi

Gömülü maksiller kanin dişi bulunan vakalarda radyografik incelemenin 10 yaş ve ilerisinde yapılması önerilmiştir. Daha erken yaşlarda yapılan değerlendirmeler erüpsüyon yolu hakkında güvenilir bilgi veremeyebilir (Ericson ve Kurol, 1986b).

Gömülü kaninlerin teşhisinde yaygın olarak panoramik, periapikal, sefalometrik, lateral kafa ve maksiller oklüzal radyografiler kullanılmaktadır. Ayrıca, kanin dişin bukkolingual düzlemde konumunu doğru şekilde belirleyebilmek için en az iki farklı radyografik görüntüleme tekniğinin uygulanması önerilmektedir (Jacobs, 1999).

Periapikal Radyografi

Periapikal filmler gömülü kanin dişinin komşu dişlerle ilişkisini mesiodistal ve süperioinferior olarak iki boyutlu şekilde değerlendirebilmektedir (Bishara ve Ortho, 1992).

Clark (Clark, 1910) yönteminde, incelenecek bölgeden bir röntgen çekildikten sonra cihazın yatay olarak yönü değiştirilerek ikinci röntgen elde edilir. İncelenen nesne cihazın tüpüyle aynı yönde hareket ediyorsa palatinal; aksi yönde hareket ediyorsa bukkal bölgede konumlanmaktadır. Bu yöneme aynı zamanda SLOB (Same Lingual Opposite Buccal) denmektedir (Manne ve ark., 2012).

Bukkal obje kuralında ise, röntgen cihaz tüpü vertikal olarak yaklaşık 20° hareket ettirildiğinde obje aynı yönde hareket ederse palatinalde, ters yönde hareket ederse bukkalde olduğu anlaşılmaktadır (Langland ve ark., 1984).

Oklüzal Radyografi

Gömülü dişlerin bukkolingual konumunu değerlendirmek amacıyla kullanılan ağız içi radyografi yöntemlerinden biri de oklüzal radyografidir. Bu doğrultuda, anterior oklüzal radyografi veya verteks oklüzal radyografi tercih edilmektedir (Becker, 1998).

İlk yöntem olan anterior oklüzal radyografide, tüpün nazal kemik seviyesine yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu teknik, süperpozisyonun minimal olması sayesinde net bir görüntü sağlarken, köklerin gerçekte olduğundan daha kısa görünmesine neden olabilmektedir (Robb, 1982).

Verteks oklüzal radyografide görüntü, tüpün başın üst kısmında, verteks seviyesine yerleştirilmesiyle elde edilmektedir. Bu yöntemde, anterior dişler radyografik görüntüde dairesel bir formda izlenmektedir (Robb, 1982).

Panoramik Radyografi

Panoramik radyografi, maksilla ve mandibulayı, tüm dişleri, temporomandibular eklemleri (TME) ve maksiller sinüsleri tek bir görüntüde değerlendirmeye olanak tanıyan yaygın bir görüntüleme yöntemidir (Becker, 1998).

Daimi maksiller gömülü dişlerin horizontal eğim ve vertikal pozisyonu hakkında bilgi sağlar. Panoramik röntgenlerde, palatinalde gömülü maksiller kaninler, film ya da sensöre daha uzak konumda bulunduğundan panoramik radyografilerde gerçekte olduklarından daha büyük görünebilir. Buna karşılık, labialde yer alan gömülü kanin dişler komşu dişlere kıyasla daha küçük izlenmektedir. Yapılan bir çalışmada, bu radyografik özelliklere dayanarak radyologların gömülü maksiller kanin dişlerin konumunu %89 doğrulukla belirleyebildiği tespit edilmiştir (Wolf ve Mattila, 1979).

Panoramik radyografi ile gömülü maksiller kaninlerin bukkolingual konumunun belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar, teşhis güvenilirliğinin dişin gömülülük derecesine bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur (Chausu ve ark., 1999).

Lateral Sefalometrik Radyografi

Sefalometrik analiz amacıyla, ortodontik tedavi sırasında rutin olarak kullanılan bir radyografi türüdür. Anatomik yapıların süperpozisyonu görülse de, maksillanın anterior lateral bölgesi net bir şekilde incelenebilir ve gömülü maksiller kaninin uzun aksı vertikal ve anteroposterior düzlemde belirlenebilir (Karacin, 2018).

Anteroposterior Sefalometrik Radyografi

Gömülü maksiller kaninin maksiller sinüs ve burun tabanı gibi çevre anatomik yapılarla olan ilişkisi değerlendirilebilir (Manne ve ark., 2012).

8-9 yaşlarında çekilen anteroposterior filmler, maksiller kanin dişin gömülü kalma olasılığı hakkında tahmin sağlayabilir. Normal gelişim sürecinde, kanin

kronunun mesiodistal yönde nazal kavitenin lateral duvarına doğru medial, kökünün ise lateral tarafa eğim göstermesi beklenir. Superoinferior yönde ise kronun, lateral kesici dişin apeksi hizasında ve nazal kavitenin lateral duvarının altında konumlanması gerekir. Ancak, kanin dişin olması gerekenden daha mediale eğimli olması, gömülü kalma ihtimalini düşündürebilir (Becker, 2022).

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Gömülü maksiller kanin dişlerin teşhisinde uzun yıllar konvansiyonel radyografiler kullanılmış olsa da iki boyutlu görüntülerin sağladığı sınırlı bilgi teşhis güvenilirliğini etkileyebilmektedir (Ngan ve ark., 2005). Görüntüde oluşan deformasyonlar ve sınırlı görünümmler nedeniyle vakaların %42'sinde ek radyografik görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır (Taylor ve Jones, 1995).

BT sayesinde üç boyutlu görüntüleme kullanılarak gömülü kanin dişlerin konumu, büyütme hatası ve süperpozisyon olmadan net bir şekilde belirlenebilir. Ayrıca, çevresindeki anatomik yapılarla olan ilişkisi ayrıntılı olarak incelenebilir (Ericson ve Kuroi, 2000).

Ortodontik cerrahi gereksinimi, belirgin yüz asimetrisi, apne problemi, gömülü kanin diş varlığı veya implant ve minivida planlaması gibi durumlarda doğru teşhis ve tedavi süreci için BT tercih edilmektedir. Ancak, yüksek radyasyon dozu nedeniyle günümüzde yerine daha düşük dozlu KIBT kullanılmaktadır (White ve Pae, 2009).

KIBT ile elde edilen ham veriler, tıbbi görüntülemelerde uluslararası kabul gören standart format olan DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) biçiminde saklanmaktadır. Bu görüntüler, bilgisayar algoritmalarıyla işlenerek üç boyutlu görsellere dönüştürülebilir (Cheong ve Lo, 2011). Uygun bir yazılıma aktarıldığında, bu görüntüler üzerinde büyütme, döndürme ve ölçüm gibi analizler gerçekleştirilebilmektedir (Nur, 2010).

2.2 Temporomandibular Eklem (TME)

TME, mandibular kondilin temporal kemikteki glenoid fossa ile eklemlenmesi sonucu oluşan morfolojik ve fonksiyonel açıdan en karmaşık yapılardan biridir. Fonasyon, çiğneme ve yutkunma gibi fonksiyonlara destek olurken hareketli mandibulanın kafa kaidesi ile bağlantısını sağlar. TME hem

rotasyon hem de kayma hareketi gerçekleştirebildiğinden ginglimoartroidal bir eklem olarak sınıflandırılır (Okeson, 2019).

Mandibular kondil ve fossanın doğrudan eklemleşmesini engelleyen yapı, artiküler disk olarak adlandırılır. Artiküler disk, büyük ölçüde kan damarları ve sinir liflerinden yoksun olan yoğun fibröz bağ dokusundan oluşmaktadır (Okeson, 2019).

2.2.1 TME'yi Oluşturan Kemik Yapılar

Mandibular kondil, kafatasının tabanında yer alan temporal kemiğin skuamöz kısmı ile eklemleşerek bağlantı oluşturur. Temporal kemiğin bu bölümü, kondilin oturduğu çukur yapı olan mandibular fossayı içerir ve glenoid fossa olarak da adlandırılır (Okeson, 2019).

Fossanın hemen önünde, artiküler eminens olarak adlandırılan konveks bir kemik yükseltisi bulunur. Artiküler eminensin eğim derecesi bireyler arasında farklılık gösterir. Bu yüzeyin eğim derecesi, mandibula anterior pozisyona getirildiğinde kondilin hareket yolunu belirler. Artiküler eminens yoğun ve kalın bir kemik yapısına sahiptir ve böylece büyük kuvvetlere dayanabilir (Okeson, 2019).

Mandibular kondil, mandibulanın kraniyum ile eklemleşen ve hareketin gerçekleştiği bölümüdür. Frontalden, medial ve lateral olmak üzere iki çıkıntısı bulunur. Genellikle medial olan laterale kıyasla daha belirgindir. Horizontal kesitte, kondilin merkezinden geçen hayali bir çizgi, genellikle mediale ve posteriore doğru uzanarak foramen magnumun ön sınırına doğru uzanır (Okeson, 2019).

Kondilin mediolateral uzunluğu yaklaşık 18–23 mm, anteroposterior genişliği ise 8–10 mm arasında değişmektedir. Kondilin artiküler yüzeyi, kondilin en üst bölümünden anterior ve posterioara doğru uzanır. Ancak, posterior eklem yüzeyi anterior yüzeye kıyasla daha geniştir. Kondilin gerçek artikülasyon yüzeyi, kondilin en süperior noktasının hem anterioruna hem de posterioruna doğru uzanır. Kondil anteroposterior planda belirgin bir konvekslik, mediolateral yönde ise daha hafif bir eğim sergiler (Okeson, 2019)

2.2.2 TME'yi Oluşturan Yumuşak Doku Elemanları

Artiküler Disk

Artiküler disk yani eklem diski, yoğun fibröz bağ dokusundan oluşur ve sinir lifi ile kan damarı içermese de diskin en dış kısmında hafif bir sinir ağı bulunur. Sagittalde, disk kalınlığına göre üç bölgeye ayrılır. Orta kısmı en ince bölgeyi oluştururken, anterior ve posterior bölümleri daha kalındır. Genellikle, posterior kenar anteriordan biraz daha kalın olur. Sağlıklı bir eklemden, kondilin eklem yüzeyi eklem diskinin en ince bölümü olan orta kısımda yer alır ve bu alan, daha kalın anterior ve posterior bölümlerle çevrilidir (Okeson, 2019).

Frontalden incelendiğinde, disk genellikle medial tarafta laterale kıyasla daha kalındır. Bunun nedeni, eklemin medial kısmında kondil ile eklem fossası arasındaki boşluğun daha geniş olmasıdır. Diskin kesin şekli ise, kondil ve mandibular fossanın morfolojisine bağlıdır (Okeson, 2019).

Artiküler disk, posterior tarafta yoğun damar ve sinir ağına sahip olan retrodiskal doku ya da posterior bağlantı olarak adlandırılan gevşek bağ dokusuna bağlanır. Üst kısmı, elastik lifler içeren bağ dokusu tabakası olan superior retrodiskal laminadır ve eklem diskini posterior tarafta timpanik plakaya bağlar. Alt kısmında ise kollajen lifleri içeren inferior retrodiskal lamina yer alır ve diskin posterior kısmını kondilin eklem yüzeyinin arka sınırına bağlar. Geri kalanı büyük bir venöz pleksus ile bağlantılıdır ve kondilin öne doğru hareketi sırasında söz konusu damar ağı kanla dolmaktadır (Sahler ve ark., 1990).

Diskin anterior bölgesindeki kollajen liflerden oluşan superior ve inferior bağlantılar eklemi saran kapsüler ligamente tutunur. Üst kısım, temporal kemiğin eklem yüzeyinin anterior kenarına, alt kısım ise kondilin eklem yüzeyinin anterior kenarına tutunur. Ek olarak, artiküler disk, tendinöz lifler aracılığıyla superior lateral pterygoid kasına da bağlanmaktadır (Okeson, 2019).

Artiküler disk, kapsüler ligamente anterior ve posterior yönde olduğu gibi, medial ve lateral yönde de bağlıdır. Böylece, eklemi iki ayrı boşluğa ayırır.

- Superior boşluk, mandibular fossa ile diskin üst yüzeyi arasında yer alır.
- Inferior boşluk, mandibular kondil ile diskin alt yüzeyi arasında bulunur.

Oluşan boşlukların iç yüzeyleri, eklem içinde sinoviyal zar oluşturan özel endotel hücreleriyle kaplıdır. Ayrıca, retrodiskal dokuların anterior sınırında bulunan özel bir sinoviyal yapı ile bu zar, sinoviyal sıvı üretir. Sinoviyal sıvı, eklem yüzeylerinin kayganlığını sağlayarak sürtünmeyi önler ve eklem lubrikasyonunun temel mekanizmasını oluşturur (Okeson, 2019). Diğer lubrikasyon mekanizması ise eklem fonksiyonu sırasında oluşan kuvvetlerin az miktarda sinoviyal sıvı serbestleştirmesiyle oluşur (Shengyi ve Xu, 1991). Bu aynı zamanda metabolik bir süreçtir ve sınırlı miktarda sinoviyal sıvı sağladığından yüksek kuvvetlerde yetersiz kalabilir (Okeson, 2019).

Ligamentler

Eklem fonksiyonuna doğrudan katılmayan ligamentler, eklem hareketlerini limitleyen pasif dengeleyici yapılardır. Üç ana ve iki yardımcı ligament yer alır. Ana ligamentler; kollateral, kapsüler, temporomandibular ligamenttir. Yardımcılar ise sphenomandibular ve stylomandibular ligamenttir (McKay ve ark., 1992).

Kollateral (diskal) ligament, diskin medial ve lateral uçlarını kondilin ilişkili bölgelerine bağlayarak eklem stabilitesine katkıda bulunur. Bu yapılar eklemi mediolateral yönde iki ayrı boşluğa ayırır. Artiküler diskin kondilden uzaklaşmasına engel olarak diskin stabilitesini sağlar. TME'nin menteşe hareketinden sorumludur. Kollateral ligament eklem pozisyonu ve hareketi hakkında bilgi verir. Aşırı kuvvetlerde ağrı meydana gelebilir (Okeson, 2019).

Kapsüler ligament; TME'yi tamamen çevreler. Kapsüler ligamentin lifleri, üst bölümde temporal kemiğin mandibular fossa ve artiküler eminens sınırlarına tutunurken, alt bölümde kondilin boyun bölgesine bağlanır. Bu ligament, eklemi mediale, laterale ve inferiore yönelen kuvvetlere karşı koruyucu bir bariyer oluşturur. Ayrıca, temel işlevlerinden biri eklem içindeki sinoviyal sıvının bütünlüğünü muhafaza etmektir. Sinirsel iletiminin iyi olması sayesinde eklem hareketleri ve pozisyonuyla ilgili proprioseptif duyu sağlar (Okeson, 2019).

Temporomandibular ligament, dış oblik bölüm ve iç yatay bölüm olmak üzere iki parçadan oluşur. Dış oblik bölüm, artiküler tüberkülün dış yüzeyinden ve zigomatik prosesin posteroinferiorundan kondil boynuna bağlanır. İç yatay bölüm artiküler tüberkül ve zigomatik prosesin dış yüzeyinden başlayıp posterior ve yatay yönde ilerleyerek kondilin lateral yüzeyine ve artiküler diskin arka bölümüne doğru

uzanır. Ligamentin oblik bölümü kondilin aşağı yöndeki hareketini sınırlandırarak ağız açıklığının limitini belirler. Temporomandibular ligamentin iç yatay bölümü, kondil ve artiküler diskin posteriora aşırı hareket etmesine izin vermeyerek retrodiskal dokuları travmaya karşı korur. Ayrıca, ligament lateral pterygoid kasın da aşırı uzamasını engeller. Travma durumlarında ise koruyucu bir işlev üstlenerek retrodiskal yapıların zarar görmesini engeller (Okeson, 2019).

Sfenomandibular ligament, sfenoid kemiğin spinasından başlayarak mandibula ramusunun medial yüzeyindeki lingula parçasına uzanır. Mandibula hareketlerini belirgin şekilde kısıtlamaz (Okeson, 2019).

Stylomandibular ligament, temporal kemiğin styloid çıkıntısından başlayarak mandibula ramusunun posterior sınırına uzanır. Mandibula protrüzyondayken gerilir, ancak ağız açıldığında en gevşek duruma geçer. Bu ligament, mandibulanın aşırı protrüzyonunu sınırlar (Okeson, 2019).

2.2.3 Çiğneme Kasları

Masseter Kas

Zigomatik arkten başlayıp mandibular ramusun lateralinden alt kenarına uzanan kastır. Derin kısmı vertikal seyreden liflerden, yüzeysel kısmı ise aşağıya ve geriye yönelen liflerden meydana gelir. Masseter kası kasıldığında alt çene yukarı doğru kaldırılır ve bu sayede çenenin kapanması ile dişler arası temas gerçekleşir. Çiğneme için gerekli olan güçlü kas yapısına sahiptir. Yüzeysel kısmı mandibulanın protrüzyon hareketine de yardım eder (Okeson, 2019).

Temporal Kas

Fossa temporaliste yer alan kafatasının lateralinde yelpaze şeklinde konumlanmış geniş bir kastır. Lifleri zigomatik arka doğru ilerleyerek koronoid çıkıntı ile mandibula ramusunun anterior sınırına tutunur. Temporalis kası kasıldığında, mandibulayı yukarı hareket ettirerek dişlerin kapanmasını sağlar (Okeson, 2019).

Liflerinin yönüne ve fonksiyonlarına göre 3 kısma ayrılır. Anterior bölüm dikey liflerden meydana gelir ve bu lifler aktif hale geçtiğinde mandibulanın vertikal yöndeki hareketini gerçekleştirir. Orta bölüm, kafatasının lateralinden oblik olarak seyreden ve devamında hafifçe öne yönelen liflere sahiptir. Kasıldığında

mandibula yukarı hareket eder ve retrüzyona uğrar. Posterior bölüm, horizontal sıralı liflerden oluşur (Okeson, 2019). Posterior bölüm kasıldığında, mandibula yukarı hareket eder ve hafif bir retrüzyon oluşur (El, 1980).

Lateral Pterygoid Kas

İnferior lateral pterygoid kası, pterygoid lateralisin dış yüzünden köken alır ve geriye, yukarıya ve dışa doğru ilerleyerek kondil boynunda sonlanır. İnferior lateral pterygoidler sağ ve sol olarak birlikte kasıldığında, kondillerin öne ve aşağı hareketi sağlanır ve ağız açılır. Tek taraflı kasılma, ilgili kondilin mediotrusiv hareketini sağlar ve mandibulanın lateral hareketine izin verir (Okeson, 2019).

Superior lateral pterygoid, sfenoid kemiğin büyük kanadından başlayıp geriye ve dışa doğru seyrederek eklem kapsülüne, eklem diskine ve kondil boynuna tutunur. İnferior lateral pterygoid mandibulanın açılması sırasında aktifken, superior lateral pterygoid pasiftir ve sadece dişlerin sıkılması gibi yüksek kuvvet içeren durumlarda aktif olur (Okeson, 2019).

Lateral pterygoid kasının her ikisi de yaklaşık %80 oranında yavaş kas lifleri içerir (Eriksson ve ark., 1981). Böylece bu kaslar yorgunluğa karşı oldukça dirençli olup kondilin uzun süre stabilizasyonunu sağlar (Okeson, 2019).

Medial Pterygoid Kas

Medial pterygoid kas, pterygoid fossadan başlayarak aşağı, geriye ve dışa doğru uzanarak mandibulanın medialinde sonlanır. Kasıldığında, mandibula yukarı hareket ederek dişler kapanışa gelir. Ayrıca, mandibulanın protrüzyonuna da katılır. Tek taraflı kasıldığında mandibula mediotrüziv hareket yapar (Okeson, 2019).

Digastrik Kas

Digastrik kas, iki ayrı bölüme sahiptir. Posterior kısım, mastoid çentikten başlar, anterior ise mandibulanın lingualinden başlar. Her ikisi de hyoid kemiğe tutunur. Sağ ve sol digastrik kaslar kasıldığında mandibula aşağı ve geriye çekilir, böylece dişler birbirinden uzaklaşır. Suprahyoid ve infrahyoid kaslarla birlikte hyoid kemiğin yükselmesini sağlayarak yutkunmaya katkı sağlar (Okeson, 2019).

2.2.4 TME'nin Damarlanması ve Uyarılması

TME, çevresindeki geniş damar ağı sayesinde beslenir. Başlıca arterler arteria temporalis superficialis, arteria meningea media ve arteria maxillaris internadır. Bunun yanı sıra, arteria auricularis profunda, arteria tympanica anterior ve arteria pharyngea ascendens de eklem kanlanmasına katkıda bulunur. Kondilin beslenmesi ise arteria alveolaris inferior yoluyla kemik iliği boşluklarından sağlanırken, ek olarak kondil başına doğrudan giren besleyici damarlar da destek olur (Tanaka, 1992).

TME'nin duysal iletimi, mandibular sinirin (V3) dalları tarafından sağlanır. Aurikulotemporal sinir, eklem arkasından yükselerek lateral ve superior yönde ilerleyip eklem posterior bölgesini sararak en büyük duysal iletimi sağlar (Fernandes ve ark., 2003).

TME'nin venöz drenajı, vena temporalis superficialis, maksiller pleksus ve pterygoid pleksus aracılığıyla gerçekleşir (Norton, 2011).

2.3 Oklüzyonun Tanımı ve Temel Kavramlar

Edward Angle tarafından dişlerin oklüzal ilişkileri ilk kez 1899 yılında tanımlanmıştır (Angle, 1899). İdeal fonksiyonel oklüzyonu tanımlamak için ilk anlayışta "balanslı oklüzyon" ifadesi kullanılmıştır (Sears, 1925). Bu anlayış, tüm lateral ve protrüziv hareketler sırasında dişler arasında hem bilateral hem de dengeleyici temasların sağlanmasını savunmuştur. Balanslı oklüzyon kavramı, özellikle tam protezler için oluşturulmuş olup, mandibular hareketler sırasında protezin stabilitesini artıracak düşünülmüştür (Meyer, 1933).

Dişler için dengeli oklüzyonun sağlanmasına yönelik olarak, unilateral eksantrik temas kavramı geliştirilmiştir. Bu teori, hem laterotrusiv (çalışma temasları) hem de protrüziv temasların yalnızca ön dişlerde meydana gelmesi gerektiğini savunmuştur (Schuyler, 1947). Bu süreçte literatürde yerini alan gnatoloji terimi, mandibular hareketler ve bu hareketlerin sonucunda ortaya çıkan oklüzal temasların incelendiği kesin ve sistematik bir bilim dalı olarak kabul edilmiştir. Gnatolojik yaklaşım, dişlerin restorasyonunda kullanılmasının yanı sıra, oklüzal problemleri elimine etmeyi amaçlamıştır (Okeson, 2019).

1970'lerin sonlarında, dinamik bireysel oklüzyon kavramı ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, belirli oklüzal ilişkiler yerine çiğneme sisteminin sağlığı ve işlevselliğine odaklanmıştır (Ramfjord ve Ash, 1983). Çiğneme sistemi patolojik

bir durum olmaksızın işlevini sürdürebiliyorsa, mevcut oklüzyon fizyolojik olarak kabul edilir ve değişiklik yapılmasına gerek yoktur (Okeson, 2019).

Çiğneme sistemi; kaslar, kemikler, ligamentler, dişlerden oluşan oldukça karmaşık bir yapıdır. Mandibula, ligamentlerle kraniuma bağlanır ve masseter, medial pterygoid ve temporalis gibi elevatör kaslar kasıldığında, yukarı doğru hareket ederek diş temasları kurar. Sağ ve sol TME ve dişlerde kuvvet alanları oluşturur. Bu nedenle üç bölgede hasar oluşma riski yüksektir. Herhangi bir travmayı önlemek, en aza indirmek ya da ortadan kaldırmak için bu bölgelerin optimum ortopedik ilişkisinin titizlikle değerlendirilmesi gerekir (Okeson, 2019).

2.3.1 Optimum Ortopedik Stabil Eklem Konumu

Diş hekimliğinde sentrik ilişki kavramı yıllar içinde farklı tanımlamalara sahip olsa da genel olarak kondillerin ortopedik olarak stabil bir konumda olduğu mandibula pozisyonunu ifade etmektedir. Sentrik ilişki, önceki tanımlamalarda kondillerin en gerideki konumu olarak ifade edilmiştir (Posselt, 1952). Bu konum, asıl olarak TME ligamanetleriyle belirlendiği için bağ dokusal pozisyon olarak nitelendirilmiştir. Sentrik ilişki, total protez hastalarında mandibula ile maksilla arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve oklüzal temasların kontrol edilmesi için kullanılan, tekrarlanabilir ve güvenilir bir kılavuz olarak protetik diş hekimliği alanında belirleyici olmuştur (Okeson, 2019).

Erken dönem elektromiyografik analizlerin bulguları, dişler maksimum interkuspidasyondayken kondiller sentrik ilişki konumunda bulunduğu çiğneme kaslarının daha dengeli bir şekilde ve daha az kuvvetle çalıştığını göstermiştir (Brill ve ark., 1962; S. Ramfjord, 1961; S. P. Ramfjord, 1961)

Ortopedik olarak stabil eklem pozisyonunun belirlenmesinde, TME'nin anatomik yapılarının dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Yoğun fibröz bağ dokusundan oluşan ve sinirler ile kan damarlarından yoksun olan artiküler disk, ağır kuvvetlere zarar görmeden dayanabilir ve ağırlı uyaranların oluşumunu engeller. Diskin temel işlevi, fonksiyonel hareketler esnasında kondili mandibular fossadan ayırmak, korumak ve stabilize etmektir. Eklem stabilitesi, artiküler diskten ziyade, eklem dislokasyonunu önleyen kaslar tarafından sağlanır. Bu kasların uyguladığı kuvvetler, en uygun ortopedik eklem pozisyonunu belirler (Okeson, 2019).

TME'nin en stabil pozisyonunu sağlamak için temel kaslar, elevatör olan masseter, medial pterygoid ve temporal kaslardır. Masseter ve medial pterygoidler

kondilleri süpero-anterior olarak yönlendirir. Temporal kaslar ise kondillere esas olarak süperior olarak kuvvet uygular (Moffett Jr ve ark., 1964). Bu üç kas grubunun yanında inferior lateral pterygoidler de eklem pozisyonunun ve stabilitesinin sağlanmasına katkıda bulunur. Kasların yönlendirdiği en stabil ortopedik eklem pozisyonu, kondillerin artiküler fossanın en süpero-anterioruna yerleşmiş ve artiküler eminensin arka çıkıntılarına temas ettiği konumdur. Bu pozisyon, kasların doğal hareket yönüyle uyumludur ve eklemin stabilitesini sağlar. Kondillerin artiküler eminensin eğimi boyunca daha aşağı konumlara yerleşmesi mümkündür fakat bu durum protrüziv hareket gibi fonksiyonel hareketleri temsil eder ve ortopedik stabilite açısından ideal bir pozisyon olarak kabul edilmez (Okeson, 2019).

Ortopedik olarak stabil eklem pozisyonu artiküler disklerin pozisyonu dikkate alınmadıkça tamamlanmış sayılmaz. Optimum eklem ilişkisi, yalnızca artiküler disklerin kondiller ile artiküler fossalar arasında doğru şekilde yerleştiği durumlarda sağlanabilir. Dinlenme halindeki eklemlerde disklerin pozisyonu; eklem içi basınçlar, disklerin morfolojik özellikleri ve üst lateral pterygoid kasların tonusu tarafından etkilenmektedir. Bu faktörler, disklerin kondil üzerinde rotasyonuna neden olur ve bu rotasyon interartiküler basınçla belirlenen disk aralığı ve disklerin arka kenar kalınlığı kadar mümkün olur (Okeson, 2019).

Ortopedik olarak en stabil eklem pozisyonunun tam tanımı; kondillerin artiküler fossaların en süpero-anterior pozisyonunda, fossaların posterior eğimlerine dayanmış şekilde ve artiküler disklerin doğru biçimde aralarına yerleşmiş halde bulunduğu durumdur. Bu pozisyon, ısırma ya da oklüzal temas etkisi olmadan elevatör kasların aktive edilmesiyle kondillerin doğal olarak aldığı pozisyonudur. Bu nedenle, mandibulanın kas-iskelet sistemine dayalı en stabil pozisyonu olarak kabul edilmektedir (Okeson, 2019).

Kas-iskelet sistemine dayalı olarak en stabil pozisyon durumunda, temporomandibular eklemin artiküler yüzeyleri ve çevre dokuları, kas aktivitesiyle oluşan kuvvetlerin herhangi bir doku hasarına neden olmayacağı şekilde hizalanmıştır. Kuru kafatası örneklerinde mandibular fossanın anterior ve superior kısmının oldukça kalın olduğu ve fizyolojik olarak yüksek yükleme kuvvetlerine dayanabilecek yapıda olduğu gözlemlenmiştir (El, 1980; Moffett Jr ve ark., 1964). Aynı bulgular kadavra çalışmalarıyla da desteklenmiştir. Bu nedenle, istirahat ve

fonksiyon sırasında kondilin süpero-anterior konumu hem anatomik hem de fizyolojik olarak güvenilir bir pozisyon olarak değerlendirilmektedir.

Mandibular çiğneme döngüsü üzerine yapılan çalışmalarda sağlıklı bireylerde çiğneme sırasında rotasyona uğrayan kondilin, kapanış aşamasında maksimum interkusal pozisyonun posterioruna doğru hareket etmesi normal olarak gösterilmiştir. Bu hareket miktarı genellikle 1 mm veya daha azdır. TME’de meydana gelen patolojiler, kondilin antero-posterior hareketini artırarak kondilin en superior ve posterior pozisyonuna sebep olabilir (Okeson, 2019). Fizyolojik ve anatomik açıdan stabil olmayan bu pozisyon sebebiyle oluşan kuvvetler, artiküler diskin posteriorundaki inferior retrodiskal lamina ve retrodiskal dokulara iletilir (El, 1980). Retrodiskal dokular, yoğun damar ve duysal sinir liflerine sahip olduğundan bu bölgeye uygulanan kuvvet, ağrı oluşumuna veya doku hasarına neden olabilir (Dolwick, 1983; Jankelson ve Adib, 1986; Stegenga ve ark., 1989).

2.3.2 İdeal Fonksiyonel Diş Temaları

Oklüzal temaslar, mandibulanın pozisyonunu kontrol eden kas aktivitesi üzerinde doğrudan etkilidir. Mandibula, kas-iskelet sistemi açısından stabil pozisyonda kapandığında eğer oklüzal durum dengesizse, nöromüsküler sistem hızlı bir şekilde uygun kas tepkileriyle müdahale eder ve daha stabil bir oklüzal duruma ulaşmak için mandibulayı yeni bir pozisyona yönlendirir. Bu nedenle, kondillerin kas-iskelet sistemi açısından stabil pozisyonu sadece stabil bir oklüzyonda sürdürülebilir (Bates, 1975; Gibbs ve ark., 1981).

TME’nin yapısal karmaşıklığına ilişkin önemli bir husus da eklem lateral ve protrüviz hareketlere izin vermesidir. Bu hareketler sırasında dişler temas halinde olabilir. Özellikle lateral hareketler, dişlere yatay kuvvetlerin uygulanmasına neden olur. Destek dokular ve nöromüsküler sistem yatay kuvvetleri tolere etme konusunda oldukça sınırlıdır. Buna rağmen eklem yapısının doğası gereği bazı dişler, bu tolere edilemeyen kuvvetlerin etkisini taşımak durumunda kalır. Bu nedenle, hangi dişin ya da dişlerin bu yatay kuvvetleri en iyi şekilde tolere edebileceği belirlenirken birçok faktörün dikkate alınması gerekmektedir.

Optimum fonksiyonel oklüzyon, kondillerin en süpero-anterior konumda, artiküler çıkıntıların arka eğimlerine temas halinde ve disklerin doğru şekilde yerleşmiş olduğu durumda, tüm dişlerin eşit ve aynı anda temas etmesiyle sağlanır.

Bu durumda, kondillerin kas-iskelet sistemi açısından stabil pozisyonu ile dişlerin maksimum interkuspidasyon pozisyonu uyum sağlar ve bu durum ortopedik stabilite olarak kabul edilir. Çiğneme sisteminde ortopedik stabiliteyi sağlayan diğer faktörleri özetlemek gerekirse (Okeson, 2019);

- Baş dik pozisyondayken ve uyanık beslenme pozisyonunda, posterior dişler anterior dişlere göre daha çok temas eder.
- Mandibulanın protrüziv hareketi esnasında, anterior dişler posterior dişlerin temasını keserek çiğneme sırasında aşırı kuvvetlere maruz kalmalarını önler.
- Mandibula laterale doğru hareket ettiğinde (laterotrusiv pozisyon), çalışma tarafındaki dişler yeterli temas oluşturur; bu sayede karşı (çalışmayan) taraftaki dişler birbirinden ayrılır. En ideal rehberlik, yalnızca kanin dişlerinin temas ettiği kanin rehberliği ile sağlanır. Böylece, çiğneme sırasında kaslar daha verimli çalışarak dişlere gelen fazla kuvvetler engellenmiş olur.

Dişlerin oklüzal kuvvetleri karşılaması için, diş kökü ile alveolar kemik arasında periodontal ligament (PDL) bulunur. PDL, çoğu sementten başlayıp oblik uzanarak alveol kemiğe tutunan kollajen liflerden oluşur ve basınç kuvvetlerini gerilim kuvvetlerine dönüştürerek oklüzal kuvvetleri karşılayan doğal bir darbe emici görevi görür. PDL vertikal yöndeki oklüzal kuvvetleri, yatay kuvvetlere göre daha iyi karşılar. Yatay kuvvetler PDL'nin bazı bölgelerinde sıkışma ve gerilme oluşturarak kuvvetlerin kemiğe dengeleyici şekilde iletimini engeller (Glickman, 1963; McAdam, 1976; Zander ve Mühlemann, 1956). Bu kuvvetler, kemik patolojilerine neden olabilir veya temaslardan kaçınmak ya da korunmak amacıyla nöromüsküler refleks aktivitelerine sebep olabilir (Guichet, 1977).

Oklüzal kuvvetlerin dişin uzun eksenine boyunca aktarılması, aksiyel yükleme şeklinde ifade edilmektedir. Tüberkül tepeleri veya marjinal sırtlar ve fossaların tabanları gibi düz yüzeylerde temas oluşturarak, kuvvetler dişin uzun eksenine doğrultusunda iletilir (Guichet, 1977). Aksiyel yükleme, her tüberkülün karşı fossada üç temas noktası oluşturacak şekilde konumlanmasıyla sağlanabilir; bu mekanizma 'tripodizasyon' olarak tanımlanır (Lundeen, 1969).

Mandibulanın lateral, protrüzyon ve retrüzyon hareketleri sırasında oluşan zararlı yatay kuvvetler, anterior dişlere yönlendirilmelidir. Anterior dişlere

uygulanan kuvvet miktarı, posterior dişlere uygulanan kuvvetten daha az olduğundan, doku hasarı riski azalır ve çiğneme sisteminin sağlığı korunur (Korioth ve Hannam, 1990; Standlee ve ark., 1979).

Anterior dişler arasında, lateral hareketler sırasında oluşan yatay kuvvetleri en iyi tolere eden dişler kaninlerdir (Guichet, 1977; Korioth ve Hannam, 1990; Lundeen, 1969; Standlee ve ark., 1979; Williamson, 1981). Kaninler, uzun ve güçlü kökleri sayesinde ideal bir kron/kök oranına sahiptir (Kraus ve ark., 1969). Ayrıca, çevresini saran yoğun kompakt kemik yapısı, posterior dişlerin çevresindeki trabeküler kemiğe kıyasla kuvvetlere karşı daha dirençlidir (Goldman ve Cohen, 1968). Kanin dişlerin diğer pozitif yanı, duyuşsal uyarılar ve bunun çiğneme kasları üzerindeki etkisidir. Lateral hareketler sırasında kaninler temas ettiğinde, posterior dişlerin temasına kıyasla daha az sayıda çiğneme kasının aktif olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, çiğneme sırasında kasların daha kontrollü ve dengeli çalışmasına katkı sağlar (Wheeler, 1974; Williamson ve Lundquist, 1983). Daha düşük kas aktivitesi, diş ve eklem yapılarına gelen yükleri azaltarak patolojik etkileri en aza indirir. Bu nedenle, mandibulanın laterotrusiv hareketlerinde, yatay kuvvetlerin dağıtılmasında ve posterior dişlerin birbirlerinden uzaklaşmasını sağlamada maksiller ve mandibular kaninler en uygun dişlerdir. Bu durumun sağlandığı oklüzyon, hastada kanin rehberliğinin olduğunu gösterir (Okeson, 2019). Birçok hastada kaninler, lateral kuvvetleri karşılayacak uygun pozisyonda değildir ve lateral hareketler sırasında diğer dişler temasa geçer. Toplumun yalnızca yaklaşık %26'sında bilateral kanin rehberliği olduğu gösterilmiştir (Panek ve ark., 2008).

Kanin rehberliğine en uygun alternatif ise grup fonksiyonu olarak tanımlanır. Grup fonksiyon rehberliğinde, çalışma tarafındaki birkaç diş laterotrusiv hareket sırasında temas eder. En ideal grup fonksiyon rehberliği, kanin, premolar dişler ve bazen birinci moların mesiobukkal tüberkülünün temas etmesiyle sağlanır. Ancak, birinci moların mesialinden daha posteriorunda oluşan temaslar TME'ye yaklaşarak uygulanan kuvvetleri artırdığından istenmez. Yapılan araştırmalara göre, kanin dişlerdeki aşınma sebebiyle 20-30 yaş grubundaki bireylerin %41'inde grup fonksiyonu rehberliği bulunurken, 50-60 yaş grubunda %68 olarak gösterilmiştir (Panek ve ark., 2008).

Laterotrusiv temaslar, (kanin rehberliği veya grup fonksiyonu) mandibula laterale hareket ettiğinde karşı taraf dişlerinin (mediotrusiv ya da çalışmayan taraf) ayrılmasını sağlamalıdır. Çünkü mediotrusiv temaslar, eklem ve dişlere zarar verebilecek kuvvetler oluşturabilir (Manns ve ark., 1989; Meyer, 1933; S. Ramfjord, 1961; S. P. Ramfjord, 1961). Bazı araştırmalar, nöromüsküler sistemin mediotrusiv temasları diğer oklüzal temaslardan farklı algıladığını göstermektedir. Ayrıca, elektromiyografik çalışmalar, tüm diş temaslarının doğal olarak kas aktivitesini baskıladığını (inhibitör etkide bulunduğunu) ortaya koymuştur (Ahlgren, 1969; Schaerer ve ark., 1967).

Mediotrusiv temaslardan kaçınılmasının en önemli nedeni, bu temasların eklem stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisidir. Mandibula sağa hareket ettiğinde, mediotrusiv yani çalışmayan tarafta temas yoksa sol kondil stabil bir şekilde aşağı ve ne hareket eder. Ancak yoğun bir mediotrusiv temas, çalışma tarafındaki rehberliği bozar ve mandibulada dengesizlik oluşturabilir. Bu durumda, oluşan kuvvetin etkisiyle sağ veya sol kondil disloke olabilir. Özellikle diş sıkma (bruksizm) görülen hastalarda bu risk daha yüksektir. Fakat her mediotrusiv temas bu riski oluşurmaz; yalnızca çalışma tarafındaki rehberliği devre dışı bırakan kadar kuvvetli olanlar tehlikelidir.

Anterior ve posterior dişlerin fonksiyonel görevleri birbirinden oldukça farklıdır. Posterior dişler, ağız kapanışı sırasında uygulanan kuvvetleri etkin şekilde karşılamaktadır. Bu durum, ağız içindeki konumları sayesinde kuvvetlerin dişlerin uzun eksenleri boyunca yönlendirilerek etkili şekilde dağıtılabilmesinden kaynaklanmaktadır (Okeson, 2019). Buna karşın anterior dişler, kapanış kuvvetlerini tolere etme açısından uygun bir pozisyonda yer almazlar. Genellikle labial yönde eğimli bir konumda bulundukları için, bu dişlere aksi yönden gelen kuvvetlerin aksiyel olarak dağılması mümkün değildir (Kraus ve ark., 1969; Wheeler, 1974). Eğer maksiller anterior dişler, kapanış sırasında aşırı oklüzal temaslara maruz kalırsa, destekleyici dokular bu yüklemeleri tolere edemeyebilir ve bu durum dişlerin labial yönde yer değiştirilmesiyle sonuçlanabilir. Bu bulgu, sıklıkla posterior diş desteğini kaybetmiş bireylerde gözlemlenmektedir.

Mandibula protrüziv hareketi esnasında, dişlere zarar verebilecek yatay kuvvetler oluşabilir. Lateral hareketlerde olduğu gibi, bu kuvvetleri en iyi karşılayan dişler anterior dişlerdir (Standlee ve ark., 1979). Bu nedenle, protrüziv hareket sırasında yalnızca anterior dişler temas etmeli, posterior dişler ise oklüzal

temastan uzak kalmalıdır. Posterior dişlerin protrüziv temasları ise uygulanan kuvvetin yönü ve miktarı nedeniyle çığneme sistemine zarar verebilir (Manns ve ark., 1989; Ramfjord ve Ash, 1983; S. P. Ramfjord, 1961). Posterior dişlerin ise mandibulanın maksimum interkuspidasyon pozisyonundayken daha çok temas etmesi istenir. Bu duruma karşılıklı koruyucu oklüzyon denir (Williamson ve Lundquist, 1983).

2.4 Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

“Tomografi” terimi, “tomo” (kesit) ve “graphy” (görüntüleme) kelimelerinin birleşiminden türetilmiştir ve genel anlamda "kesitsel görüntüleme" olarak tanımlanmaktadır. BT ilk kez 1972 yılında Godfrey Hounsfield ve Allan Cormack (Cormack, 1980) tarafından geliştirilmiş ve tanıtılmıştır.

Teknolojik ilerlemelerle birlikte, diş hekimliği uygulamalarında kullanılmak üzere daha az radyasyon dozu ile çalışan ve kompakt tasarıma sahip BT cihazları geliştirilmeye koyulmuştur. Bu tür sistemlerde, konik biçimli X-ışını demeti kullanılır ve elde edilen görüntüler iki boyutlu düzlemsel dedektörler aracılığıyla kaydedilerek görüntüleme ünitesinin basit bir rotasyonu ile maksillofasiyal anatomiye içeren hacimsel veriler elde edilebilmektedir. Görüntüleme kaynağı ve dedektör yapısının klasik BT sistemlerinden farklılık göstermesi nedeniyle, bu yöntem literatürde “Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)” olarak tanımlanmıştır (Orhan, 2012).

KIBT, koni şeklinde yayılan X-ışını demetinin iki boyutlu (2B) bir detektöre odaklanmasıyla bir dizi 2B görüntü elde edilmesini sağlayan ileri bir görüntüleme tekniğidir. Elde edilen bu görüntüler, modifiye Feldkamp algoritması kullanılarak üç boyutlu (3B) veri setine dönüştürülür (Miracle ve Mukherji, 2009). KIBT, elde edilen verilerin dilimsel değil, hacimsel olarak yeniden yapılandırılmasına imkan tanıyarak 3B görüntüleme sağlar. Ayrıca, çok düzlemsel yeniden biçimlendirme özelliği sayesinde görüntüler aksiyel, koronal, sagittal ve gerekli durumlarda oblik veya eğimli düzlemler üzerinden de analiz edilebilir. Bu özellik, anatomik yapıların daha ayrıntılı ve kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlar (Scarfe ve ark., 2006).

KIBT, maksillofasiyal bölgenin görüntülenmesinde medikal BT'ye kıyasla çeşitli avantajlar sunmaktadır. Özellikle baş ve boyun bölgeleri için geliştirilen KIBT sistemleri, primer X-ışını demetinin etkili şekilde kolime edilmesi sayesinde

belirli küçük alanlara odaklanarak tarama yapılmasına olanak tanır. Bu durum, radyasyona maruz kalan alanın minimuma indirilmesine katkı sağlar (Scarfe ve ark., 2006).

KIBT, izotropik voksel (hacimsel piksel) özelliği sayesinde her üç boyutta eşit çözünürlük sunarak, 0,4 mm ile 0,125 mm aralığında yüksek mekansal çözünürlük elde edilmesini mümkün kılar. Ayrıca, kısa tarama süresiyle de avantaj sağlar. 10 ila 70 saniye (sn) arasında tamamlanan tek rotasyonlu tarama, temel görüntülerin hızlı ve etkili şekilde elde edilmesine yardımcı olur. Bu özellik hem hasta konforunu artırır hem de görüntü kalitesini optimize eder (Scarfe ve ark., 2006).

Dentomaksillofasiyal KIBT'nin en önemli avantajlarından biri, hastanın maruz kaldığı düşük efektif doz seviyesidir. Yapılan araştırmalara göre, KIBT ile elde edilen radyasyon dozu 30-80 μ Sv (mikrosievert) aralığında bildirilmektedir (Miracle ve Mukherji, 2009).

KIBT sistemlerinin, klasik BT cihazlarına göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Adibi ve ark., 2012; Macleod ve Heath, 2008; Scarfe ve ark., 2006):

- KIBT sistemleri, klasik BT'ye kıyasla hastaya daha düşük düzeyde radyasyon dozu uygulayarak daha güvenli bir görüntüleme imkânı sunar.
- Kompakt tasarımı sayesinde KIBT cihazları daha az fiziksel alan kaplar ve genellikle daha düşük kurulum ve işletme maliyetine sahiptir.
- X-ışını demetinin yalnızca incelenmek istenen bölgeye yönlendirilebilmesi (kolimasyon) sayesinde, tüm kafatası yerine sadece hedeflenen bölge görüntülenebilir. Bu da gereksiz ışınlamayı önleyerek radyasyon dozunu minimize eder.
- Klasik BT sistemlerinde kullanılan anizotropik (eşit olmayan kenarlı) voksel yapısının aksine, KIBT'de voksel yapıları izotropiktir. Bu, tüm voksel kenarlarının eşit uzunlukta olması anlamına gelir ve hacimsel görüntülerin üç boyutlu olarak daha net ve yeniden yapılandırılabilir olmasını sağlar.
- KIBT ile elde edilen veriler, panoramik, sefalometrik ya da çok düzlemli görüntülere dönüştürülebilir. Bu esneklik, farklı klinik ihtiyaçlara göre görüntülerin işlenebilmesini sağlar.

- Görüntüleme süresi klasik BT'ye göre daha kısa sürdüğünden, hastanın hareket etmesi kaynaklı görüntü bozulmaları (hareket artefaktları) daha az görülür.
- Yüksek kontrast çözünürlüğü sayesinde, özellikle mineralize dokuların yer aldığı kraniyofasiyal bölgenin (kemik ve diş yapıları gibi) değerlendirilmesinde oldukça etkilidir.
- Metal restorasyonlar gibi artefakt oluşturan materyallere karşı daha dirençli olması sayesinde, BT'ye göre daha az görüntü bozulması ile çalışılabilir.

KIBT, maksillofasiyal bölgede yer alan kist, tümör ve fibro-osseöz lezyonlar gibi patolojilerin görüntülenmesinde; gömülü dişlerin lokalizasyonunun ve çevre anatomik yapılarla olan ilişkilerinin belirlenmesinde; paranazal sinüslerin ve TME kemik yapılarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca travma sonrası oluşan fraktürlerin incelenmesinde, dudak-damak yarıklı olgularda alveoler kemik hattının değerlendirilmesinde ve dental implant cerrahisinin planlanmasında da önemli rol oynamaktadır (Garg ve ark., 2019; White, 2008).

Ortodontik uygulamalarda KIBT; hava yolu hacminin değerlendirilmesi, gömülü dişlerin lokalizasyonu, alveoler kemik yüksekliği ve hacminin belirlenmesi, kök rezorpsiyonlarının tespiti, TME morfolojisinin analizi, dudak-damak yarıklı bireylerde alveoler defektlerin değerlendirilmesi, yumuşak doku yapılarının incelenmesi ve kraniyofasiyal asimetrielerin analizinde sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca ortognatik cerrahi planlamasında da önemli bir tanısal araç olarak kullanılmaktadır. KIBT'in gelecekte; şeffaf plak tedavilerinin planlanması, dijital modellerin elde edilmesi, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen indirekt braketleme aşamaları ile kişiye özgü tel ve braket üretimi gibi bireyselleştirilmiş ortodontik sistemlerde daha yaygın kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir (Hechler, 2008; Kapila ve Nervina, 2015; Mah ve ark., 2010; Palomo ve ark., 2006).

2.4.1 TME'nin KIBT ile Görüntülenmesi

TME'nin görüntülenmesinde klinik uygulamalarda panoramik radyografi, konvansiyonel ve bilgisayarlı tomografi, artrografi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin her biri, TME yapılarının etkili şekilde görüntülenmesinde belirli kısıtlamalara sahiptir (Petersson, 2010).

KIBT, TME görüntülenmesinde mevcut yöntemler arasında oldukça değerli bir araçtır (Petersson, 2010). Panoramik radyografiler, kondil anatomisini, varyasyonlarını ve fonksiyonel uyarılara adaptasyonunu yeterli düzeyde gösteremez; elde edilmesi kolay olsa da tanısal doğruluğu sınırlıdır (Dahlström ve Lindvall, 1996). Lateral kafa grafilerinde anatomik yapıların çakışması görüntü kalitesini düşürmekte, ayrıca yumuşak dokular değerlendirilememektedir. Konvansiyonel aksiyel tomografi, kondil yüzeyindeki erozyon ve osteofitleri göstermek açısından avantaj sağlasa da bazı anatomik yapıların görüntü dışında kalması nedeniyle kondilin bütüncül yapısı yeterince analiz edilemez (Hussain ve ark., 2008; Petersson, 2010). BT ise mandibular yapıların görüntülenmesinde etkili bir yöntem olmasına rağmen, yüksek maliyet ve kompleks donanım gereksinimleri kullanım alanını sınırlamaktadır (Ahmad ve ark., 2009; Krishnamoorthy ve ark., 2013).

KIBT'nin en önemli avantajlarından biri, kemiksel anomalilerin ve değişimlerin tespitinde panoramik görüntülere kıyasla daha doğru ve ayrıntılı bilgiler sunmasıdır. Gerçek sagittal kesitler elde edilebilmesi sayesinde, kondilin fossa içindeki konumu panoramik görüntülere göre daha hassas bir şekilde değerlendirilebilir (Bean ve ark., 1977; Watt-Smith ve ark., 1993).

2.5 Fraktal ve Fraktal Analiz

Fraktallar, birbirinden bağımsız çizgi, eğri, nokta ve yüzeylerin bir araya gelerek oluşturduğu karmaşık geometrik yapılardır. Bu yapılar, özgün ve tekrarlayan desenleriyle karakterize edilir ve hem doğada hem de matematiksel modellemelerde gözlemlenebilir (Geraets ve van der Stelt, 2000; Sánchez ve Uzcátegui, 2011). Fraktal analiz yapıların karmaşıklığını değerlendirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir ve bu karmaşıklık, sayısal olarak FB ile ifade edilir (Lopes ve Betrouni, 2009).

1875 yılında du Bois-Reymond'un süreklilik gösteren ancak ayırt edilemeyen fonksiyonlar kavramını tanıttığından bu yana, fraktal analiz yöntemleri geliştirilmiş ve araştırmacılar tarafından farklı alanlarda uygulanmaya başlanmıştır (Geraets ve van der Stelt, 2000). Mandelbrot'un (Mandelbrot, 1967) karmaşık geometrik yapıların tanımlanmasında kullanılan matematiksel fonksiyon kümeleri üzerine yaptığı çalışmalarla birlikte "fraktal" terimi bilimsel literatürde yerini almıştır (Borowska ve ark., 2015; Geraets ve van der Stelt, 2000). Latince

“fractus” (kırık, parçalanmış) kelimesinden türetilen fraktal kavramı, klasik geometriden farklı olarak benzer formların farklı ölçeklerde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).

Gerçek fraktal yapılar yalnızca fiziksel formda değil, zamansal ya da mekansal olarak da sonsuz düzeyde tekrarlanabilir örüntüler sergileyebilir. Ancak dijital görüntüler, ekran çözünürlüğü ile sınırlı oldukları için matematiksel anlamda “gerçek fraktal” olarak kabul edilmezler; bunun yerine, fraktal yapının yaklaşık temsilleri olarak değerlendirilirler. Bir görüntü büyütüldüğünde, daha fazla detay görülebilse de yapının temel öge sayısı değişmeden kalır. Bu yapıların karmaşıklığını sayısal olarak ifade edebilmek için, belirli bir ölçekte yapıların sayılması gerekir. FB, bu yapıların sayısı ile büyütme ölçeği arasındaki logaritmik ilişkiye göre hesaplanır ve matematiksel olarak $D = \log N / \log \epsilon$ formülüyle ifade edilir. Burada N, gözlemlenen yapı sayısını; ϵ ise ölçüm yapılan ölçeği temsil eder (Cross, 1997).

Gerçek fraktallar, farklı ölçek ve açılardan incelendiğinde izotropik özelliklere sahip yapılardır. Ancak doğada ve biyolojik sistemlerde bulunan fraktallar, örneğin pulmoner dallanma ve trabeküler kemik yapıları, genellikle anizotropik özellikler sergiler. Bu tür yapılar, belirli bir ölçek aralığında istatistiksel olarak benzer özellikler gösterir, ancak tüm ölçeklerde tam anlamıyla benzerlik sergilemezler (Havlin ve ark., 1995; Sanchez-Molina ve ark., 2013).

Doğada, çeşitli ölçeklerde kendine benzerlik gösteren pek çok yapı fraktal özellikler taşımaktadır. Örneğin bitkilerdeki dallanma sistemi, ana gövdeden başlayarak daha ince dallara ve yaprak saplarına kadar devam eden, çok katmanlı bir yapı gösterir. Kar taneleri ise altıgen simetriye sahip olmalarının yanı sıra, farklı büyüklüklerde tekrar eden dallanma motifleri ile tipik fraktal örnekler arasında yer alır. Dağlar ve kıyı hatları, büyükten küçüğe benzer konturlarla, farklı çözünürlüklerde tekrarlayan doğal desenler sergiler. Akarsu sistemleri de bu örüntüye dahildir; ana nehir kollarından başlayarak en küçük dereciklere kadar uzanan su yolları, dallanma şeklindeki fraktal bir geometri oluşturur. Benzer şekilde, insan vücudundaki damar ağı da büyük çaplı arterlerden en küçük kapiller damarlara kadar uzanarak, yapısal olarak fraktal organizasyon gösteren biyolojik sistemlerden biridir (Jurczyszyn ve ark., 2018).

Fraktal geometri ile klasik Öklid geometrisi arasındaki temel ayrım, düzensiz ve karmaşık yapıların incelenmesine yönelik yaklaşımlarında ortaya çıkar.

Klasik geometri, doğrusal ve düzgün şekillerin tanımlanmasında etkili olurken; fraktal analiz, doğada sıkça karşılaşılan düzensiz, kompleks oluşumların nicel değerlendirilmesini mümkün kılar. Fraktal yapılarda, bütünü oluşturan küçük parçalar, daha büyük yapılarla benzerlik gösterir; bu durum, "kendine benzeme" ilkesi olarak tanımlanır. Fraktal geometri, farklı ölçeklerde tekrarlanan bu yapıları inceleyerek, klasik geometrinin yetersiz kaldığı alanlarda daha kapsamlı analizler sunar (Lapidus ve Van Frankenhuysen, 2004).

Fraktal yapılar, ölçüm prensipleri açısından klasik geometrik şekillerden ayrılır. Üçgen, daire ya da kare gibi düzenli yapılarda uzunluk ve alan sabit değerlerle tanımlanabilirken, fraktal yapılarda bu ölçümler kullanılan ölçeğe bağlı olarak değişkenlik gösterir. Gözlem ölçeği büyüdükçe, fraktal yapının daha önce görünmeyen detayları ortaya çıkmakta ve buna bağlı olarak uzunluk ya da alan ölçümleri artış göstermektedir. Mandelbrot (Mandelbrot, 1967) İngiltere'nin kıyı şeridini farklı harita ölçeklerinde incelediğinde, her ölçekte körfezler, yarımadalar gibi yeni girinti ve çıkıntılarının görünür hale geldiğini gözlemlemiş ve sahil şeridinin ölçülebilir uzunluğunun sürekli arttığını belirtmiştir. Bu gözleme dayanarak İngiltere sahilinin fraktal boyutunu 1,25 olarak hesaplamıştır.

Fraktal geometriyi tanımlamak ve anlamak için kullanılan temel yapılardan bazıları, Cantor seti, Sierpinski üçgeni ve Koch kar tanesi gibi klasik fraktal örnekleridir. Bu modellerin her biri, kendine benzerlik ilkesine dayalı olarak sonsuz yinelemeyle oluşturulan geometrik yapılardır (Cross, 1994).

Cantor seti, ilk kez 1883 yılında Georg Cantor tarafından tanımlanmış olup, bir doğru parçasının üç eşit parçaya ayrılarak orta segmentin çıkarılmasıyla başlar. Geriye kalan iki parça da aynı işleme tabi tutulur ve bu süreç sonsuza kadar tekrarlandığında, sayısal olarak sıfır uzunluğa sahip fakat sonsuz sayıda noktadan oluşan Cantor seti elde edilir (Tatlıpınar, 2020).

Sierpinski üçgeni ise 1917 yılında Waclaw Sierpiński tarafından tanımlanmıştır. Başlangıçta bir eşkenar üçgenin kenar orta noktaları birleştirilerek üç küçük eş üçgen elde edilir; bu üçgenlerin ortasında kalan kısım çıkarılır. Aynı işlem, kalan üçgenlere sürekli olarak uygulanarak fraktal yapı oluşturulur (Stewart, 1995).

Koch kar tanesi ise İsveçli matematikçi Helge von Koch tarafından geliştirilmiş olup, başlangıçta bir doğru parçasının üç eşit parçaya bölünmesiyle oluşturulur; orta kısım çıkarılır ve yerine eşkenar üçgen biçiminde iki yeni kenar

eklenir. Her yinelemede aynı işlem tüm kenarlara uygulanarak, sonlu bir alanı çevreleyen ancak sonsuz uzunlukta bir çevreye sahip fraktal yapı elde edilir (Lapidus ve Pearse, 2006).

Fraktal yapılar, belirli bir örüntüyü sonsuz sayıda yineleyerek oluştukları için, klasik ölçüm yaklaşımlarıyla çevre veya uzunluklarının tam anlamıyla belirlenmesi mümkün değildir. Öklid geometrisinde boyutlar tam sayılarla ifade edilir: bir nokta 0, bir doğru 1, bir yüzey 2 ve bir hacim 3 boyutludur. Buna karşılık, fraktal yapılar genellikle bu tam sayıların arasında kalan kesirli boyutlara sahiptir. Fraktal analiz düzlemsel yapılarda uygulandığında FB genellikle 1 ile 2 arasında bir değer alırken, eğimli veya bombeli yüzeylerde yapılan analizlerde bu değer 2 ile 3 arasında değişebilir. Örneğin, Cantor setinin FB'si yaklaşık 0,631'dir; bu değer, yapının bir nokta ile bir doğru arasında yer aldığını gösterir. Koch kar tanesi, yaklaşık 1,262 fraktal boyuta sahiptir ve bu da onun düz bir doğruya göre daha karmaşık bir çizgi yapısına sahip olduğunu gösterir. Sierpinski üçgeni ise yaklaşık 1,585 FB değeriyle, çizgi ile düzlem arasında yer almakla birlikte, düzlemsel bir forma daha yakın bir yapıyı temsil eder (Jurczyszyn ve ark., 2018). Özellikle Koch eğrisi, iki nokta arasındaki mesafenin ölçülemez düzeye gelmesiyle birlikte sonsuz uzunluğa ulaşır; ancak sınırlı bir alan içinde yer aldığı için yüzeyi hiçbir zaman tamamen dolduramaz. Bu nedenle, klasik bir doğruyu temsil eden 1 ile bir düzlemi temsil eden 2 arasında kalan kesirli bir değer olan fraktal boyutla tanımlanır (Sánchez ve Uzcátegui, 2011).

Farklı boyutlarda kendini yineleyen karmaşık şekiller olarak tanımlanan fraktal yapılar, geometrik düzenlerinin yanı sıra izotropi ve anizotropi gibi özellikleriyle de değerlendirilebilir. Fraktal yapıların yönsel özelliklerini değerlendirmede kullanılan temel kavramlardan biri izotropidir. Bir fraktal yapının izotropik olarak tanımlanması, onun farklı yönlerde ölçülen fraktal boyutunun sabit kalması, yani fraktal karmaşıklığın yönelime bağlı değişmemesi anlamına gelir. Bu tür sistemlerde geometrik yapı, tüm yönlerde benzer fraktal karakteristikler sergiler. Mandelbrot kümesi, bu özelliğe sahip idealize bir fraktal model olarak örnek verilebilir; çünkü yapının hangi eksenin incelendiği fark etmeksizin tekrarlayan benzerlikler gözlemlenir. Öte yandan, anizotropik fraktal yapılarda, yönler göre değişkenlik gösteren fraktal özellikler söz konusudur. Örneğin, bir ağacın dal sistemi, dalların farklı yönlerde ve çeşitli açılarla uzaması nedeniyle anizotropik bir fraktal örüntü oluşturur. İzotropi ve anizotropi kavramları, fraktal yapıların

mekansal yönelimlerinin ve ölçeklenme davranışlarının daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlar; böylece karmaşık doğal ya da biyolojik sistemlerin modellenmesinde önemli bir çerçeve sunar (Demirbaş ve ark., 2008; Sanchez-Molina ve ark., 2013).

2.5.1 Fraktal Analiz Yöntemleri

FB, yapıların geometrik karmaşıklığını sayısal olarak ifade ederken; bu değer in doğru ve tutarlı biçimde hesaplanabilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Fraktal analizde kullanılan yöntemlerin her biri, incelenen yapının belirli bir mikroyapısal özelliğine odaklanır. Bu sayede, karmaşık biyolojik dokuların çok boyutlu değerlendirilmesi mümkün hale gelir. Farklı tekniklerin birbirinden ayrılan analiz adımları ve ölçüm yaklaşımları, bu yöntemlerin birbirini tamamlayıcı biçimde kullanılmasını desteklemektedir. Genellikle, analiz edilen yapıya ait sayısal veriler logaritmik ölçeklendirme ile değerlendirilir ve bu verilere karşılık gelen noktalar kullanılarak bir regresyon doğrusu oluşturulur. Bu doğrunun eğimi, ilgili yapının fraktal karmaşıklığını temsil eden FB değerini yansıtır. Bu yöntem hem 2B hem de 3B biyolojik yapılarda mikroyapısal farklılıkları ortaya koymak için güvenilir bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Lopes ve Betrouni, 2009).

FB hesaplamalarında kullanılan yöntemler, temel olarak ölçümün dayandığı fiziksel prensiplere göre sınıflandırılmakta olup, mesafe tabanlı ve hacim esaslı analiz teknikleri olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir.

Mesafeye dayalı teknikler, görüntü sınırında yer alan pikseller arasındaki uzaklıkların ölçülmesine dayanmakta olup, bu yöntemlerde piksel kenarı bir uzunluk birimi olarak kabul edilmektedir. Bu gruba Richardson tekniği, kutu sayma (box-counting) tekniği ve Flook'un (Flook, 1978) 1978'de geliştirdiği dilatasyon (piksel genişletme) yöntemi dahildir.

Hacim tabanlı yaklaşımlarda ise, farklı çaplara sahip dairesel elemanların yapıya rastlantısal olarak yerleştirilmesiyle, sınır boyunca dağılım gösteren piksellerin çevresel yapısı analiz edilmekte ve FB hesaplanmaktadır. Bu yöntemde hacim ölçütü olarak piksel çevresi esas alınmakta ve özellikle düzensiz morfolojik yapıları değerlendirmede tercih edilmektedir (Smith ve ark., 1996).

Mesafeye Bağlı Teknikler

Piksel Genişletme (Dilatasyon) Yöntemi

Fraktal analizde sık kullanılan mesafe tabanlı tekniklerden biridir ve özellikle sınır belirleme üzerine kurulu bir ölçüm sistematığı sunar. Bu yöntemde, görüntüdeki hedef yapı kenarları boyunca bir piksel genişliğinde kontur hattı oluşturulur. Ardından, bu kontur, farklı çaplara sahip dairesel elemanlarla genişletilerek (dilate edilerek) yapı üzerinde kaplama işlemi gerçekleştirilir. Her bir dilatasyon basamağında kullanılan dairelerin çapları ile yapı sınırlarını kaplayan piksel sayısı arasındaki ilişki değerlendirilir. Bu ilişki logaritmik ölçekte grafik haline getirilir ve elde edilen veri noktalarına regresyon analizi uygulanarak bir doğru eğimi belirlenir. Elde edilen bu eğim, ilgili yapının fraktal boyutunu temsil eder (Bollen ve ark., 2001; Chung ve Huang, 2000).

Richardson Yöntemi

Fraktal yapıların çevresini ölçmek amacıyla kullanılan geleneksel bir tekniktir. Bu yöntemde, yapının çevresi farklı uzunluklardaki cetvellerle ölçülür ve cetvel boyutu küçüldükçe çevre uzunluğunun arttığı gözlemlenir. Elde edilen ölçüm verileri, cetvel uzunlukları ve çevre değerleriyle birlikte logaritmik ölçekte grafiğe aktarılır. Bu grafikte elde edilen noktalar bir doğru ile birleştirilir ve doğrunun eğimi, ilgili yapının fraktal boyutunu oluşturur (Smith ve ark., 1996).

Kutu Sayma (Box-Counting) Yöntemi

Bu yöntem fraktal analizde en yaygın kullanılan tekniklerden biridir ve özellikle trabeküler kemik yapısının nicel olarak değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemde analiz yapılacak bölge üzerine farklı boyutlardaki (örneğin 2 ila 64 piksel aralığında) kare kutular yerleştirilir. Her bir kutu boyutu için, görüntüde trabeküler yapı ile örtüşen kutular sayılır. Böylece yapının farklı ölçeklerde ne kadar ayrıntı içerdiği, yani yapısal yoğunluğu belirlenmiş olur. Elde edilen veriler logaritmik ölçeklerde grafiğe aktarılır. Bu grafikte elde edilen doğrusal ilişkinin eğimi, ilgili bölgenin fraktal boyutunu verir (Demirbaş ve ark., 2008). Kutu sayma yönteminin uygulama adımları şu şekildedir (Xu ve Lacidogna, 2011) :

1- Kutu boyutlarının belirlenmesi: Analiz edilecek şekil, sınırlarına en yakın şekilde oturan bir kutu içerisine alınır. Bu kutu, mümkün olduğunca küçük alan kaplamalı ve şeklin kendi eksenlerine paralel yerleştirilmelidir.

2- Bölünme oranının (ϵ) seçilmesi: Referans kutu, her bir kenarı eşit sayıda küçük kutuya bölünerek alt kutular oluşturulur. Bu oran genellikle $\epsilon = 1/2, 1/4, 1/8$ gibi değerler alır.

3- Farklı ϵ değerleriyle kutu sayısının hesaplanması: Her bir ϵ değeri için, analiz edilen şekli kapsayan kutuların sayısı ($N(\epsilon)$) hesaplanır. Yani şeklin herhangi bir kısmını içeren her kutu sayılır.

4- Log-log grafiği oluşturulması: Elde edilen ϵ ve $N(\epsilon)$ değerlerinin logaritmaları alınarak $\log(N(\epsilon))$ - $\log(\epsilon)$ eksenlerinde bir grafik çizilir. Bu grafikteki noktalar bir doğru ile en küçük kareler yöntemi kullanılarak birleştirilir.

5- Fraktal boyutun (D) hesaplanması: Doğrunun eğimi, ilgili yapının fraktal boyutunu (D) verir. Matematiksel olarak ifade edilirse: $D = - \log[N(\epsilon)] / \log[\epsilon]$

Hacim Ölçümüne Dayalı Yöntemler

Kum Havuzu (Sandbox) Yöntemi

Fraktal analizde hacimsel dağılımların değerlendirilmesine yönelik geliştirilmiş bir tekniktir. Bu yöntemde, görüntüde analiz edilmek istenen yapının sınır hattı üzerine farklı çaplara sahip daireler yerleştirilir. Her bir daire, merkezden başlayarak yapı üzerinde genişletilir ve o çapta kaç pikselin yapı sınırına denk geldiği hesaplanır. Yani, belirli bir yarıçapta sınır boyunca kaç yapı elemanının yer aldığı değerlendirilir. Bu işlem farklı çaplarda tekrarlanarak, daire çapı ile içindeki sınır pikselleri arasındaki ilişki belirlenir. Elde edilen veriler, logaritmik ölçeklerde grafiğe dökülür ve bu grafikte oluşan doğrusal ilişkinin eğimi, analiz edilen yapının fraktal boyutunu verir (Smith ve ark., 1996).

FB hesaplanmasında farklı yöntemler olsa da en yaygın kullanılan yöntem kutu sayma (box counting) yöntemidir. Bu yöntem, fraktal yapının farklı ölçeklerdeki karmaşıklığını değerlendirmek için basit ve etkilidir (Lopes ve Betrouni, 2009; Sánchez ve Uzcátegui, 2011). Diferansiyel kutu sayma algoritması,

trabeküler yapının çevresel bağlantısını ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Trabeküler yapının karmaşıklığını ve yapısal bağlantı özelliklerini değerlendirmek amacıyla uygulanır (Yu ve ark., 2009).

2.5.2 Fraktal Analizin Tıp ve Diş Hekimliğinde Kullanımı

Fraktal analiz, özellikle görüntü doku analizi ve tıbbi alanda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Radyografik görüntülerde, olası patolojilerin tespiti ve mevcut hastalıkların şiddetinin değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Goldberger ve West, 1987; Lopes ve Betrouni, 2009). Radyoloji alanında, 1990'lı yıllardan itibaren mamografilerde glandüler dokuların yapısal paternlerinin incelenmesinde, maligniteye işaret eden kalsifikasyonların tanımlanmasında ve tümöral oluşumların belirlenmesinde fraktal analizden yararlanılmıştır (Badea ve ark., 2013; de Arruda ve ark., 2013; de Oliveira ve ark., 2022).

Fraktal analiz, yalnızca radyolojiyle sınırlı kalmayıp tıbbın birçok farklı disiplinde de uygulama alanı bulmuştur. Kardiyoloji, onkoloji, pulmoner sistem hastalıkları, nöroloji, oftalmoloji, patoloji ve medikal görüntüleme gibi pek çok alanda, mikroyapısal dokuların geometrik karmaşıklığını değerlendirmek ve hastalığa özgü morfolojik değişiklikleri saptamak amacıyla kullanılmaktadır (Leszczyński ve Sokalski, 2017).

Kardiyovasküler sistemin yapısal özellikleri fraktal geometri ile uyumludur. Fraktal analiz, kalp seslerinin ve kalp ritmindeki değişkenliklerin incelenmesinde; özellikle miyokardiyal infarktüs sonrası ritim bozukluklarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Mäkikallio ve ark., 2001). Ayrıca koroner damarların dallanma yapısı, kalp kası (miyokard) trabekülasyonu, doku kanlanması ve kan basıncı değişiklikleri gibi birçok fizyolojik parametrenin analizinde de fraktal analiz, tanı ve takip açısından önemli bir araçtır (Captur ve ark., 2017).

Bronkopulmoner sistemde, alan ve hacim ölçümleri yaygın olarak kullanılmakla birlikte, bu geleneksel yöntemler akciğerin yapısal karmaşıklığını yeterince yansıtamaz (Kim ve ark., 2009; Tanabe ve ark., 2018). Akciğerin bronşiyal, arteriyel ve venöz dallanma sistemleri, iç içe geçmiş ve çok katmanlı yapılar sergileyerek fraktal geometri özellikleri gösterir (Glenny, 2011). Özellikle hava yollarının dallanma paternleri, fraktal benzerlik ve ölçek bağımsızlık ilkeleriyle uyumludur. Bu nedenle fraktal analiz, bronkopulmoner sistemin

mikroyapısal organizasyonunun değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olarak önerilmiştir (Shimizu ve ark., 2020; Tanabe ve ark., 2020).

Retinal vasküler ağ, fraktal geometri özellikleri sergileyen karmaşık bir dallanma yapısına sahiptir (Mainster, 1990). Özellikle retinal fraktal FB ölçümleri, retina damarlarının düzeni ve yoğunluğu hakkında bilgi sunarak, çeşitli oküler ve sistemik hastalıkların erken tanısında belirteç olarak değerlendirilmektedir (Yu ve Lakshminarayanan, 2021).

Nöropsikiyatri alanında fraktal analiz, beyin elektriksel aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, epilepsi hastalarında nöbet öncesi elektroensefalografi sinyalleri genellikle düzensiz ve düşük organize yapıda iken, nöbet esnasında bu sinyaller daha düzenli ve ritmik bir forma dönüşmektedir. Bu durum, FB ölçümleri ile belirlenebilmektedir. Bu nedenle fraktal analiz epileptik aktivitenin tanımlanmasında destekleyici bir araç olarak kullanılabilir (Wang ve ark., 2013).

FB, bir dokuda bulunan hücre sayısı, tümöral yapının hacmi ve hücrelerin proliferasyon hızı ile doğrudan ilişkili bir parametredir. Tümöral dokularda görülen vaskülarite, sağlıklı dokulara kıyasla daha yoğun ve karmaşık bir yapı sergiler; bu anormal damar yapılanmasının değerlendirilmesinde fraktal analiz etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır (De Felice ve ark., 2003). Özellikle tümör sınırlarının infiltratif ve invaziv yapısı, yalnızca prognostik değerlendirmeler için değil; aynı zamanda benign ve malign ayrımının yapılmasında da önemli bilgiler sunmaktadır. Örneğin, oral mukozada epitel-konnektif doku etkileşimi fraktal analiz ile elde edilmiş ve patolojik durumların ayırt edilmesi mümkün olmuştur (Landini ve Rippin, 1993).

Margaritescu ve arkadaşları (Margaritescu ve ark., 2010) oral skuamöz hücreli karsinom vakalarında, dil mukozasında yer alan lenfatik damar yapılarını fraktal analiz yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmada, normal doku ile karşılaştırıldığında premalign ve tümöral bölgelerde anlamlı şekilde daha yüksek FB değerleri elde edilmiştir.

Oftalmoloji alanında yapılan çalışmalarda, tip 1 diyabet tanısı almış genç bireylerde retinal vasküler ağın fraktal boyutundaki artışın, erken evre diyabetik retinopati bulguları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Retinanın damar yapısındaki bu karmaşıklığın, fraktal analiz aracılığıyla sayısal olarak değerlendirilmesi, diyabetik

mikroanjiyopatinin erken tanısında yardımcı olabilecek potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir (Cheung ve ark., 2009).

Fraktal analiz, diş hekimliği pratiğinde çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Uygulama alanlarından bazıları şunlardır:

- Temporomandibular eklem hastalıkları ve bruksizm olgularında kemik yapısındaki değişimlerin değerlendirilmesi (Arsan ve ark., 2017; Güleç ve ark., 2021)

- Tükürük bezlerinin morfolojik yapısının incelenmesi (Scalco ve ark., 2013)

- Dişin sert dokularına ait mikroyapısal analizlerin yapılması (Nezafat ve ark., 2019)

- Oral yumuşak doku lezyonlarının teşhisi ve malignite potansiyelinin değerlendirilmesi (Jurczynszyn, 2018; Mincione ve ark., 2015)

- Dental materyallerin yüzey morfolojisinin fraktal yöntemlerle analiz edilmesi (Drummond ve ark., 2005)

- Çürük risk düzeyinin değerlendirilmesi (Madlum ve ark., 2021)

- İskeletsel maturasyonun belirlenmesinde yardımcı bir değerlendirme aracı olarak kullanılması (Akbulut ve ark., 2020)

- Diş çürüklerinin erken teşhisinde destekleyici yöntem olarak kullanımı (Gutierrez ve ark., 2005)

- Oral kanserlerde hücre organizasyonunun değerlendirilmesi (Goutzanis ve ark., 2008)

- Tükürük bileşiminin yapısal özelliklerinin analiz edilmesi (Maity ve ark., 2021)

- Dental implant uygulamaları sonrası kemik iyileşmesinin değerlendirilmesi (Suer ve ark., 2016)

- Periodontal hastalıkların kemik yapıya etkilerinin izlenmesi (Aktuna Belgin ve Serindere, 2020)

- Ortognatik cerrahi sonrası alveoler kemikte meydana gelen değişikliklerin gözlemlenmesi (Heo ve ark., 2002)

- Sistemik hastalıklara bağlı olarak çene kemiklerinde oluşan yapısal değişimlerin incelenmesi (Bayrak ve ark., 2020)

- Periapikal bölgede uygulanan dental tedavi sonrası ortaya çıkan değişikliklerin değerlendirilmesi (Uğur Aydın ve ark., 2019)

- Fonksiyonel ortodontik tedavilerin çene kemiği üzerindeki etkilerinin incelenmesi (Cesur ve ark., 2020)

2.5.3 Fraktal Analiz ile Kemik Yapının Değerlendirilmesi

Kemik dokusunun mekanik davranışı kortikal tabakanın kalınlığı, trabeküler yoğunluğu ve trabeküler organizasyon gibi faktörlerden etkilenmektedir (Ergün ve ark., 2009; Sanchez-Molina ve ark., 2013).

Spongioz (kansellöz/trabeküler) kemik, trabeküler ağlardan oluşan, kompakt kemiğe kıyasla daha düşük yoğunlukta ve daha fazla poroziteye sahip bir yapı sergiler. Bu yapısal özellik, söz konusu dokunun yaşla birlikte ortaya çıkan metabolik ve biyomekanik değişimlere uyum sağlayabilmesini sağlar ve kemik dokusunun esnekliğini artırır (Parfitt ve ark., 1983). Trabeküler kemik, kortikal alveoler kemiğe göre daha yoğun bir metabolik aktiviteye sahiptir ve bu nedenle yapısal değişimlerin değerlendirilmesi açısından daha uygun bir kemik tipidir. (Dr. Fazzalari ve Parkinson, 1997).

Trabeküler kemik dokusu, yapısı sebebiyle fraktal geometri kavramıyla örtüşmektedir. Bu nedenle, fraktal analiz yöntemi, trabeküler kemiğin yapısal özelliklerini değerlendirmek amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır (Jurczyszyn ve ark., 2018)

Trabeküler kemiğin yapısal özelliklerini değerlendirmek amacıyla çeşitli görüntüleme ve analiz teknikleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan mikrodensitometri, radyografik görüntüler üzerinden optik yoğunluk ya da ışık geçirgenliği gibi parametreleri ölçerek kemik dokusunun değerlendirilmesini

sağlar. Ancak bu teknik, yapısal ayrıntılar açısından sınırlı bilgi sunmakta ve kullanılan radyografik cihazın teknik özellikleri ile ayarlarına yüksek derecede duyarlılık göstermektedir (Isenberg ve ark., 1968).

Trabeküler kemiğin yapısal değişikliklerini izlemek amacıyla kullanılan bir diğer yöntem ise çıkartma radyografisidir. Bu teknikte, farklı zaman dilimlerinde elde edilen radyografik görüntüler üst üste bindirilerek, kemik dokusundaki yoğunluk değişimleri analiz edilir. Ancak yöntemin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, görüntülerin yüksek hassasiyetle hizalanmasını gerektirmekte ve bu durum tekniği operatör bağımlı hale getirmektedir. Ayrıca özel ekipman gereksinimi bulunmakta olup, yalnızca zamana bağlı değişimleri saptayabildiğinden yapısal ayrıntıların detaylı analizine olanak tanımamaktadır (Ort ve ark., 1977).

Bir diğer kemik değerlendirme yöntemi olan absorbsiyometri, düşük dozlu radyasyon ışını kullanılarak uygulanır. Bu teknikte, ışının kemikten geçiş miktarı ölçülerek kemik mineral yoğunluğu hakkında bilgi elde edilir. Absorbsiyometri, kemik yoğunluğunu belirlemede etkili ve yaygın kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, yalnızca anlık veriler sunar ve geriye dönük analiz yapılmasına imkân tanımaz (Cullum ve ark., 1989).

Trabeküler kemik yapısının FB değerleri üzerinden incelenmesi, araştırmacılar tarafından kemik sağlığını değerlendirmek ve yapısal değişiklikleri analiz etmek amacıyla sıkça başvurulmuş bir yöntem olmuştur (Yaşar ve Akgünlü, 2006). Literatürdeki araştırmalar kemik dokusunun FB değeri ile biyomekanik özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir (Haire ve ark., 1998). Mineral yoğunluğundaki azalma ve kemik kaybı gibi durumların FB değerlerinde düşüşe yol açtığı; buna karşın, daha yüksek FB değerlerinin, daha karmaşık trabeküler organizasyona ve daha kompakt bir mikro mimariye işaret ettiği bildirilmektedir (White ve Rudolph, 1999).

Fraktal analizde, trabeküler yapının değerlendirilmesi için kullanılan kutu sayma yöntemi, trabeküler kemik ile kemik iliği arasındaki arayüzü sayarak trabeküler kemik yapısının karmaşıklığını analiz etmeye olanak tanır (Uchiyama ve ark., 1999). Yüksek değerler, analiz edilen yapının daha karmaşık bir yapıya sahip olduğunu gösterir (Prouteau ve ark., 2004). Bu yöntemde, ölçüm yapılacak trabeküler kemik bölgesi üzerine farklı boyutlarda kutulardan oluşan bir ızgara yerleştirilir. 2 ila 64 piksel (yaklaşık 52–1664 mm) aralığında değişen kutu

boyutları kullanılarak, her ölçümde trabeküler kemik sınırını içeren kutular sayılır. Bu sayım, yapının sınırlarını belirleyerek trabeküler yapının karmaşıklığının değerlendirilmesine olanak tanır (Chen ve ark., 2005). Kutu boyutları ile sınırı kapsayan kutu sayıları arasındaki ilişki çift logaritmik grafik üzerinde çizilir. FB ise, bu grafikte çizilen en küçük kareler regresyon doğrusunun eğimi alınarak, mutlak değeri FB olarak belirlenir (Uchiyama ve ark., 1999).



3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu retrospektif çalışmada 2018-2024 tarihleri arasında gömülü maksiller kanin sebebiyle Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'na yönlendirilmiş, KIBT çekilmiş hastaların görüntüleri kullanılmıştır.

Bu çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 05.11.2024 tarihinde (Karar no: 2024/294) etik olarak uygun bulunmuştur.

3.1 Hasta Seçimi

Çalışmaya Dahil Olma Kriterleri

- Daimi veya karma dentisyona sahip hastalar
- Unilateral gömülü maksiller kanin dişi bulunan hastalar
- KIBT görüntülerinde ölçümlere engel artefakt bulunmayan hastalar

Çalışma Dışında Tutulma Kriterleri

- Süt dentisyona sahip hastalar
- Maksilofasiyal deformitesi bulunan hastalar
- Maksilofasiyal bölgede travma öyküsü bulunan hastalar
- Patolojik nedenlerle (örneğin kist veya tümör varlığı gibi) gömülü kalmış maksiller kanine sahip hastalar
- KIBT görüntülerinde artefakt varlığı
- Yeterli görüş alanına sahip olmayan KIBT görüntüleri

3.2 Hasta ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması

Bu retrospektif çalışmada, tek taraflı gömülü kanin dişi bulunan toplam 50 hastanın mandibular kondillerinin alveoler kemik yoğunluğu fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Hata payı %5, örneklem gücü 0,90 ve etki büyüklüğü 0,45 olarak kabul edildiğinde, gerekli minimum örneklem sayısı 44 olarak hesaplanmıştır (G*Power 3.1.9.7 ; Heinrich Heine üniversitesi, Düsseldorf, Almanya). Bu araştırma, retrospektif bir çalışma olup, her hastanın gömülü kanin dişi bulunan kondili deney grubu, gömülü kanin dişi bulunmayan karşı tarafı ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir.

Fraktal analiz yöntemi, kemik dokusunun mikroyapısal özelliklerini ve yoğunluğunu kantitatif olarak değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların KIBT görüntüleri retrospektif olarak analiz edilmiştir.

Ölçümler, sağ ve sol TME bölgelerinde gerçekleştirilen fraktal analiz sonuçlarına dayanarak karşılaştırmalı şekilde değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, gömülü kanin varlığının mandibular kondilin trabeküler kemik yapısı üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

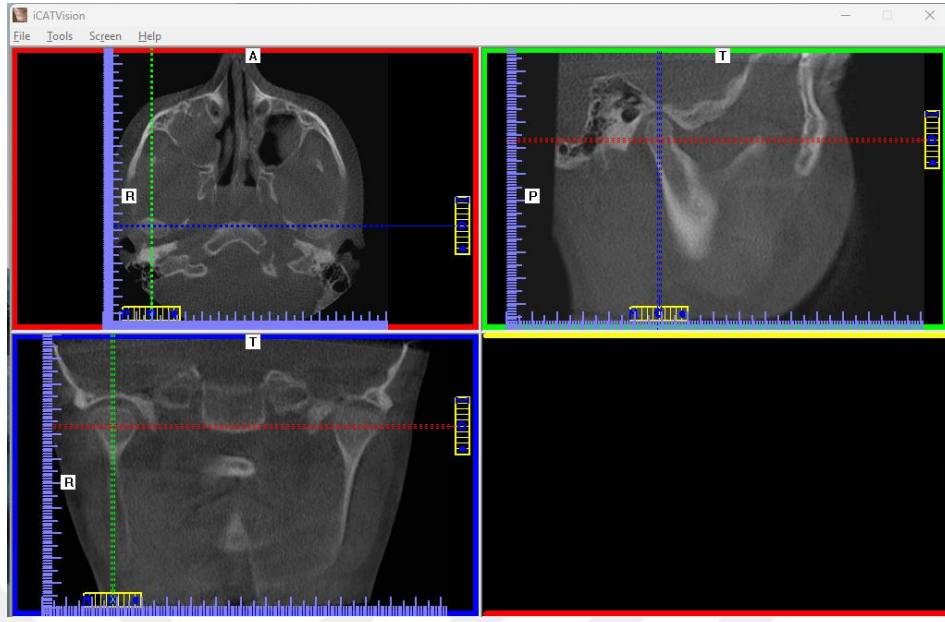
3.3 Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) Görüntüleme

Tüm bireylerin KIBT görüntüleri, amorf silikon düz panele sahip i-CAT marka KIBT cihazı (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, ABD) kullanılarak elde edilmiştir. Cihazın düz panel boyutları 23,8 cm genişlik x 19,2 cm yükseklik olarak belirlenmiştir. Görüntüleme sırasında cihaz, 120 kVp (kilovoltaj tepe noktası) ve 7 mA (miliamper) parametrelerinde, 0,3 mm³ voksel boyutu, 0,3 mm kesit kalınlığı ve 10-13 x 16 mm FOV (görüş alanı) kullanılarak çalıştırılmıştır. Pozlama süresi 4,8 sn olarak ayarlanmıştır. Cihazın X-ışını tüpü ve düz panel sistemi, hasta başının etrafında tek bir 360° dönüş ile görüntüleme gerçekleştirmiştir. Tarama süresi ise 26,9 sn olarak kaydedilmiştir.

Retrospektif olarak incelenen tüm KIBT görüntüleri, standart ve tek tip çekim protokolü kullanılarak elde edilmiştir. Bu sayede, görüntülerin karşılaştırılabilirliği ve analiz sonuçlarının güvenilirliği sağlanmıştır.

3.4 Fraktal Analiz

Çalışmaya dahil edilen 50 hastanın KIBT görüntüleri, i-CAT Vision 1.9 yazılım programı (Imaging Sciences International LLC., Hatfield, PA, ABD) kullanılarak açılmış ve her hastanın sağ ve sol kondilleri ayrı ayrı tek bir gözlemci tarafından analiz edilmiştir. Kondillerin sagittal görüntüleri, anatomik olarak ortalanmış ve koronal düzlemde en net görüntüler seçilerek bilgisayara kaydedilmiştir. Tüm görüntüler, analizlerin standardizasyonunu sağlamak amacıyla 456×256 piksel çözünürlüğe (piksel: dijital görüntüyü oluşturan en küçük nokta) getirilmiştir. Fraktal analiz ölçümleri, ImageJ programı (National Institutes of Health, Bethesda, MD, ABD) kullanılarak ve White ve Rudolph (White ve Rudolph, 1999) tarafından tanımlanan kutu sayma yöntemi temel alınarak yapılmıştır.

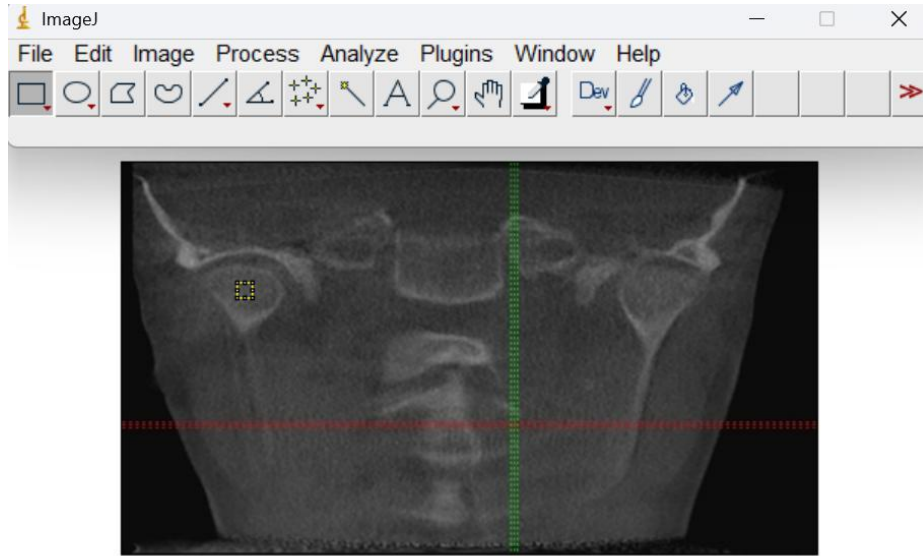


Şekil 3.1. Sağ TME' nin görüntülenmesi

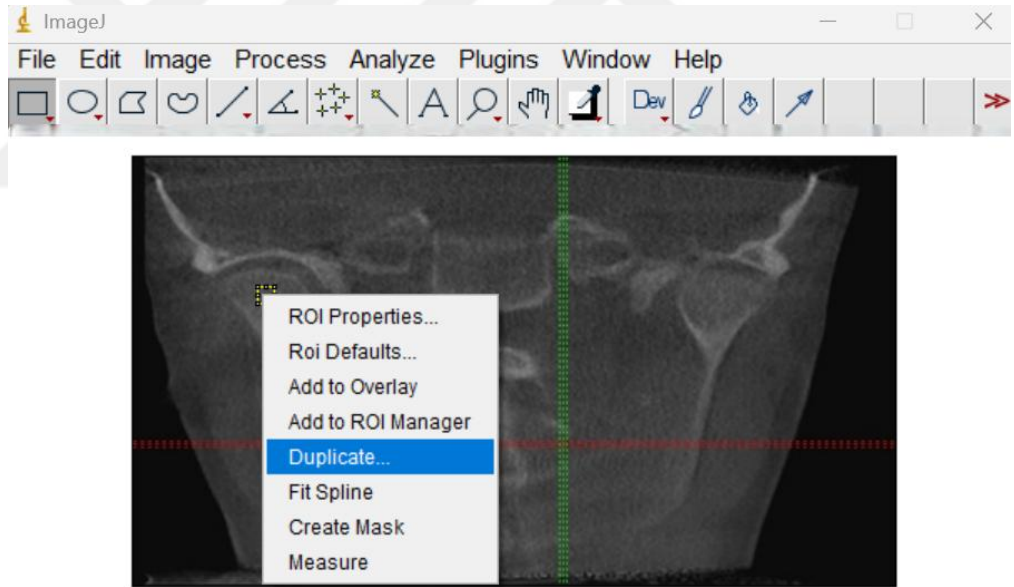
Kaydedilen görüntüler, National Institutes of Health (NIH, ABD) tarafından geliştirilen ImageJ programına aktarılmıştır.

Görüntüler, program içerisindeki "Image Type" seçeneği kullanılarak 8-bit gri tonlamalı formata dönüştürülmüştür.

Analizlerin yapılabilmesi için her görüntüde, 10×10 piksel boyutlarında ilgili bölgeler (ROI – Region of Interest) oluşturulmuştur. Bu bölgeler, işlem öncesinde kırılarak ayrılmış ve ardından kopyalanarak analiz sürecine dahil edilmiştir.

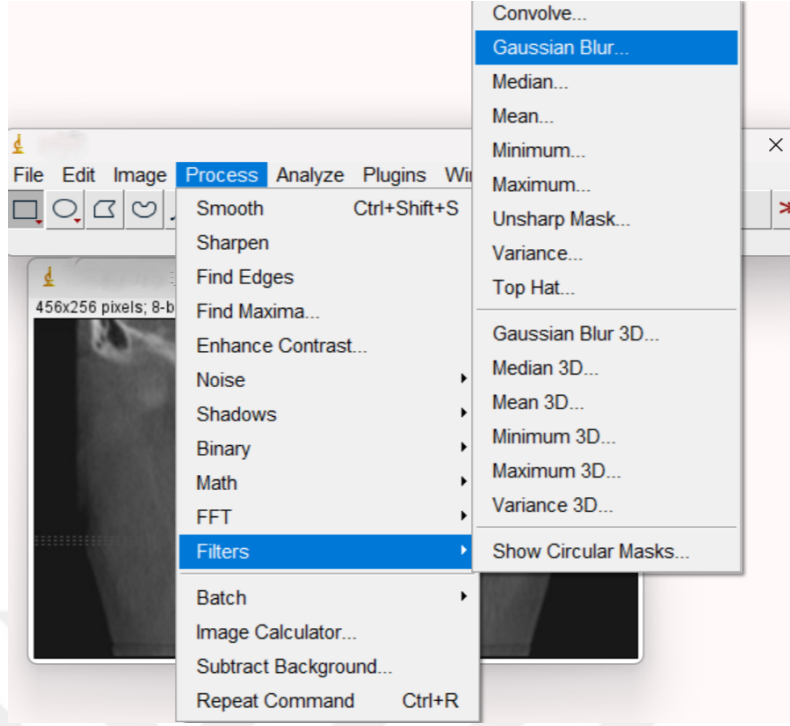


Şekil 3.2. 10x10 piksel ROI oluşturulması



Şekil 3.3. ROI'nin dublike edilmesi

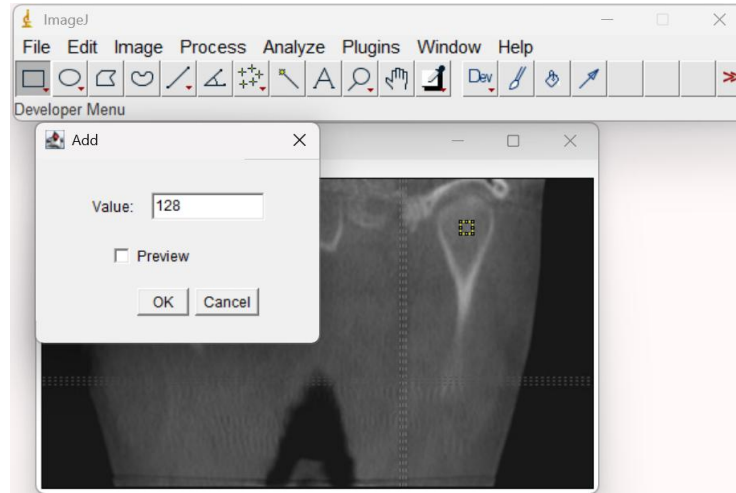
Görüntülere, yumuşak dokuların etkisini azaltmak ve kemik trabekülasyonunu daha net ortaya koymak amacıyla Gaussian Blur filtresi uygulanmıştır.



Şekil 3.4. Gaussian Blur filtresi uygulanması

Bu işlemle elde edilen bulanıklaştırılmış görüntüler, orijinal görüntülerden çıkarılarak yalnızca trabeküler kemik yapısının ön plana çıkması sağlanmıştır.

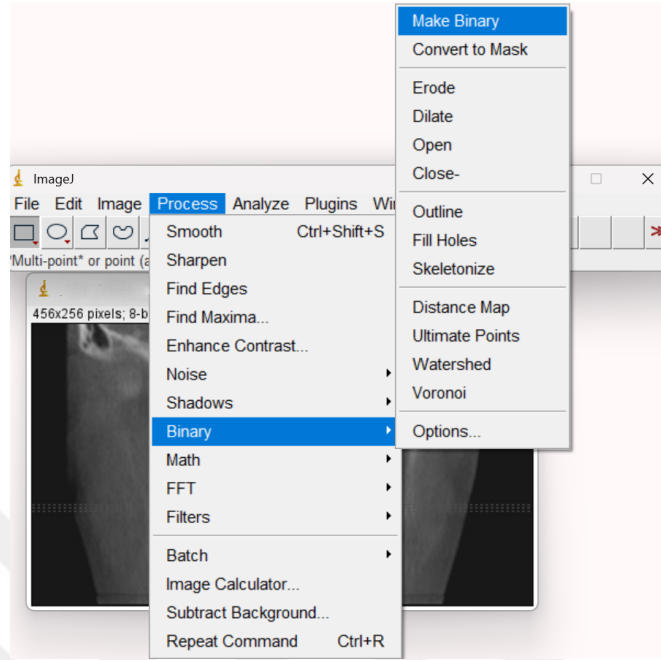
Ardından, tüm piksellere 128 gri ton değeri eklenmiş, böylece parlaklık dengelenmiş ve trabeküler yapı daha net hale getirilmiştir.



Şekil 3.5. 128 gri tonu eklenme işlemi

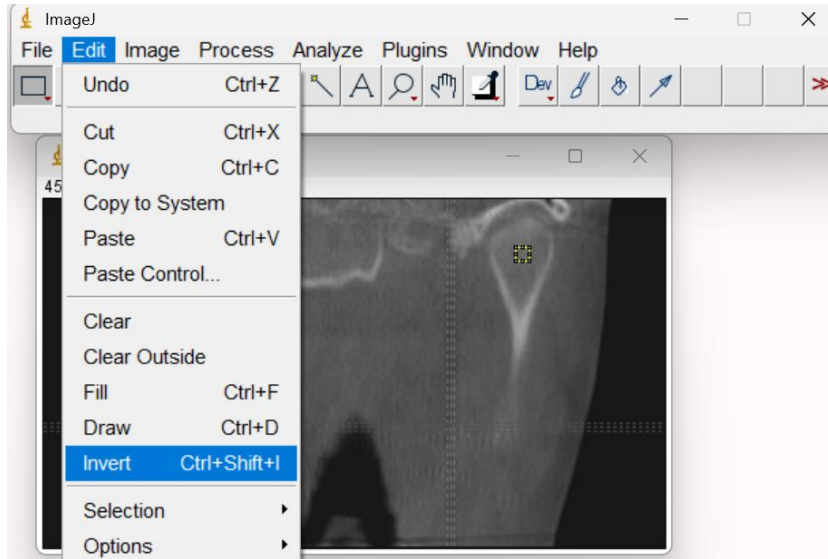
Bir sonraki aşamada görüntüye “Binary” işlemi uygulanarak siyah-beyaz hale getirildi, böylece iki renkli görüntü oluşturularak trabeküler yapının sınırları fark edilebilir duruma getirildi.

Görüntüdeki gürültüyü ortadan kaldırmak için görüntüye aşındırma (erode) ve genişletme (dilate) işlemi uygulandı.



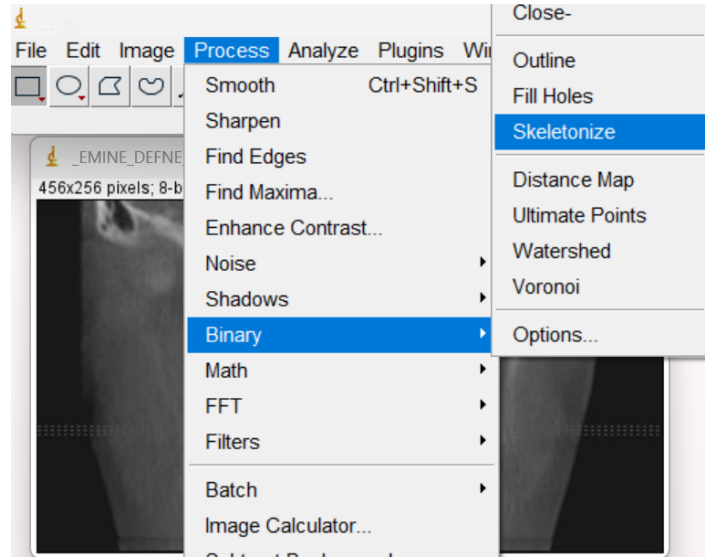
Şekil 3.6. Binary-Erode-Dilate işlemleri uygulanması

Devamında, "Edit > Invert" komutu kullanılarak renkler ters çevrilmiş ve trabeküler yapı beyaz tonlarda görünür hale getirilmiştir.

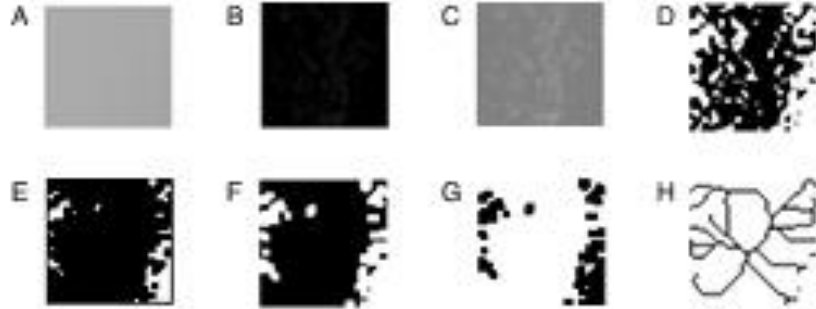


Şekil 3.7. Edit-invert uygulaması

Elde edilen görüntü, skeletonize işlemiyle iskelet haline getirilerek fraktal analiz için uygun hale getirilmiştir.

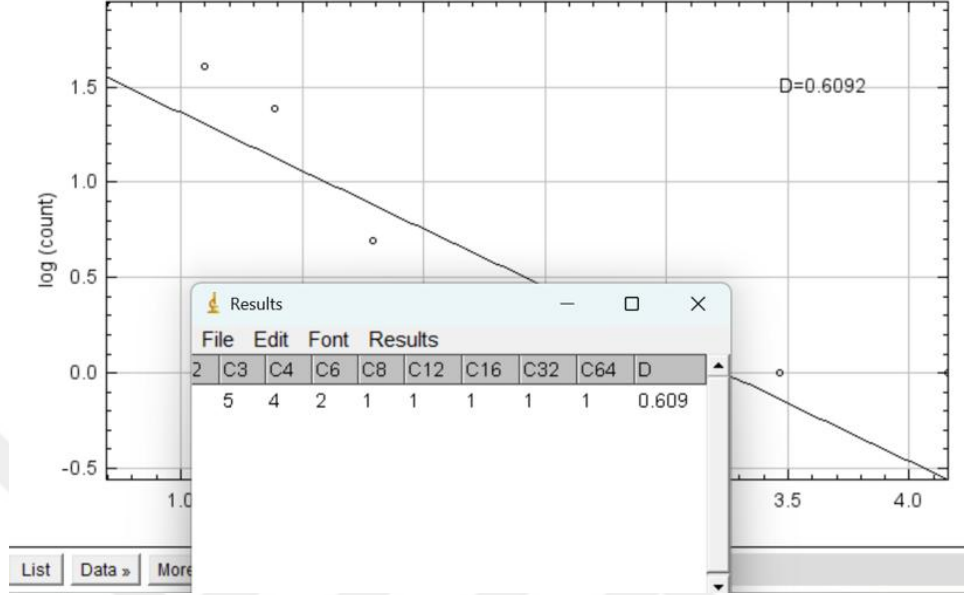


Şekil 3.8. Skeletonize işleminin uygulanması



Şekil 3.9. A) Gaussian Blur uygulanması, B) Dublike ROI görüntüsünden bulanıklaştırılmış görüntünün çıkarılması, C) 128 gri tonu eklenmesi, D) Siyah-beyaz görüntüye dönüştürme (Binarizasyon), E) Bozulmaları azaltmak için Erode işlemi, F) Daha belirgin hale getirmek için Dilate işlemi, G) Renklerin ters çevrilmesi (Invert), H) Yapıyı iskeletleştirme (Skeletonization)

Son aşamada, Analyze > Tools > Factor Box Count yöntemi kullanılarak, trabeküler yapının karmaşıklık derecesini ifade eden fraktal değerler elde edilmiştir.



Şekil 3.10. Fraktal kutu sayma yöntemi kullanılarak elde edilen fraktal değer

3.5 İstatistiksel Yöntem

Yapılan ölçümlere ait tanımlayıcı istatistikler ölçümlerin türüne bağlı olarak ortalama $\pm$ standart sapma (SS) veya n (%) olarak verildi. Sayısal ölçümlerin normal dağılıma uyumu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi ve tüm ölçümlerin normal dağılım gösterdiği belirlendi. Sayısal ölçümler bakımından gömülü kanin olan taraf kondili ile gömülü kanin olmayan taraf kondilinin FB değerlerinin karşılaştırılmasında eşleştirilmiş örneklem t-test kullanıldı. Gömülü kaninin sağ ve sol taraf olması durumundaki kondil FB değerlerini karşılaştırmada ve gömülü kanin olmayan taraftaki kondillerin FB değerlerinin karşılaştırılmasında bağımsız örneklem t-test kullanıldı. Gömülü kaninin sağda ve solda yer alma durumu ile cinsiyet arasındaki ilişki Pearson ki-kare testi ile incelendi. İstatistik anlamlılık düzeyi olarak $P < 0,05$ kabul edildi ve hesaplamalarda IBM SPSS (versiyon 29.0, IBM Corp., ABD) programı kullanıldı. Gözlemci içi güvenilirliği değerlendirmek amacıyla, ilk ölçümden 1 ay sonra rastgele belirlenen 20 KIBT’te tekrardan ölçüm yapıldı ve sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplandı.

4. BULGULAR

Çalışmaya toplam 50 birey dahil edilmiştir. Katılımcıların %72,5'i kadın (n=37), %25,5'i erkek (n=13) bireylerden oluşmaktadır. Çalışmaya dahil edilen bireyler, gömülü kaninin bulunduğu taraflara göre "sağda gömülü kanin" (n=23) ve "solda gömülü kanin" (n=27) olarak iki gruba ayrılmıştır.

Tablo 4.1. Demografik karşılaştırma

		Kadın (n=37)		Erkek (n=13)		Toplam N	Yaş Ortalama ± SS
		n	%	n	%		
Gömülü taraf	Sağ	15	40,5	8	61,5	23	16,43±4,04
	Sol	22	59,5	5	38,5	27	15,64±3,26
<i>P*</i>		0,191				0,448	

*: Cinsiyet için Pearson ki-kare testi; Yaş için bağımsız örneklem t-testi

Tablo 4.1' de cinsiyetlere göre gömülü kanin tarafı sağ ve sol olan grupların dağılımı yer almaktadır. Gömülü kanini sağ tarafta bulunan toplam 23 bireyin %65,2'si (n=15) kadın, %34,8'i (n=8) erkektir. Sol tarafta gömülü kanini bulunan 27 bireyin ise %81,5'i (n=22) kadın, %18,5'i (n=5) erkektir.

Kadın ve erkek bireylerde gömülü kaninin bulunduğu tarafa göre dağılımı incelendiğinde, kadınların %40,5'inde (n=15) sağ, %59,5'inde (n=22) sol tarafta gömülü kanin izlenirken; erkeklerde bu oran %61,5 (n=8) sağ ve %38,5 (n=5) sol taraf olarak izlenmiştir.

Tablo 4.1'de yer alan bulgular incelendiğinde kadın ve erkeklerde, sağ ve sol tarafta gömülü kanin dişi bulunan birey sayıları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0,05$). Benzer şekilde, gömülü kaninin sağ ve sol yerleşimine göre yaş ortalamaları arasında da anlamlı bir fark saptanmamıştır ($P > 0,05$).

Tablo 4.2. Tüm hastalarda gömülü kanin olan taraf ve gömülü kanin olmayan taraf kondillerinin FB karşılaştırılması

	Gömülü Kanin Olan Taraftaki Kondil (n=50) Ortalama±SS	Gömülü Kanin Olmayan Taraftaki Kondil (n=50) Ortalama±SS	Test İstatistiği (sd)	P*
FB	0,698 ± 0,1074	0,673 ± 0,1066	1,512 (49)	0,137

SS: Standart sapma, sd: serbestlik derecesi; *: Eşleştirilmiş t-testi, FB: Fraktal boyut

Tablo 4.2’de tüm bireylerin mandibular kondil bölgelerinde ölçülen FB değerleri, gömülü kanin bulunan tarafın kondili ile gömülü kanin bulunmayan tarafın kondili arasında karşılaştırılmıştır. Gömülü kanin bulunan taraftaki kondilin FB değeri 0,698 ± 0,1074, gömülü kanin bulunmayan taraftaki kondilin FB değeri ise 0,673 ± 0,1066 olarak bulunmuştur. Gömülü kanin bulunan taraftaki kondil ile gömülü kanin bulunmayan taraftaki kondilin FB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Tablo 4.3. Cinsiyete göre gömülü kanin olan taraf ve gömülü kanin olmayan taraf kondillerinin FB karşılaştırılması

		Gömülü Kanin Olan Taraftaki Kondil FB (n=50) Ortalama±SS	Gömülü Kanin Olmayan Taraftaki Kondil FB (n=50) Ortalama±SS	Test İstatistiği (sd)	P*
FB	Kadın	0,6876 ± 0,1186	0,6663 ± 0,1122	1,076 (36)	0,289
	Erkek	0,7277 ± 0,0602	0,6920 ± 0,0900	1,159 (12)	0,269

SS: Standart sapma, sd: serbestlik derecesi; *: Eşleştirilmiş t-testi, FB: Fraktal boyut

Tablo 4.3’te, kadın ve erkek bireylerde gömülü kanin bulunan taraf ile gömülü kanin bulunmayan taraf kondillerine ait FB değerlerinin karşılaştırılması sunulmuştur.

Kadın bireylerde, gömülü kanin bulunan tarafın kondiline ait FB değeri 0,6876 ± 0,1186, gömülü kanin bulunmayan tarafın kondiline ait FB değeri ise 0,6663 ± 0,1122 olarak hesaplanmıştır. Kadınlarda gömülü kanin olan ve olmayan taraflardaki kondil FB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Erkek bireylerde, gömülü kanin bulunan tarafın kondiline ait FB değeri $0,7277 \pm 0,0602$, gömülü kanin bulunmayan tarafın kondiline ait FB değeri ise $0,6920 \pm 0,0900$ olarak bulunmuştur. Erkeklerde gömülü kanin olan ve olmayan taraflardaki kondil FB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Tablo 4.4. Sağ ve sol gömülü kanin grupları için sağ ve sol kondil FB değerlerinin karşılaştırılması

Gömülü taraf		Ortalama	SS	P*
Sağ	Sağ Kondil FB	0,7165	0,1056	0,186
	Sol Kondil FB	0,6797	0,0985	
Sol	Sağ Kondil FB	0,6672	0,1147	0,472
	Sol Kondil FB	0,6824	0,1084	

SS: Standart sapma; *: Eşleştirilmiş t-testi, FB: Fraktal boyut

Gömülü kanini sağda ve solda bulunan gruplarda, kondile ait FB değerleri, aynı bireyin sağ ve sol kondilleri karşılaştırılarak Tablo 4.4'te değerlendirilmiştir.

Gömülü kanini sağda bulunan bireylerde, sağ kondilde ölçülen FB değeri $0,7165 \pm 0,1056$, sol kondile ait FB değeri ise $0,6797 \pm 0,0985$ olarak hesaplanmıştır. Sağda gömülü kanini bulunan bireylerde sağ ve sol kondil FB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P > 0,05$).

Gömülü kanini solda bulunan bireylerde sağ kondile ait FB değeri $0,6672 \pm 0,1147$, sol kondile ait FB değeri $0,6824 \pm 0,1084$ olarak bulunmuştur. Solda gömülü kanini bulunan bireylerde sağ ve sol kondil FB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P > 0,05$).

Tablo 4.5. Kondil FB değerlerinin sağ ve sol gömülü kanin grupları arasında karşılaştırılması

	Taraf	Ortalama	SS	P*
Sağ Kondil FB	Sağ gömülü	0,7165	0,1056	0,136
	Sol gömülü	0,6672	0,1147	
Sol Kondil FB	Sağ gömülü	0,6797	0,0985	0,977
	Sol gömülü	0,6824	0,1084	

SS: Standart sapma; *: Bağımsız örneklem t-testi, FB: Fraktal boyut

Gömülü kanini sağda ve solda bulunan gruplarda, sağ ve sol mandibular kondillere ait FB değerleri karşılaştırmalı olarak Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Sağ kondil FB değerleri, gömülü kanini sağda bulunan bireylerde $0,7165 \pm 0,1056$ ve gömülü kanini solda bulunan bireylerde $0,6672 \pm 0,1147$ olarak bulunmuştur. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Sol kondil FB değerleri, gömülü kanini sağda bulunan bireylerde $0,6797 \pm 0,0985$, gömülü kanini solda bulunan bireylerde $0,6824 \pm 0,1084$ olarak bulunmuştur. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Tablo 4.6. Gömülü kanin bulunan ve bulunmayan gruplarda sağ ve sol kondil FB değerlerinin karşılaştırılması

	Taraf	Ortalama	SS	P*
Gömülü Kanin Bulunan	Sağ Kondil FB	0,7165	0,1056	0,267
	Sol Kondil FB	0,6824	0,1084	
Gömülü Kanin Bulunmayan	Sağ Kondil FB	0,6672	0,1147	0,685
	Sol Kondil FB	0,6797	0,0985	

SS: Standart sapma; *: Bağımsız örneklem t-testi, FB: Fraktal boyut

Tablo 4.6'da gömülü kanin bulunan ve bulunmayan gruplarda sağ ve sol kondillere ait FB değerlerinin karşılaştırması sunulmuştur.

Gömülü kanini sağda bulunan bireylerde sağ kondilin FB değeri $0,7165 \pm 0,1056$, gömülü kanini solda bulunan bireylerin sol kondil FB değeri ise $0,6824 \pm 0,1084$ olarak bulunmuştur. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Gömülü kanini sol tarafta olan bireylerde sağ kondilin FB değeri $0,6672 \pm 0,1147$; gömülü kanini sağda bulunan bireylerin sol kondil FB değeri ise $0,6797 \pm 0,0985$ olarak hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P > 0,05$).

Tablo 4.7. Sınıf içi korelasyon katsayısı

	Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı	95% Güven aralığı		<i>P</i> *
		Alt Sınır	Üst Sınır	
Sağ Kondil FB	0,983	0,959	0,993	<0,001
Sol Kondil FB	0,994	0,984	0,997	<0,001

Gözlemci içi güvenilirliği değerlendirmek amacıyla ilk ölçümden 4 hafta sonra, rastgele seçilen 20 hastanın sağ ve sol kondil FB değeri aynı araştırmacı tarafından yeniden ölçülmüş olup; sınıf içi korelasyon katsayısı Tablo 4.7’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde hem sağ hem de sol ölçümlerde uyumun mükemmel düzeyde olduğu görülmüştür.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, mandibular kondillerin alveolar kemik yoğunluğunu değerlendirmek amacıyla fraktal analiz yöntemi kullanılmıştır. Fraktal analiz, kemik kalitesi ve mikroyapısını nicel olarak değerlendirmeye yönelik kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, trabeküler kemik mimarisini istatistiksel doku analizi ile inceleyerek, görüntünün yapısal karmaşıklığını sayısal olarak ifade eden FB değeri ile değerlendirme imkanı sunar (Huh ve ark., 2011). Trabeküler kemik yapısına ait fraktal boyutun, kemik dokusunun fiziksel özellikleriyle anlamlı bir ilişki gösterdiği birçok çalışmada ortaya konmuştur (Majumdar ve ark., 1993; Pothuau ve ark., 1998; Wilding ve ark., 1995). Özellikle mandibular kondil gibi anatomik açıdan karmaşık bölgelerde, invaziv olmayan ve tekrarlanabilir ölçüm imkanı sunması, fraktal analizi klinik ve araştırma alanlarında değerli bir araç haline getirmiştir (White ve Rudolph, 1999). Son yıllarda yapılan çeşitli çalışmalar, fraktal analiz yönteminin osteoporoz, gömülü dişler ve maloklüzyon gibi durumlarda kemik mimarisindeki değişiklikleri değerlendirmede etkili olabileceğini göstermektedir (Öztürk ve Artaş, 2024; Sunal Aktürk ve ark., 2024; Tercanlı ve Bolat Gümüş, 2024)

Kemik kalitesini değerlendirmek amacıyla çeşitli radyografik yöntemlerden yararlanılmaktadır (İbrahim ve ark., 2013). Bu yöntemler arasında mikro-BT, kemik morfolojisi ve mikroyapısının analizinde altın standart olarak kabul edilse de; yüksek maliyeti, radyasyon dozunun fazlalığı ve yalnızca vücut dışında elde edilen örneklerde kullanılabilir olması gibi sınırlılıkları mevcuttur (Kato ve ark., 2020). Bununla birlikte, diş hekimliği klinik uygulamalarında KIBT, düşük maliyeti, daha az radyasyon dozu ve görüntü bozulmalarının sınırlı olması gibi avantajları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir (Scarfe ve ark., 2006). Ayrıca, KIBT ile elde edilen dijital verilerin çeşitli yazılımlar aracılığıyla işlenebilir olması, fraktal analiz sürecini daha sistematik ve tekrarlanabilir hale getirmektedir.

Trabeküler kemik yapısının fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmesinde farklı görüntüleme tekniklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, periapikal radyografi, panoramik radyografi ve KIBT görüntüleri kullanılarak 15 koyun hemimandibulası üzerinde ölçümler yapılmıştır. Bulgulara göre, en yüksek ortalama FB değeri dijital periapikal radyografilere aitken, en düşük FB değeri standart çözünürlüklü KIBT görüntülerinden elde edilmiştir. Dijital periapikal ve

panoramik radyografiler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, her iki yöntemle elde edilen FB değerleri KIBT görüntülerine kıyasla anlamlı derecede daha yüksek çıkmıştır. Özellikle yüksek çözünürlüklü KIBT görüntülerinden elde edilen FB değerleri bile panoramik radyografilerden anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Bu bulgular, fraktal analizde kullanılan görüntüleme tekniğinin FB değerlerini doğrudan etkileyebileceğini ve özellikle KIBT ile elde edilen verilerin, diğer 2B tekniklerle elde edilen verilerle uyumlu olmayabileceğini göstermektedir (Yavuz ve Yardımcı, 2024). Bu nedenle, çalışmamızda KIBT tercih edilmiştir.

Fraktal analiz yönteminin en önemli avantajlarından biri, invaziv olmayan bir teknik olmasıdır. Yapılan çeşitli çalışmalar, FB değerleri ve radyomorfometrik parametrelerin değerlendirilmesinde güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar elde edilebileceğini ortaya koymuştur (Apolinário ve ark., 2016; Kavitha ve ark., 2015; Sindeaux ve ark., 2014). Panoramik radyografiler üzerinden elde edilen FB değerlerinin, kemik mineral yoğunluğu değerlendirmelerinde kullanılan testlerle karşılaştırıldığında tatmin edici sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, fraktal analiz yöntemi işlenmiş görüntüler üzerinde kantitatif analiz uygulanması yoluyla gerçekleştirildiğinden, görüntülerin elde edildiği ekipmanın türü (analog ya da dijital), çözünürlük, sıkıştırma oranı ve pozlama süresi gibi teknik parametreler FB değerlerini etkileyebilmektedir (Baksi ve Fidler, 2011). Özellikle 2D görüntülerde bu değişkenler önemli farklılıklar yaratabilirken, uygun bir standardizasyon süreci uygulandığında analizlerin geçerliliği sağlanabilir (Baksi ve Fidler, 2011; Yaşar ve ark., 2012). KIBT görüntüleriyle yapılan deneysel çalışmalarda ise, pozlama süresinden ziyade voksel boyutundaki değişimlerin FB değerlerini anlamlı şekilde etkilediği gösterilmiştir; daha büyük voksel boyutlarının daha düşük FB değerleri ile ilişkilendirildiği bildirilmiştir (Pauwels ve ark., 2015). Panoramik görüntüler, düşük radyasyon dozu ve kolay erişilebilirlik açısından avantajlı olsa da 2B yapıları nedeniyle anatomik örtüşmelerin ve görüntü bozulmalarının önüne geçilememektedir. Özellikle kondil gibi karmaşık ve derin yapılar içeren bölgelerde bu sınırlılıklar, kemik trabekülasyonunun ayrıntılı değerlendirilmesini güçleştirebilir. Bu nedenle, çalışmamızda üç boyutlu hacimsel bilgi sunan ve kondil morfolojisinin daha doğru biçimde analizine olanak tanıyan KIBT verileri kullanılmıştır. Çalışmamızda tüm KIBT görüntüleri, aynı cihaz (i-CAT Vision 1.9, Imaging Sciences International, Hatfield, PA, ABD) kullanılarak

ve tek bir çekim protokolüne bağlı kalınarak elde edilmiştir. Tüm analizler, 456×256 piksel çözünürlükte standartlaştırılmış görüntüler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, yalnızca tek bir gözlemci (G.B.K) tarafından yürütülmüş ve her bireyin sağ ve sol mandibular kondilinde sabit boyutlarda belirlenen 10×10 piksellik ROI'ler üzerinde yapılmıştır. Fraktal analiz bulgularının güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini artırmak amacıyla bu standardizasyon uygulanmıştır.

FB hesaplamalarında en sık kullanılan program ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, ABD) olmakla birlikte, NRecon (Bruker microCT, Kontich, Belçika), Scion Image (Scion Corporation, Frederick, MD, ABD), CTAn (Bruker microCT, Kontich, Belçika) ve TAS Plus (Developed by. Medical College of Wisconsin, Milwaukee, WI, ABD) gibi farklı programlar da literatürde çeşitli çalışmalarda tercih edilmiştir (Avsever ve ark., 2015; Dursun ve ark., 2015; Heo ve ark., 2002; Honda ve ark., 1991; Honda ve ark., 1992; Lee ve ark., 2010). Fraktal analiz uygulamalarına dair sistematik derlemelerde de belirtildiği üzere, FB hesaplamasında en yaygın kullanılan yöntem kutu sayma yöntemidir (Leite ve ark., 2015; Sánchez ve Uzcátegui, 2011; White ve Rudolph, 1999). Buna karşın, caliper, power spectrum ve Rényi entropisi gibi alternatif yöntemler daha az sıklıkla kullanılmaktadır (Créton ve ark., 2012; Law ve ark., 1996; Roberts ve ark., 2013; Shrout ve ark., 1997). Farklı algoritmalarla yapılan FB hesaplamalarının aynı bölge için farklı değerler üretebildiği gösterilmiştir. Bu farklılık, her yöntemin hesaplama prensibinin farklı teorik temellere dayanmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, görüntüler arası karşılaştırmalarda yöntemsel tutarlılığı sağlamak adına, tek bir algoritmanın ve ölçüm protokolünün kullanılması ve ortalama FB değerlerinin bu yaklaşımla elde edilmesi önem taşımaktadır (Borowska ve ark., 2015). Mevcut çalışmada fraktal analiz, ImageJ programı üzerinden kutu sayma yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve tüm örneklerde aynı ölçüm protokolü uygulanarak karşılaştırılabilirliğin korunması hedeflenmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan ROI'lerin şekil, boyut ve yerleşim açısından oldukça farklılık göstermesi dikkat çekicidir. Genel olarak fraktal analizde tercih edilen bölge trabeküler kemik alanı olmakla birlikte, bazı panoramik radyografi çalışmalarında mandibular kortikal kemik de ROI içine dahil edilmiştir (Apolinário ve ark., 2016; Kavitha ve ark., 2015; Kavitha ve ark., 2016; Tosoni ve ark., 2006; Yaşar ve ark., 2012). Kortikal kemiğe göre daha yüksek

metabolik aktiviteye sahip olan trabeküler kemik, yapısal değişikliklerin gözlemlenebildiği bir bölge olarak kabul edilmektedir (Wilding ve ark., 1995). Bu çalışmada, TME bölgesinde yer alan mandibular kondilin trabeküler yapısı, fraktal analiz yöntemiyle değerlendirildi. Sagittal düzlemde kondilin ortalanmasıyla referans alınarak belirlenen koronal kesitlerde, ROI'ler yalnızca trabeküler yapıyı kapsayacak şekilde seçildi; kortikal kemik yapılar hariç tutularak ölçümler gerçekleştirildi.

Fraktal analiz, bir yapının ya da şeklin karmaşıklığını sayısal olarak ifade eden ve FB değeri aracılığıyla değerlendiren bir yöntemdir (Bollen ve ark., 2001). Tıpta fraktal analiz genellikle görüntüleme teknikleriyle, özellikle radyograflerle birlikte kullanılarak olası anomalilerin tanısında ve mevcut hastalıkların şiddetinin değerlendirilmesinde yardımcı bir araç olarak kullanılmaktadır (Goldberger ve West, 1987; Morinushi ve ark., 1998). Diş hekimliğinde ise fraktal analiz yöntemi, çoğunlukla dental radyograflerdeki çene kemiklerinin trabeküler yapısını analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kemik mineral yoğunluğunu inceleyen araştırmacılar da trabeküler kemiğin nicel değerlendirilmesinde fraktal analizden yararlanmaktadır. Son yıllarda, bu yöntem yalnızca mineral yoğunluk analizleriyle sınırlı kalmayıp, farklı kemik bölgelerinde yapısal organizasyonun incelendiği çok sayıda çalışmada da uygulanmaktadır (Baksi ve Fidler, 2011; Hwang ve ark., 2017). Radyografik görüntüler üzerinden elde edilen FB değerlerinin kemik yoğunluğundaki değişikliklerle ilişkili olduğu ve mineral kaybını yansıtmaya potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, trabeküler kemiğin her yönde aynı özellik göstermeyen yapısı ile bu dokunun hizalanma ve kalınlık gibi mikroskobik özelliklerindeki bireysel farklılıklar, FB üzerine yapılan çalışmaların sonuçlarının değişkenlik göstermesine neden olabilmektedir (Bollen ve ark., 2001; Ergün ve ark., 2009; Sansare ve ark., 2012; White ve Rudolph, 1999).

Yapılan literatür taramalarına göre, tek taraflı gömülü kaninin mandibular kondil bölgesindeki alveoler kemik yoğunluğuna etkisini fraktal analiz yöntemiyle inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum, konunun diş hekimliği literatüründe henüz yeterince ele alınmadığını ve araştırılması gereken özgün bir alan olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın, hem KIBT verileri üzerinde fraktal analiz yönteminin uygulanması hem de gömülü kanin varlığına bağlı olası kondiler değişikliklerin değerlendirilmesi açısından literatüre katkı sağlayacak nitelikte

olduğu düşünülmektedir. Elde edilen bulgular, ileride yapılacak daha geniş örneklemli ve prospektif çalışmalar için referans oluşturabilecektir.

Oklüzyon, yalnızca dişlerin kapanış ilişkisini tanımlayan bir kavram olmanın ötesinde, TME'nin fonksiyonel stabilitesiyle doğrudan ilişkili bir faktördür (Okeson, 2019). Dişler arasındaki temasın tipi, süresi ve şiddeti çığneme sistemindeki kas aktivitesi ile TME üzerindeki yüklenmeyi doğrudan etkileyebilir (Dawson, 2006). Özellikle maksimum diş temasının dengesiz ya da asimetrik olduğu durumlarda, kas kuvvetlerinin ekleme iletimi fizyolojik sınırların dışına çıkabilir. Bu tür fonksiyonel bozukluklar, zamanla kondil, disk ve eklem kapsülünde mikroyapısal adaptasyonlara veya patolojik değişimlere yol açabilmektedir. Dişlerin oklüzal konumu ile TME arasındaki ilişkinin ortopedik olarak stabil bir biçimde kurulması, sağlıklı ve sürdürülebilir çığneme fonksiyonları açısından büyük önem taşımaktadır (Okeson, 2019).

Literatürde mandibular kondillerin en stabil konumunun, artiküler eminenslerin posterior eğimlerine dayanmış süpero-anterior pozisyon olduğu ve bu durumda kas-iskelet sistemi açısından ideal stabilitenin sağlandığı bildirilmektedir (Okeson, 2019). Bununla birlikte, mandibula lateral hareketler sırasında oluşturduğu diş temaslarıyla iletilen yatay kuvvetler, periodontal destek dokular tarafından genellikle iyi tolere edilemez. TME'nin kompleks yapısı nedeniyle, bazı dişlerin bu tolere edilemeyen yatay kuvvetleri karşılaması gerekir. Tüm dişler göz önüne alındığında, anterior dişlerin, kuvvet vektörlerine daha uzak konumda yer almaları sayesinde bu yatay kuvvetlerin etkisini daha az düzeyde hissettikleri ve bu nedenle bu kuvvetleri daha uygun şekilde karşılayabildikleri görülmektedir (Okeson, 2019). Anterior dişler içerisinde, kaninler lateral hareketler sırasında oluşan yatay kuvvetlerin iletiminde en uygun dişler olarak öne çıkmaktadır. Bu durumun temelinde, kaninlerin uzun ve sağlam kökleri sayesinde ideal bir kuron-kök oranına sahip olmaları ve çevrelerinin yoğun kompakt kemik dokusuyla çevrili bulunması yatmaktadır (Standlee ve ark., 1979; Williamson, 1981). Kompakt kemik dokusu, posterior bölgelerde bulunan süngerimsi kemik dokusuna kıyasla dış etkenlere karşı daha dirençlidir. Bu nedenle, kanin dişleri lateral kuvvetlerin yönlendirilmesi ve absorpsiyonunda biyomekanik açıdan önemli bir rol üstlenmektedir (Goldman ve Cohen, 1968).

Tek taraflı gömülü kanin varlığı durumunda, bu işlevin bozulmasıyla birlikte dental arkta asimetrik kuvvet dağılımı ortaya çıkabilir. Uzun süreli

fonksiyonel yüklemelerin asimetrik biçimde TME'ye aktarılması, bu bölgede kemik yapısında mikroyapısal adaptasyonlara neden olabilir (Fang ve ark., 2020). Bu nedenle, çalışmamızda tek taraflı gömülü kanini bulunan bireylerde mandibular kondil bölgesine ait alveoler kemik yoğunluğunun fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Tüm bireylerde gömülü kanin bulunan taraf kondiline ait FB değeri $0,698 \pm 0,1074$, gömülü kanin bulunmayan karşı taraf kondiline ait FB değeri ise $0,673 \pm 0,1066$ olarak hesaplanmıştır. Gömülü kanin bulunan taraf kondili ile gömülü kanin bulunmayan taraf kondiline ait FB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Ancak, FB değerinin gömülü tarafta daha yüksek seyretmesi, bu bölgede trabeküler yapının daha kompleks olabileceğine işaret etmektedir. Bu farklar istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmasa da fraktal analizle elde edilen bu sayısal veriler, gömülü kanin varlığının mandibular kondil trabeküler yapısı üzerinde taraflara göre farklı etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir. Elde edilen bulguların hem klinik uygulamalarda hem de ileri araştırmalarda mandibular kondilin mikroyapısının değerlendirilmesine yönelik fraktal analiz uygulamalarına katkı sağlayacağı ve bu yöntemle erken dönemde tespit edilebilecek mikroyapısal değişimlerin daha derinlemesine incelenmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

FB değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemesi, bu değişikliklerin biyolojik olarak önemsiz olduğu anlamına gelmemelidir. Fraktal analiz, radyografilerle birlikte kullanılarak olası anomalilerin tanımlanması ve mevcut hastalıkların şiddetinin belirlenmesinde yardımcı bir araç olarak yer almaktadır (Lopes ve Betrouni, 2009). Bu yönüyle, oklüzal kuvvet dağılımındaki değişikliklerin TME bölgesine etkileri, yalnızca ileri düzey dejeneratif değişiklikler oluşuktan sonra değil, subklinik düzeyde de izlenebilir hale gelmektedir (Güleç ve ark., 2021). Nitekim, bu çalışmada gözlemlenen FB değerlerindeki yönelimler, tek taraflı gömülü kanin varlığının ilgili tarafta farklı bir mikroyapısal adaptasyon sürecine neden olabileceğini düşündürmektedir. Bu farklılıkların zamanla ilerleyerek TME fonksiyonu üzerinde potansiyel etkiler oluşturabileceği ve ileriki yaşlarda klinik olarak anlam kazanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, fraktal analiz bulguları yalnızca istatistiksel anlamlılık çerçevesinde değil, uzun dönem klinik etkiler açısından da dikkatle yorumlanmalıdır.

Fraktal analiz ile özellikle trabeküler kemik yapısını değerlendirmek amacıyla yapılmış birçok çalışma mevcuttur. White ve Rudolph (White ve

Rudolph, 1999) osteoporoz tanısı konmuş bireylerde çene kemiklerindeki trabeküler yapı değişikliklerini değerlendirmek amacıyla periapikal radyografilere fraktal analiz uygulamışlardır. Bu çalışmada, osteoporotik bireylerde FB değerlerinin belirgin şekilde azaldığı, dolayısıyla trabeküler yapının daha düzensiz ve zayıf olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgu, fraktal analizle kemik kalitesine dair önemli ipuçları elde edilebileceğini göstermektedir. Başka bir çalışmada, postmenopozal kadınlarda osteoporozun tahmininde fraktal analiz yönteminin etkinliğini araştırmıştır. Panoramik radyografilere alt ve üst çene bölgelerinde toplam 560 ROI üzerinden FB hesaplanmış, elde edilen FB değerleri kemik mineral yoğunluğu (KMY) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, osteoporozlu bireylerde FB değerleri genel olarak daha düşük bulunmuş, ancak FB ile KMY arasında doğrudan anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır. Çalışma, FB'nin kemik mikroyapısındaki değişiklikleri gösterebilme potansiyeline dikkat çekmiş; ancak osteoporoz tahmini için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır (Koh ve ark., 2012).

Ergün ve arkadaşları (Ergün ve ark., 2009) tarafından bildirilen vakada, primer hiperparatiroidizm tanısı almış bir hastanın panoramik radyografilere üzerinde uygulanan fraktal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmada, parathormon düzeylerindeki artışa bağlı olarak alveoler kemikte görülen demineralizasyon, FB' de anlamlı azalma ile yansımıştır. Paratiroidektomi sonrası biyokimyasal parametrelerle birlikte FB değerlerinin de artması, fraktal analizin kemik iyileşmesini izleyebilen hassas bir kantitatif yöntem olduğunu desteklemektedir.

Torres ve arkadaşları (Torres ve ark., 2011) bisfosfonat ilişkili osteonekroz (BİO) tanılı bireylerde, mandibular bölgede seçilen farklı ROI'ler üzerinden FB değerlerini incelemişlerdir. Çalışmada, kontrol grubuna kıyasla BİO grubunda özellikle mandibular kanalın üstünde yer alan ROI bölgesinde FB değerlerinde anlamlı artış tespit edilmiştir.

Bayrak ve arkadaşları (Bayrak ve ark., 2020) talasemi hastalarında panoramik radyografler üzerinden mandibular indeksler ve FB analizini birlikte kullanarak, kemik yapısındaki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada, talasemi hastalarında FB değerlerinin sağlıklı bireylere kıyasla anlamlı düzeyde düşük olduğu ve bu durumun, trabeküler yapının sadeleşmesi ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir.

Kurşun-Çakmak ve Bayrak (Kurşun-Çakmak ve Bayrak, 2018) Tip 1 ve Tip 2 diyabetli bireylerde mandibular kemik yapısındaki değişiklikleri değerlendirmek amacıyla FB analizi ile mandibular kortikal indeks, kortikal genişlik ve panoramik mandibular indeks gibi klasik ölçümleri karşılaştırmışlardır. Çalışmada, özellikle Tip 1 diyabetli bireylerde FB değerlerinin anlamlı düzeyde düşük olduğu, bu durumun ise trabeküler kemik yapısında düzensizlik ve mikroyapısal zayıflamaya işaret ettiği belirtilmiştir.

Demirbaş ve arkadaşları (Demirbaş ve ark., 2008) orak hücreli anemi tanılı bireylerde mandibular kemikte oluşan yapısal değişiklikleri, panoramik radyografilere uygulanan fraktal analiz yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Çalışmada, hastalarda FB değerlerinin sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde düşük olduğu belirtilmiş; bu durum, orak hücreli aneminin kemik trabekülasyonunda azalmaya ve mikroyapının sadeleşmesine neden olduğunu ortaya koymuştur.

Fraktal analiz yöntemi, yalnızca sistemik kemik hastalıklarının değerlendirilmesinde değil, lokal kemik yapısındaki değişikliklerin incelenmesinde de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Dental implantların stabilitesini değerlendirmek için fraktal analiz yöntemini kullanan birçok çalışma mevcuttur. Wilding ve arkadaşları (Wilding ve ark., 1995) dental implant sonrası alveolar kemikte meydana gelen yeniden yapılanma sürecini fraktal analiz ile değerlendirmiştir. Çalışmada, FB'nin zamanla arttığı ve bunun trabeküler yapının adaptif değişimini yansıttığı belirtilmiştir. Hayek ve arkadaşları (Hayek ve ark., 2020) dental implant yerleştirilmeden önce ve sonrasında alınan dijital periapikal radyografler üzerinden yaptıkları fraktal analiz ile kemik yoğunluğu ve implant primer stabilitesi arasında anlamlı korelasyonlar bulmuşlardır. Çalışmada, daha yüksek FB değerlerinin, hem daha yoğun trabeküler kemik yapısıyla hem de daha iyi implant stabilitesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar, FB analizinin implant öncesi kemik kalitesini öngörmede faydalı bir araç olabileceğini göstermektedir. Sansare ve arkadaşları (Sansare ve ark., 2012) implant tedavisi öncesi ve sonrası alınan panoramik radyografler üzerinde fraktal analiz yöntemiyle kemik mikroyapısındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada, implant çevresindeki FB değerlerinde anlamlı artış gözlenmiş; bu artış, implant sonrası trabeküler yapının yoğunlaştığını ve kemik kalitesinde iyileşme olabileceğini

göstermiştir. Yazarlar, fraktal analizin implant başarısını öngörmeye prognostik bir gösterge olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Gömülü kanin dişlerin çevresindeki alveoler kemiğin mikroyapısını değerlendirmeye yönelik çalışmalarda da fraktal analiz yönteminden faydalanılmış; özellikle trabeküler kemik yoğunluğu ve yapısal karmaşıklık üzerine olan etkileri FB değerleri aracılığıyla araştırılmıştır. Güncel bir çalışmada, KIBT görüntüleri üzerinden yapılan fraktal analizde, gömülü maksiller kaninlerin bulunduğu bölgelerde FB değerlerinin kontrol bölgelerine kıyasla anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir. Bu artış, gömülü dişlerin çevresindeki trabeküler kemik yapısının daha karmaşık bir hale geldiğini ve bu değişikliklerin kemik dokusunun adaptif yanıtlarını yansıtabileceğini düşündürmektedir (Sunal Aktürk ve ark., 2024). Prasanna Arvind ve arkadaşları (Arvind ve ark., 2022) Hindistan'ın güneyinde yaşayan Dravidian popülasyonunda gömülü maksiller kaninlerin çevresindeki alveolar kemiğin mikroyapısal özelliklerini fraktal analiz yöntemiyle değerlendirmiştir. Retrospektif olarak yapılan bu çalışmada, KIBT görüntüleri üzerinde elde edilen FB değerleri analiz edilmiştir. Gömülü kaninlerin bulunduğu bölgelerde FB değerlerinin, aynı bireyin karşı tarafına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır. Bu bulgu, gömülü diş çevresindeki trabeküler yapının daha karmaşık bir form kazandığını ve lokal kemik yoğunluğunda artış olabileceğini göstermektedir.

Fraktal analiz yöntemi, kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde periradiküler kemik yapısındaki değişikliklerin değerlendirilmesinde de kullanılmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmalardan birinde, Chen ve arkadaşları (Chen ve ark., 2005) endodontik tedavi sonrasında gelişen periapikal lezyonların seyrini izlemek üzere dijital radyografiler üzerinde fraktal analiz ve matematiksel morfoloji yöntemlerini birlikte uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, iyileşme gösteren lezyon bölgelerinde FB değerlerinin arttığı, aktif veya iyileşmeyen lezyonlarda ise daha düşük kaldığı belirlenmiştir. Bu bulgular, fraktal analiz yönteminin yalnızca yapısal değerlendirme için değil aynı zamanda patolojik süreçlerin takibinde de etkili bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır.

Ortognatik cerrahi sonrası kemik iyileşme sürecinin izlenmesinde fraktal analiz yönteminden faydalanılmıştır. Heo ve arkadaşları (Heo ve ark., 2002) ortognatik cerrahi sonrası mandibular kemikte meydana gelen iyileşme sürecini değerlendirmek amacıyla fraktal analiz yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada,

cerrahi müdahale sonrası belirli aralıklarla alınan panoramik radyografilerden elde edilen görüntülerde FB değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, kemik iyileşme süreci ilerledikçe FB değerlerinde artış olduğunu göstermiştir. Bu artış, trabeküler yapının yeniden yapılanma süreciyle ilişkili olarak yorumlanmış ve fraktal analiz yönteminin kemik iyileşmesini kantitatif olarak takip etmede kullanılabileceği vurgulanmıştır. Park ve arkadaşları (Park ve ark., 2006) bilateral sagittal split osteotomi sonrası mandibular kemikteki değişiklikleri fraktal analizle incelemişlerdir. Çalışmada, bazal kemikte fraktal boyutun operasyon sonrası ilk 6 ayda azaldığı, 12. ayda ise yeniden artış gösterdiği saptanmıştır.

Periodontal hastalıklarda da fraktal analiz yöntemi, tanı aracı olarak kullanılmıştır. Shrout ve arkadaşları (Shrout ve ark., 1998) yaptıkları çalışmada, sağlıklı bireyler ile periodontitisli bireyler arasında FB değerlerini karşılaştırmış ve periodontitisli grupta FB değerlerinin anlamlı düzeyde daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, periodontal yıkıma bağlı olarak trabeküler yapının karmaşıklığının azaldığını ve fraktal analiz yönteminin bu değişimleri kantitatif olarak yansıtabildiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Updike ve Nowzari (Updike ve Nowzari, 2008) tarafından yürütülen daha kapsamlı bir çalışmada, 108 birey üç gruba ayrılmış (sağlıklı, orta ve ileri düzey periodontitisli) ve periapikal radyograflar üzerinden yapılan fraktal analiz ile gruplar arası FB farklılıkları değerlendirilmiştir. Çalışmada, FB değerleri sağlıklı grupta anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuş ve hastalık şiddeti arttıkça bu değerlerin düştüğü saptanmıştır. Elde edilen bulgular, fraktal analiz yönteminin yalnızca görsel radyografik değerlendirmeye kıyasla daha hassas bir nicel analiz sunduğunu, ayrıca kemik kaybının derecesini ölçmede de kullanılabileceğini göstermektedir. Cha (Cha, 2001) periodontitisli bireylerde, furkasyon ve interdental kemik bölgelerinde FB değerlerinin hastalık grubunda anlamlı şekilde düşük olduğunu göstermişlerdir. Elde edilen bulgular, fraktal analizin yalnızca mutlak FB değerlerini değil, bölgesel karşılaştırmalarla oluşturulan oranları da kullanarak periodontal kemik yıkımının saptanmasında etkin bir tanı aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Fraktal analiz, yalnızca kemik mikroyapısının yapısal karmaşıklığını değerlendirmekle sınırlı olmayıp, aynı zamanda iskeletsel gelişim düzeyi hakkında da bilgi sağlayabilmektedir. Akbulut ve arkadaşları (Akbulut ve ark., 2020) el-bilek radyografilerinde yaptıkları fraktal analizde, başarısız konvansiyonel hızlı üst çene genişletme tedavisi uygulanan bireylerde radius, MP3 (3. parmak orta falanks) ve

DP3 (3. parmak distal falanks) bölgelerine ait FB değerlerinin anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu ve bu değerlerin yaş ile el-bilek olgunlaşma evresiyle pozitif korelasyon gösterdiğini bildirmiştir. Bu sonuçlar, fraktal boyutun yalnızca fonksiyonel yüklenme değil, aynı zamanda iskeletsel maturasyon gibi biyolojik süreçleri de yansıtabileceğini ortaya koymaktadır.

Fraktal analiz yöntemi, sadece alveoler kemik bölgelerinde değil, mandibular kondil gibi kompleks ve fonksiyonel yüklemelere açık anatomik alanlarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Gümüşsoy ve Duman (Gümüşsoy ve Duman, 2020) tarafından yapılan bir çalışmada, dejeneratif eklem hastalığı bulunan bireylerin KIBT verileri üzerinde uygulanan fraktal analiz ile kondil bölgesindeki mikroyapısal kemik değişiklikleri değerlendirilmiş ve hastalığın şiddeti arttıkça FB değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, bu yöntemin TME' deki patolojik değişikliklerin nicel olarak belirlenmesinde etkili bir araç olabileceğini vurgulamıştır. Benzer şekilde, çalışmamızda da mandibular kondil bölgesindeki kemik yapısını değerlendirmek üzere KIBT verileri kullanılmış ve fraktal analiz yöntemiyle tek taraflı gömülü kanin varlığının olası etkileri araştırılmıştır.

Literatürde, mandibular kondilin trabeküler yapısının yaşla birlikte değişim gösterebildiği bildirilmiştir. Örneğin Bulut ve Tokuc'un (Bulut ve Tokuç, 2021) çocuk bireyler üzerinde yürüttüğü çalışmada, FB değerlerinin yaşla birlikte arttığı ve özellikle erken yaş grubunda (6 yaş) anlamlı düzeyde düşük FB değerleri elde edildiği bildirilmiştir. Bu bulgular, kondil bölgesindeki trabeküler karmaşıklığın yaşa bağlı olarak farklılaşabileceğini göstermektedir. Ancak mevcut çalışmamızda gömülü kanini sağda ve solda bulunan bireylerin ortalama yaşları arasında anlamlı fark bulunmadığı için yaş değişkeni FB değerlendirmelerine dahil edilmemiştir.

Alpaydın ve arkadaşları (Alpaydın ve ark., 2023) mandibular asimetriye sahip bireylerde fraktal analiz yöntemiyle kondil bölgelerindeki trabeküler yapı farklılıklarını değerlendirmiş ve asimetrik gruplarda sağ ve sol kondiller arasında anlamlı FB farkları saptamışlardır. Özellikle asimetriden sorumlu olduğu düşünülen kondilde daha yüksek FB değerleri elde edilmiş olup, bu bulgular fraktal analizle fonksiyonel yüklenme farklarının kemik mikroyapısına yansıdığını göstermektedir. Bu sonuçlar, çalışmamızda gömülü kanin bulunan tarafta daha yüksek FB değerleri elde edilmesiyle paralellik göstermekte ve kondil mikroyapısının fonksiyonel adaptasyonlara duyarlı olduğunu desteklemektedir.

Güleç ve arkadaşları (Güleç ve ark., 2021) tarafından yürütülen çalışmada, bruksizmin mandibular trabeküler kemik yapısı üzerindeki etkisi fraktal analiz yöntemi ile incelenmiştir. Araştırmada, bruksist (n=106) ve non-bruksist (n=106) bireylerden elde edilen dijital panoramik radyografilere üç farklı bölgeden (mandibular kondil, mandibular açı ve posterior alveoler bölge) ROI tanımlanarak FB ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, sadece sağ mandibular kondil bölgesinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. Bruksist bireylerde ölçülen FB değerleri, non-bruksist bireylerle karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç, fraktal analiz yöntemiyle kondil bölgesindeki trabeküler kemik yapısının parafonksiyonel kuvvetler gibi mekanik stres faktörlerinden etkilenebileceğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, mevcut çalışmada da tek taraflı gömülü kanin varlığına bağlı olarak, oklüzyon ve çiğneme kuvvetlerinde oluşabilecek dengesizliklerin mandibular kondil bölgesinde mikroyapısal değişikliklere yol açabileceği öngörülmüştür. Yapılan fraktal analiz sonucunda taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olmakla birlikte, gömülü kanin bulunan tarafın FB değerinin gömülü olmayan tarafa kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu eğilim, gömülü tarafın daha fazla fonksiyonel yüke maruz kalması ve buna bağlı olarak trabeküler yapının daha karmaşık hale gelmesiyle açıklanabilir. Fakat bu bulgu, Güleç ve ark. (Güleç ve ark., 2021) tarafından bruksist bireylerde yapılan çalışmayla tam olarak örtüşmemektedir. Bruksizm gibi kronik ve yoğun parafonksiyonel alışkanlıklarda kemiğe aktarılan stresin süresi ve şiddeti daha fazla olabilir. Bu tür durumlarda, aşırı yüklenmeye bağlı olarak trabeküler yapının bozulması ve fraktal boyutun azalması beklenebilir. Buna karşın, gömülü kanin varlığı nedeniyle oluşan fonksiyonel yüklenmeler daha sınırlı ve farklı bir biyomekanik profile sahip olabilir. Bu nedenle, her iki durumda da kemik mikroyapısında değişiklikler meydana gelse de etkilerin yönü ve düzeyi farklılık gösterebilir.

Çıtır ve arkadaşları (Çıtır ve ark., 2023) tarafından yapılan çalışmada, bruksizmin mandibular kortikal ve trabeküler kemik yapıları üzerindeki etkileri panoramik radyografler aracılığıyla fraktal analiz ve radyomorfometrik indeksler kullanılarak değerlendirilmiştir. Kondil, angulus ve korpus bölgelerinde yapılan ölçümler sonucunda, angulus bölgesine ait FB değerleri kondil ve korpus bölgelerine göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Ayrıca, mandibular korpus bölgesindeki FB değeri ile yaş arasında pozitif yönde zayıf bir korelasyon

saptanmıştır. En dikkat çekici bulgulardan biri ise, kondil ve angulus bölgelerinde erkek bireylerin FB değerlerinin kadınlara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olmasıdır. Öte yandan, bruksist ve non-bruksist bireyler arasında değerlendirilen tüm fraktal analiz ve radyomorfometrik indeks değerleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Benzer şekilde, mevcut çalışmamızda da erkek bireylerde hem gömülü kanin hem de gömülü kanin olmayan taraf kondillerine ait FB değerlerinin kadın bireylerden daha yüksek seyretmesi, cinsiyetin mandibular kondil trabeküler yapısı üzerindeki potansiyel etkilerine işaret edebilecek niteliktedir. Her ne kadar bu farklar istatistiksel olarak anlamlı olmasa da gözlenen eğilimler fonksiyonel yüklenme farklılıklarının mikroyapısal düzeyde etkiler yaratabileceğini düşündürmektedir. Literatürde, erkek bireylerde kadınlara kıyasla çiğneme sırasında daha yüksek ısırma kuvveti uygulandığı ve çiğneme frekansının daha fazla olduğu gösterilmiştir; bu farklılıklar, kondil bölgesine iletilen fonksiyonel yükün artmasına ve buna bağlı olarak mikroyapısal adaptasyon süreçlerinin farklılaşmasına neden olabilir. Yapılan bir çalışmada erkek bireylerin çiğneme sırasında daha yüksek frekansta ve daha kısa çiğneme süresiyle fonksiyon gösterdikleri bildirilmiştir (Khamnei ve ark., 2016). Yaş aralığı geniş bir örnekleme yapılan başka bir çalışmada, erkeklerde ısırma kuvvetinin kadınlara göre yaklaşık %30 daha fazla olduğu bildirilmiştir (Palinkas ve ark., 2010). Ergen bireylerde yapılan bir çalışmada, erkeklerin çiğneme fonksiyonu açısından daha yüksek ısırma kuvveti, daha kısa çiğneme süresi ve daha yüksek frekansta çiğneme gibi özellikler gösterdiği bildirilmiştir (de Oliveira Scudine ve ark., 2016).

Arsan ve arkadaşlarının (Arsan ve ark., 2017) yaptığı çalışmada, temporomandibular bozukluk (TMB) tanısı almış bireylerde mandibular kondilin trabeküler yapısındaki değişiklikler fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Dijital panoramik radyografiler üzerinden gerçekleştirilen ölçümlerde, TMB'li bireylerde kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük FB değerleri elde edilmiştir. Özellikle sol kondilde belirgin şekilde düşen FB değerlerinin, dejeneratif değişikliklerin şiddetlenmesiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu bulguların kondil bölgesindeki trabeküler yapının karmaşıklığında ve mikroyapısal bütünlüğünde azalmayı yansıttığını ve fraktal analiz yönteminin dejeneratif değişikliklerin saptanmasında değerli bir araç olduğunu vurgulamıştır. Arsan ve arkadaşlarının çalışması gibi, bizim çalışmamız da kondil bölgesindeki mikro yapısal değişikliklerin fraktal analizle değerlendirilebileceğini ve bu yöntemin

sadece TMB gibi klinik tablolarla sınırlı kalmayıp, dental anomaliler gibi olası etiyolojik faktörlerle ilişkili kemik adaptasyonlarını da ortaya koyabileceğini göstermektedir. Mevcut çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiş olsa da tek taraflı gömülü kanin bulunan bireylerdeki kondil bölgesinde fraktal analiz yoluyla yapılan değerlendirmeler, mikroyapısal değişikliklerin tespiti açısından literatürdeki bu çalışmaları destekleyici niteliktedir. Elde edilen verilerde gömülü kanin diş bulunan taraf kondillerinin FB değerlerinin daha yüksek seyrettiği görülmektedir. Bu durum, kondil bölgesinde fonksiyonel adaptasyon süreçlerinin etkili olabileceğine ve fraktal analiz yönteminin kondilin mikroyapısal değişimlerin değerlendirilmesinde de kullanılabileceğine işaret etmektedir. Bulgunun istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine ulaşmamış olması, örneklem büyüklüğü, yaş aralığı ve bireysel fonksiyonel farklılıklarla ilişkili olabilir. Yine de bu durum fraktal analiz yönteminin yalnızca belirgin klinik bozuklukları değil, subklinik düzeydeki fonksiyonel dengesizlikleri de saptayabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, çalışmamız, mandibular kondilin mikroyapısal organizasyonunu değerlendirmeye yönelik ileriki araştırmalara örnek olabilecek nitelikte olup, fraktal analiz yönteminin farklı klinik ve dental senaryolarda kullanım alanının genişletilebileceğini ortaya koymaktadır.

Surenthar ve arkadaşlarının (Surenthar ve ark., 2024) yürüttüğü çalışmada, dejeneratif TMB bulunan bireylerde mandibular kondilin trabeküler yapısındaki değişiklikler fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Dijital panoramik radyografiler üzerinden yapılan ölçümlerde, dejeneratif TMB tanısı alan bireylerin sol kondil bölgelerinde FB değerlerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde düşük olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, bu durumun kondil bölgesindeki trabeküler yapının bozulduğuna ve mikroyapısal bütünlüğün azaldığına işaret ettiğini vurgulamışlardır. Bu çalışma, mandibular kondilin mikroyapısal durumu ile dejeneratif süreçler arasındaki ilişkiyi fraktal analiz aracılığıyla ortaya koyması açısından önemlidir. Mevcut çalışmamızda ise gömülü kanin bulunan bireylerde mandibular kondil bölgesinin fraktal yapısı incelendiğinde, gömülü kaninin bulunduğu taraf ile karşı taraf kondili arasında FB değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Bununla birlikte, gömülü kaninin bulunduğu taraftaki ortalama FB değerlerinin gömülü olmayan taraftan yüksek seyretmesi dikkat çekicidir. Bu bulgu, gömülü kanin varlığının kondil bölgesinde adaptif veya fonksiyonel bir yanıt oluşturabileceğini düşündürmektedir. Ancak

farkın istatistiksel olarak anlamlı olmaması, gömülü kanin varlığının tek başına belirgin bir yapısal değişiklik oluşturmadığını göstermektedir.

Fraktal analiz yöntemi ile mandibular kondil bölgesindeki trabeküler yapı değişimlerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalardan biri de Cesur ve arkadaşları (Cesur ve ark., 2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Fonksiyonel aparey tedavisi uygulanan Sınıf II bireylerde, tedavi öncesi ve sonrası alınan panoramik radyografilerde kondil bölgesine ait FB değerlerinde anlamlı düzeyde artış kaydedilmiştir. Bu bulgular, fonksiyonel aparey tedavisinin, mandibular kemiğin trabeküler yapısını ve şeklini değiştirerek iskeletsel düzeltmeye katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Mevcut çalışmamızda gözlenen FB değerlerindeki değişikliklerin, doğrudan ortodontik kuvvet uygulamasına bağlı olmamakla birlikte, unilateral gömülü kanin gibi oklüzal dengesizliklerin yarattığı fonksiyonel asimetri yoluyla kondil bölgesinde mikroyapısal adaptasyonlara zemin hazırlayabileceği düşünülmektedir. Özellikle gömülü kanin bulunan taraftaki kondil FB değerinin daha yüksek olması, bu bölgede trabeküler yapının fonksiyonel yüklenmeye yanıt olarak daha yoğun bir yapı haline geldiğini düşündürmektedir. Bu yönüyle elde edilen bulgular, fonksiyonel kuvvetlerin kemik mikroyapısı üzerindeki etkisini destekler nitelikte olup, fraktal analiz yöntemiyle saptanan bu değişimlerin yalnızca aktif tedavi süreçleriyle değil, doğal fonksiyonel adaptasyonlarla da ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Öztürk Koçak ve Göller Bulut'un (Öztürk Koçak ve Göller Bulut, 2021) çalışmasında, transvers maksiller darlık bulunan bireylerde mandibular kondil bölgesine ait FB değerleri, KIBT görüntüleri üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmaya 133 birey dahil edilmiş; bunların 34'ü tek taraflı posterior çapraz kapanış, 24'ü bilateral posterior çapraz kapanış, 39'u çapraz kapanış bulunmayan maksiller darlık grubunda, 36'sı ise ideal posterior kapanışa sahip kontrol grubunda yer almıştır. Analiz sonucunda, gruplar arasında dejeneratif kemik değişiklikleri açısından anlamlı fark bulunmamış; ancak sağ kondildeki FB değerleri kontrol grubuna kıyasla hasta gruplarında anlamlı derecede yüksek saptanmıştır. Özellikle bilateral çapraz kapanış grubunda sağ kondil FD değerlerinin en yüksek seviyede olduğu bildirilmiştir. Yazarlar, bu bulguları transvers maksiller darlığın çiğneme kuvvetlerinin yönünü değiştirerek kondil trabekülasyonunda fonksiyonel yeniden şekillenmeye yol açmasıyla açıklamış ve fraktal analiz yönteminin patolojik remodelasyonun erken dönemlerini ortaya koymada önemli bir tanısal araç

olabileceğini vurgulamışlardır. Benzer şekilde, çalışmamızda da unilateral gömülü kanin varlığının fonksiyonel dengesizliğe yol açarak kondil trabekülasyonunda mikroyapısal adaptasyonlara neden olabileceği değerlendirilmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler, sağ ve sol kondiller arasında FB değeri açısından anlamlı bir farklılık göstermemiş olmakla birlikte, sağ tarafta gömülü kanini olan hastaların sağ kondil FB değeri gömülü kanin bulunmayan karşı tarafın kondil FB değerine göre yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, Öztürk Koçak ve Göller Bulut'un (Öztürk Koçak ve Göller Bulut, 2021) maksiller darlık bulunan bireylerde sağ kondilde artan FB değerleri bildirdiği çalışmayla benzerlik göstermektedir. Söz konusu çalışmada, çiğneme kuvvetlerinin yönünün değişmesiyle birlikte sağ kondil bölgesindeki trabeküler yapının fonksiyonel olarak yeniden şekillendiği ileri sürülmüştür. Bizim çalışmamızda unilateral gömülü kanin gibi oklüzal dengeyi etkileyen bir durumun varlığı, benzer şekilde kondil bölgesinde mikroyapısal adaptasyon süreçlerini tetikleyebilir.

Gömülü kanini sağ tarafta olan bireylerde sağ kondilde; gömülü kanini sol tarafta olan bireylerde ise sol kondilde FB değerlerinin karşı taraf kondiline göre daha yüksek seyretmesi, bu tarafların fonksiyonel yüklenmeye daha fazla maruz kalabileceğini ve buna bağlı olarak trabeküler karmaşıklıkta artış yaşanabileceğini düşündürmektedir. Ancak çiğneme tarafı gibi bireysel fonksiyonel parametreler çalışmaya dahil edilmediğinden, bu farkın fonksiyonel bir asimetriye mi yoksa doğal varyasyona mı bağlı olduğu net olarak ortaya konulamamaktadır. Yine de bulgular, kondil bölgesinin yalnızca patolojik durumlara değil, oklüzal uyaranlara da duyarlı olduğunu göstermekte ve fraktal analiz yönteminin bu tür mikroyapısal farklılıkları ortaya koymak için kullanılabilirliğini desteklemektedir. Fraktal analiz yöntemiyle elde edilen FB değerlerinde saptanan sayısal farklılıklar, dental anomalilerin mandibular kondil trabeküler yapısı üzerinde yapısal değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir.

Literatürde, farklı iskeletsel paternlere sahip bireylerde TME bölgesine iletilen kuvvetlerin yönü ve etkinliğinin değişebildiği bildirilmektedir (Bae ve ark., 2017; Ueki ve ark., 2008). Maloklüzyonun TME'nin yapısal bütünlüğünü etkileyerek eklem bileşenleri üzerinde aşırı stres oluşturabileceği ve bunun sonucunda mikroyapısal değişimlere neden olabileceği öne sürülmüştür (Iwasaki ve ark., 2003; O'Ryan ve Epker, 1984). Ayrıca, kemik dokusuna iletilen kuvvetlerin

yönü ve yoğunluğunun trabeküler yapıyı değiştirebildiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Banijamali ve ark., 2015; Ouyang ve ark., 1997).

Korkmaz ve Arslan'ın (Korkmaz ve Arslan, 2021) yaptığı çalışmada, farklı dentofasiyal iskelet paternlerine sahip bireylerin kondil trabeküler yapısı fraktal analiz yöntemi ile incelenmiştir. Araştırma, Sınıf I, Sınıf II ve Sınıf III maloklüzyon gruplarını kapsamış, panoramik röntgen verileri üzerinden elde edilen FB değerleri karşılaştırılmıştır. Bulgular, Sınıf II, Divizyon 1 ve Sınıf III bireylerde kondil bölgesindeki FB değerlerinin Sınıf I bireylere kıyasla anlamlı düzeyde düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, iskeletsel maloklüzyon tiplerinin kondilin mikroyapısal bütünlüğünü etkileyebileceğini ve çiğneme sistemindeki fonksiyonel uyumsuzlukların kondil trabekülasyonunda farklılık yaratabileceğini göstermektedir.

Afzoon ve arkadaşları (Afzoon ve ark., 2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, şiddetli iskeletsel Sınıf III maloklüzyona sahip bireylerde mandibular kondilin trabeküler yapısı fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmada, ortognatik cerrahi planlanan 45 Sınıf III bireyin BT görüntüleri yaş ve cinsiyet açısından eşleştirilmiş 45 Sınıf I bireyle karşılaştırılmıştır. Her iki grubun sağ ve sol kondil bölgeleri, BT'nin aksiyel, sagittal ve koronal düzlemlerinde fraktal analiz uygulanarak incelenmiştir. Bulgular, Sınıf III bireylerin FB değerlerinin tüm düzlemlerde anlamlı derecede daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Korkmaz ve Arslan tarafından (Korkmaz ve Arslan, 2021) panoramik görüntüler üzerinden yapılan çalışmada da Sınıf III bireylerin FB değerleri, Sınıf I bireylere kıyasla düşük düzeyde bulunmuştur. Bu iki çalışma, iskeletsel maloklüzyonun şiddetinin, mandibular kondilin mikroyapısal organizasyonu üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Sınıf III bireylerde bildirilen düşük fraktal boyut değerleriyle birlikte, çiğneme kuvvetlerinin etkinliğinin de azaldığı yönündeki bulgular literatürde yer almaktadır. Bae ve arkadaşları, (Bae ve ark., 2017) Sınıf III bireylerin Sınıf I ve Sınıf II bireylere kıyasla daha düşük çiğneme kuvveti verimliliğine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu fonksiyonel zayıflık kondil bölgesine iletilen mekanik uyarıların azalmasına ve dolayısıyla trabeküler yapının daha az karmaşık hale gelmesine neden olabilir. Bu doğrultuda, Sınıf III bireylerde gözlenen düşük FB değerleri, çiğneme sistemindeki fonksiyonel yetersizlikle ilişkili mikroyapısal adaptasyon süreçlerinin bir yansıması olabilir. Mevcut çalışmamızda, unilateral gömülü kanin diş varlığı, oklüzal dengeyi bozarak

çigneme kuvvetlerinin her iki taraf kondil üzerine eşit iletilmesini engelleyebilecek potansiyel bir faktördür. Bu asimetrik yük dağılımı kondil bölgesinde mikroyapısal adaptasyonlara yol açabilir. Nitekim çalışmamızda, gömülü kaninin bulunduğu tarafta FB değerlerinin karşı tarafa kıyasla genellikle daha yüksek seyretmesi, fonksiyonel yüklenmenin yoğunlaştığı tarafın trabeküler karmaşıklıkta artış gösterebileceğini düşündürmektedir.

Afzoon ve arkadaşları (Afzoon ve ark., 2023) Sınıf III maloklüzyonlu bireylerde cinsiyetler arasında FB değerleri açısından anlamlı bir fark saptamamıştır. Ancak, Korkmaz ve Arslan'ın çalışmasında, (Korkmaz ve Arslan, 2021) sadece Sınıf II divizyon 1 grubunda erkek bireylerin sol kondil bölgesinde kadınlara göre anlamlı düzeyde daha yüksek FB değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda cinsiyete göre yapılan değerlendirmede gerek gömülü kanin bulunan tarafta gerekse gömülü kanin bulunmayan tarafta erkek bireylerin FB değerlerinin kadın bireylere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olsa da bu eğilim, erkek bireylerin kondil bölgesinde daha yüksek trabeküler karmaşıklığa sahip olabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, erkek bireylerde çigneme kuvvetlerinin genellikle daha yüksek olmasıyla açıklanabilir (Palinkas ve ark., 2010). Çigneme sistemine iletilen mekanik kuvvetlerin yoğunluğu ve yönü trabeküler yapının organizasyonunu etkileyebileceğinden (Banijamali ve ark., 2015), erkek bireylerde gözlenen yüksek FB değerleri, bu fonksiyonel yüklenmenin mikroyapısal düzeydeki yansıması olabilir. Dolayısıyla, çalışmamızda cinsiyet faktörünün fraktal boyut üzerinde olası etkileri göz önünde bulundurulmalı; ancak bu farklılıkların anlamlı hale gelmesi için daha geniş örneklemlili çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda her ne kadar anlamlı fark bulunmamış olsa da gömülü kaninin bulunduğu kondil tarafında FB değerleri genellikle daha yüksek seyretmiş; özellikle gömülü kanini sağda olan bireylerde sağ kondil FB değerlerinin karşı tarafa kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu yönelimin tek taraflı çigneme alışkanlıklarıyla ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir. Bireylerin günlük çigneme sırasında baskın bir taraf tercih ettiği ve bu tercihin çoğunlukla sağ yönlü olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Nissan ve arkadaşlarının (Nissan ve ark., 2004) yürüttüğü bir çalışmada, katılımcıların yaklaşık %78'inin çigneme sırasında sağ tarafı tercih ettiği bildirilmiş; bu tercihin, bireysel lateralizasyon özellikleri (el, göz,

ayak tercihi vb.) ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür. Benzer şekilde, Tabriz Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir çalışmada da hem sert hem de yumuşak gıdalarla yapılan çiğneme sırasında katılımcıların anlamlı bir çoğunluğunun sağ tarafı kullandığı tespit edilmiştir (Zamanlu ve ark., 2012). Bu tür fonksiyonel tercihler, sağ kondil üzerine iletilen mekanik yükün zamanla daha fazla olmasına ve trabeküler yapının karmaşıklığını arttırarak FB değerlerinin sağ kondilde daha yüksek çıkmasına katkıda bulunmuş olabilir.

Literatürde, gömülü maksiller kaninlerin kadın bireylerde daha sık görüldüğüne dair çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Kosova popülasyonu üzerinde yapılan bir çalışmada, gömülü maksiller kaninleri bulunan 131 bireyin %77'sinin kadın olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bildirilmiştir (Gashi ve ark., 2014). İsveç'te 54,716 ergen bireyin dahil edildiği geniş ölçekli bir epidemiyolojik çalışmada, gömülü maksiller kaninlerin %65'inin kadınlarda görüldüğü ve bu dağılımın önceki çalışmalarla uyumlu olduğu bildirilmiştir (Lövgren ve ark., 2019). KIBT görüntüleriyle gerçekleştirilen başka bir çalışmada, gömülü kaninlerin %68,2'sinin kadın hastalarda olduğu belirtilmiştir (Ng ve ark., 2024). Bu bulgular, çalışmamızda kadın örneklem sayısının fazla olmasını destekler niteliktedir.

Oklüzyon bozuklukları, tek taraflı çiğneme alışkanlığı, diş eksiklikleri ve mandibulanın sürekli öne itilmesi gibi olumsuz oral alışkanlıklar, TME'nin biyomekanik dengesini bozarak mandibular kondilde fizyolojik ya da patolojik yeniden şekillenmelere neden olabilir (Kuang ve ark., 2013). Çalışmamızda yapılan analiz sonucunda, taraflar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olsa da gömülü kanin bulunan tarafta FB değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, oklüzyon kaynaklı fonksiyonel yük farklılıklarının, kondil bölgesindeki mikroyapısal organizasyonu etkileyerek FB üzerinde belirli bir artışa yol açabileceğini düşündürmektedir. Bu durumun istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmaması, çalışmaya dahil edilen bireylerdeki fonksiyonel kuvvetlerin heterojen dağılımı ve bireysel kemik yanıt farklılıkları gibi faktörlere bağlanabilir. Özellikle örneklem genç yaş grubundan oluşması, remodeling kapasitesinin daha yüksek ve kemik dengesinin daha stabil olmasına yol açarak olası farkların maskelenmesine neden olmuş olabilir. Ayrıca, fonksiyonel stresin tipi (örneğin brüksizm, unilateral çiğneme alışkanlığı), süresi ve şiddeti gibi bireysel varyasyonların FB değerleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Güleç ve

arkadaşlarının (Güleç ve ark., 2021) çalışmasında, bruksist bireylerde sağ kondil FB değerlerinin anlamlı düzeyde azaldığı rapor edilmiştir ve bu durum, kondil bölgesinin mekanik streslere duyarlılığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, Arsan (Arsan ve ark., 2017) ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada TMB tanısı almış bireylerde FB değerlerinin özellikle sol kondilde anlamlı düzeyde azaldığı bildirilmiş; bu durum, dejeneratif değişikliklerin trabeküler yapının karmaşıklığını azalttığını ve fraktal analiz ile objektif biçimde saptanabileceğini göstermiştir. Bizim çalışmamızdaki FB artışı, fonksiyonel dengesizliğe maruz kalan kondilin trabeküler yapısında uzun vadeli yüklenmeye bağlı olarak ortaya çıkan karmaşıklık artışı ile açıklanabilir. Bu durum, kondil bölgesinin devam eden fonksiyonel streslere karşı göstermiş olduğu yeniden yapılanma cevabını yansıtır olabilir.

Gömülü kanin bulunan tarafta gözlenen FB artışı, literatürde dejeneratif süreçlerin etkisiyle beklenen FB azalmasıyla çelişkili bir görünüm sergilemektedir (Arsan ve ark., 2017; Güleç ve ark., 2021). Ancak bu durum, biyolojik dokuların zaman içerisinde maruz kaldığı yüklenmeye karşı verdiği farklı yanıtlarla açıklanabilir. Kondil bölgesinde oluşan yapısal değişiklikler, yalnızca yükün varlığına değil, bu yüklenmenin süresine, şiddetine ve biyolojik adaptasyonuna da bağlıdır. Oklüzal dengesizlik durumlarında, özellikle kanin rehberliğinin kaybolduğu bireylerde, lateral hareketlerde premolar ve molar bölgelere binen yatay kuvvetler artmakta ve bu da eklem üzerine yönelen yük yoğunluğunu değiştirmektedir. Eğer bu fonksiyonel stres uzun süre devam ederse, kemiğin erken evrede gösterdiği adaptif yanıt trabeküler kalınlaşmayla yapısal karmaşıklığın artmasına, dolayısıyla FB değerlerinin yükselmesine neden olabilir. Bu yönüyle elde edilen bulgular, oklüzal yüklenmenin hemen dejeneratif bir etki yaratmadığını, aksine bir süre boyunca kemiğin reorganizasyon sürecine girdiğini düşündürmektedir. Ayrıca çalışmaya dahil edilen bireylerin büyük çoğunluğunun genç yaş grubunda olması, remodeling kapasitesinin yüksekliğini desteklemekte; bu da zamanla ilişkili dejeneratif süreçlerin henüz başlamamış olabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, fraktal analiz yönteminin yalnızca dejeneratif ya da sistemik patolojilerin değil, dental ve oklüzal bozuklukların kemik yapısı üzerindeki etkilerini değerlendirmede de potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın literatürde ilk olması, elde edilen bulguların ilerleyen araştırmalar için referans niteliği taşıyabileceğini göstermektedir. Gelecekte, daha

geniş rneklemi, yaş aralığı daha geniş tutulmuş ve longitudinal olarak planlanmış çalışmalarla bu ilişkilerin daha net bir şekilde ortaya konması mümkün olacaktır.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, tek taraflı gömülü kanin bulunan bireylerde mandibular kondil bölgesinin alveoler kemik yoğunluğu, fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.

1. Tüm bireylerde gömülü kanin bulunan ve bulunmayan tarafların mandibular kondil bölgelerine ait FB değerleri karşılaştırıldığında, gömülü kanin bulunan tarafın değeri daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.
2. Gömülü kaninin sağ tarafta bulunduğu bireylerde, ilgili kondil bölgesine ait FB değerleri, karşı tarafa göre daha yüksek; sol tarafta bulunduğu bireylerde ise, ilgili kondil FB değerleri, karşı tarafa göre daha yüksek seyretmiştir. Ancak her iki durumda da farklar istatistiksel anlam taşımamaktadır.
3. Cinsiyetlere göre yapılan değerlendirmede hem kadın hem de erkek bireylerde gömülü kanin bulunan taraf kondilinin FB değeri, gömülü kanin olmayan tarafa kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Erkek bireylerdeki ortalama FB değerlerinin kadın bireylere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir; ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.
4. Elde edilen veriler, gömülü kanin varlığının mandibular kondil bölgesindeki trabeküler mikroyapı üzerinde belirgin bir yapısal farklılık oluşturmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, gömülü taraf kondilinde gözlenen FB artışı, fonksiyonel yüklenmedeki asimetrielerin mikroyapısal düzeyde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Adibi, S., Zhang, W., Servos, T., & O'Neill, P. N. (2012). Cone beam computed tomography in dentistry: what dental educators and learners should know. *J Dent Educ*, 76(11), 1437-1442.
- Afzoon, S., Ghorbani, F., & Hasani, M. (2023). Evaluation of the mandibular condyles trabecular structure in patients with severe class III pattern: a computed tomography (CT) fractal analysis study. *Sci Rep*, 13(1), 18183. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45407-6>
- Ahlgren, J. (1969). The silent period in the EMG of the jaw muscles during mastication and its relationship to tooth contact. *Acta Odontol Scand*, 27(3), 219-227.
- Ahmad, M., Hollender, L., Anderson, Q., Kartha, K., Ohrbach, R., Truelove, E. L., John, M. T., & Schiffman, E. L. (2009). Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD): development of image analysis criteria and examiner reliability for image analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107(6), 844-860. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.02.023>
- Akbulut, S., Bayrak, S., & Korkmaz, Y. N. (2020). Prediction of rapid palatal expansion success via fractal analysis in hand-wrist radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 158(2), 192-198. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.07.018>
- Aktuna Belgin, C., & Serindere, G. (2020). Evaluation of trabecular bone changes in patients with periodontitis using fractal analysis: A periapical radiography study. *J Periodontol*, 91(7), 933-937. <https://doi.org/10.1002/jper.19-0452>
- Alexiou, K., Stamatakis, H., & Tsiklakis, K. (2009). Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 38(3), 141-147.
- Alhammadi, M. S., Asiri, H. A., & Almashraqi, A. A. (2018). Incidence, severity and orthodontic treatment difficulty index of impacted canines in Saudi population. *J Clin Exp Dent*, 10(4), e327-e334. <https://doi.org/10.4317/jced.54385>
- Alomar, X., Medrano, J., Cabratosa, J., Clavero, J., Lorente, M., Serra, I., Monill, J., & Salvador, A. (2007). Anatomy of the temporomandibular joint. *Semin Ultrasound, CT and MRI*, 28(3), 170-183.
- Alpaydın, M. T., Büyük, S. K., Abay, F., & Korkmaz, Y. N. (2023). Evaluation of mandibular osseous structure in patients with mandibular asymmetry: a fractal analysis study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 136(5), 656-662. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2023.06.009>
- Angle, E. H. (1899). Classification of malocclusion. *Am J Dent Sci*, 41, 350-357.

- Apolinário, A. C., Sindeaux, R., de Souza Figueiredo, P. T., Guimarães, A. T., Acevedo, A. C., Castro, L. C., de Paula, A. P., de Paula, L. M., de Melo, N. S., & Leite, A. F. (2016). Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofac Radiol*, 45(4), 20150400. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20150400>
- Arsan, B., Köse, T. E., Çene, E., & Özcan, İ. (2017). Assessment of the trabecular structure of mandibular condyles in patients with temporomandibular disorders using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 123(3), 382-391. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2016.11.005>
- Arvind, T. R. P., Jain, R. K., Nagi, R., & Tiwari, A. (2022). Evaluation of Alveolar Bone Microstructure around Impacted Maxillary Canines Using Fractal Analysis in Dravidian Population: A Retrospective CBCT Study. *J Contemp Dent Pract*, 23(6), 593-600.
- Avsever, I., Orhan, K., Özen, T., & Ü K, G. S. (2015). Evaluation of mandibular bone structure in sickle cell anemia patients. *Gulhane Med J*, 57, 11-15.
- Baccetti, T. (1998). A controlled study of associated dental anomalies. *Angle Orthod*, 68(3), 267-274. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1998\)068](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1998)068)
- Badea, A. F., Lupsor Platon, M., Crisan, M., Cattani, C., Badea, I., Pierro, G., Sannino, G., & Baciut, G. (2013). Fractal analysis of elastographic images for automatic detection of diffuse diseases of salivary glands: preliminary results. *Comput Math Methods Med*, 2013, 347238. <https://doi.org/10.1155/2013/347238>
- Bae, J., Son, W. S., Kim, S. S., Park, S. B., & Kim, Y. I. (2017). Comparison of masticatory efficiency according to Angle's classification of malocclusion. *Korean J Orthod*, 47(3), 151-157. <https://doi.org/10.4041/kjod.2017.47.3.151>
- Baksi, B. G., & Fidler, A. (2011). Fractal analysis of periapical bone from lossy compressed radiographs: a comparison of two lossy compression methods. *J Digit Imaging*, 24(6), 993-998. <https://doi.org/10.1007/s10278-011-9383-0>
- Banijamali, S. M., Oftadeh, R., Nazarian, A., Goebel, R., Vaziri, A., & Nayeb-Hashemi, H. (2015). Effects of different loading patterns on the trabecular bone morphology of the proximal femur using adaptive bone remodeling. *J Biomech Eng*, 137(1). <https://doi.org/10.1115/1.4029059>
- Bass, T. B. (1967). Observations on the misplaced upper canine tooth. *Dent Pract Dent Rec*, 18(1), 25-33. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5235604>
- Bates, J. F. (1975). Masticatory function-a review of the literature, Speed of movement of the mandible, rate of chewing and forces developed in chewing. *J Oral Rehabil*, 2, 349-361.
- Bayrak, S., Göller Bulut, D., Orhan, K., Sinanoğlu, E. A., Kurşun Çakmak, E., Mısırlı, M., & Ankaralı, H. (2020). Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of

- thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiol*, 36(1), 18-24. <https://doi.org/10.1007/s11282-019-00372-7>
- Bean, L. R., Omnell, K. A., & Oberg, T. (1977). Comparison between radiologic observations and macroscopic tissue changes in temporomandibular joints. *Dentomaxillofac Radiol*, 6(2), 90-106. <https://doi.org/10.1259/dmfr.1977.0014>
- Becker, A. (1978). The median diastema. *Dent Clin N Am*, 22(4), 685-710.
- Becker, A. (1998). Radiographic methods related to the diagnosis of impacted teeth. *The orthodontic treatment of impacted teeth*. (s. 13-24). Martin Dunitz.
- Becker, A. (2012). *Orthodontic treatment of impacted teeth*. (2. Baskı). CRC Press.
- Becker, A. (2022). *Orthodontic treatment of impacted teeth*. (3. Baskı). John Wiley & Sons.
- Becker, A., Smith, P., & Behar, R. (1981). The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally-displaced cuspids. *Angle Orthod*, 51(1), 24-29. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1981\)051](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1981)051)
- Bedoya, M. M., & Park, J. H. (2009). A review of the diagnosis and management of impacted maxillary canines. *J Am Dent Assoc*, 140(12), 1485-1493. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2009.0099>
- Bishara, S. E., & Ortho, D. (1992). Impacted maxillary canines: a review. *Am J Orthod*, 101(2), 159-171.
- Bollen, A. M., Taguchi, A., Hujoel, P. P., & Hollender, L. G. (2001). Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*, 30(5), 270-275. <https://doi.org/10.1038/sj/dmfr/4600630>
- Borowska, M., Szarmach, J., & Oczeretko, E. (2015). Fractal texture analysis of the healing process after bone loss. *Comput Med Imaging Graph*, 46 Pt 2, 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2015.08.001>
- Brill, N., Schu, S., & Tryde, G. (1962). Influence of occlusal patterns on movements of the mandible. *J Prosthet Dent*, 12(2), 255-261.
- Bulut, M., & Tokuç, M. (2021). Evaluation of the Trabecular Structure of Mandibular Condyles in Children Using Fractal Analysis. *J Clin Pediatr Dent*, 45(6), 441-445. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-45.6.12>
- Captur, G., Karperien, A. L., Hughes, A. D., Francis, D. P., & Moon, J. C. (2017). The fractal heart - embracing mathematics in the cardiology clinic. *Nat Rev Cardiol*, 14(1), 56-64. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.161>

- Cesur, E., Bayrak, S., Kursun-Çakmak, E., Arslan, C., Köklü, A., & Orhan, K. (2020). Evaluating the effects of functional orthodontic treatment on mandibular osseous structure using fractal dimension analysis of dental panoramic radiographs. *Angle Orthod*, 90(6), 783-793. <https://doi.org/10.2319/012020-39.1>
- Cha, W.-J. (2001). Usefulness of fractal analysis for the diagnosis of periodontitis. *Imaging Sci Dent*, 31(1), 35-42.
- Chaushu, S., Chaushu, G., & Becker, A. (1999). The use of panoramic radiographs to localize displaced maxillary canines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 88(4), 511-516.
- Chen, S. K., Oviir, T., Lin, C. H., Leu, L. J., Cho, B. H., & Hollender, L. (2005). Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 100(4), 467-472. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.05.075>
- Cheong, Y.-W., & Lo, L.-J. (2011). Facial asymmetry: etiology, evaluation, and management. *Chang Gung Med J*, 34(4), 341-351.
- Cheung, N., Donaghue, K. C., Liew, G., Rogers, S. L., Wang, J. J., Lim, S. W., Jenkins, A. J., Hsu, W., Li Lee, M., & Wong, T. Y. (2009). Quantitative assessment of early diabetic retinopathy using fractal analysis. *Diabetes Care*, 32(1), 106-110. <https://doi.org/10.2337/dc08-1233>
- Chung, H. W., & Huang, Y. H. (2000). Fractal analysis of nuclear medicine images for the diagnosis of pulmonary emphysema: interpretations, implications, and limitations. *AJR Am J Roentgenol*, 174(4), 1055-1059. <https://doi.org/10.2214/ajr.174.4.1741055>
- Clark, C. A. (1910). A method of ascertaining the relative position of unerupted teeth by means of film radiographs. *Proc R Soc Med*, 3(Odont Sect), 87-90.
- Cooke, J., & Wang, H.-L. (2006). Canine impactions: incidence and management. *Int J Periodontics Restor Dent*, 26(5).
- Cormack, A. M. (1980). Early two-dimensional reconstruction (CT scanning) and recent topics stemming from it. Nobel lecture, December 8, 1979. *J Comput Assist Tomogr*, 4(5), 658-664. <https://doi.org/10.1097/00004728-198010000-00016>
- Counihan, K., Al-Awadhi, E., & Butler, J. (2013). Guidelines for the assessment of the impacted maxillary canine. *Dent Update*, 40(9), 770-777.
- Créton, M., Geraets, W., Verhoeven, J. W., van der Stelt, P. F., Verhey, H., & Cune, M. (2012). Radiographic features of mandibular trabecular bone structure in hypodontia. *Clin Implant Dent Relat Res*, 14(2), 241-249. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2009.00246.x>

- Cross, S. S. (1994). The application of fractal geometric analysis to microscopic images. *Micron*, 25(1), 101-113. [https://doi.org/10.1016/0968-4328\(94\)90057-4](https://doi.org/10.1016/0968-4328(94)90057-4)
- Cross, S. S. (1997). Fractals in pathology. *J Pathol*, 182(1), 1-8. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1096-9896\(199705\)182:1](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9896(199705)182:1)
- Cullum, I. D., Ell, P. J., & Ryder, J. P. (1989). X-ray dual-photon absorptiometry: a new method for the measurement of bone density. *Br J Radiol*, 62(739), 587-592. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-62-739-587>
- Çıtır, M., Karslıoğlu, H., & Uzun, C. (2023). Evaluation of mandibular trabecular and cortical bone by fractal analysis and radiomorphometric indices in bruxist and non-bruxist patients. *BMC Oral Health*, 23(1), 522. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03245-y>
- Dachi, S. F., & Howell, F. V. (1961). A survey of 3,874 routine full-mouth radiographs: II. A study of impacted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Radiol*, 14(10), 1165-1169.
- Dahlström, L., & Lindvall, A. M. (1996). Assessment of temporomandibular joint disease by panoramic radiography: reliability and validity in relation to tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 25(4), 197-201. <https://doi.org/10.1259/dmfr.25.4.9084273>
- Dawson, P. E. (2006). *Functional occlusion: from TMJ to smile design*. Elsevier Health Sciences.
- de Arruda, P. F., Gatti, M., Facio, F. N., Jr., de Arruda, J. G., Moreira, R. D., Murta, L. O., Jr., de Arruda, L. F., & de Godoy, M. F. (2013). Quantification of fractal dimension and Shannon's entropy in histological diagnosis of prostate cancer. *BMC Clin Pathol*, 13, 6. <https://doi.org/10.1186/1472-6890-13-6>
- De Felice, C., Latini, G., Bianciardi, G., Parrini, S., Fadda, G. M., Marini, M., Laurini, R. N., & Kopotic, R. J. (2003). Abnormal vascular network complexity: a new phenotypic marker in hereditary non-polyposis colorectal cancer syndrome. *Gut*, 52(12), 1764-1767. <https://doi.org/10.1136/gut.52.12.1764>
- de Oliveira, C. d. N. A., Barra, S. G., Abreu, L. G., Machado, V. C., Pinheiro, J. d. J. V., Henriques, J. A. S., Castro, W. H., Brasileiro, C. B., & Mesquita, R. A. (2022). Fractal analysis of fibrous dysplasia and ossifying fibroma in 2D and 3D CBCT images. *J Oral Maxillofac Surg Med Pathol*, 34(6), 791-799.
- de Oliveira Scudine, K. G., Pedroni-Pereira, A., Araujo, D. S., de Almeida Prado, D. G., Rossi, A. C., & Castelo, P. M. (2016). Assessment of the differences in masticatory behavior between male and female adolescents. *Physiol Behav*, 163, 115-122.
- Demirbaş, A. K., Ergün, S., Güneri, P., Aktener, B. O., & Boyacıoğlu, H. (2008). Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 106(1), e41-48. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.03.007>
- Dewel, B. (1949). The upper cuspid: its development and impaction. *Angle Orthod*, 19(2), 79-90.

- Dolwick, M. (1983). Diagnosis and etiology, Internal Derangements of the Temporomandibular Joint. *Radiology*, 34.
- Dr. Fazzalari, N., & Parkinson, I. (1997). Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *J Bone Miner Res*, 12(4), 632-640.
- Drummond, J. L., Thompson, M., & Super, B. J. (2005). Fracture surface examination of dental ceramics using fractal analysis. *Dent Mater*, 21(6), 586-589. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.12.002>
- Dursun, E., Dursun, C. K., Eratalay, K., Orhan, K., Celik, H. H., & Tözüm, T. F. (2015). Do Porous Titanium Granule Grafts Affect Bone Microarchitecture at Augmented Maxillary Sinus Sites? A Pilot Split-Mouth Human Study. *Implant Dent*, 24(4), 427-433. <https://doi.org/10.1097/id.0000000000000275>
- El, D. (1980). *Sicher's oral anatomy*. Mosby.
- Ergün, S., Saraçoğlu, A., Güneri, P., & Ozpınar, B. (2009). Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofac Radiol*, 38(5), 281-288. <https://doi.org/10.1259/dmfr/24986192>
- Ericson, & Kurol. (1986a). Longitudinal study and analysis of clinical supervision of maxillary canine eruption. *Community Dent Oral Epidemiol*, 14(3), 172-176.
- Ericson, & Kurol. (1986b). Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. *Eur J Orthod*, 8(3), 133-140. <https://doi.org/10.1093/ejo/8.3.133>
- Ericson, S., & Kurol, J. (1988). Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. *Eur J Orthod*, 10(4), 283-295.
- Ericson, S., & Kurol, J. (2000). Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthod*, 70(6), 415-423.
- Eriksson, P.-O., Eriksson, A., Ringqvist, M., & Thornell, L.-E. (1981). Special histochemical muscle-fibre characteristics of the human lateral pterygoid muscle. *Arch Oral Biol*, 26(6), 495-507.
- Fang, T. H., Chiang, M. T., Hsieh, M. C., Kung, L. Y., & Chiu, K. C. (2020). Effects of unilateral posterior missing-teeth on the temporomandibular joint and the alignment of cervical atlas. *PLoS One*, 15(12), e0242717. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242717>
- Fernandes, P. R., de Vasconcellos, H. A., Okeson, J. P., Bastos, R. L., & Maia, M. L. (2003). The anatomical relationship between the position of the auriculotemporal nerve and mandibular condyle. *Cranio®*, 21(3), 165-171.

- Flook, A. (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.
- Garg, V., Bagaria, A., Bhat, S. S., Bhardwaj, S., & Hedau, L. R. (2019). Application of Cone Beam Computed Tomography in Dentistry-A Review. *J Adv Med Dent Scie Res*, 7(4), 73-76.
- Gashi, A., Kamberi, B., Ademi-Abdyli, R., Perjuci, F., & Sahatçiu-Gashi, A. (2014). The Incidence of Impacted Maxillary Canines in a Kosovar Population. *Int Sch Res Notices*, 2014, 370531. <https://doi.org/10.1155/2014/370531>
- Geraets, W. G., & van der Stelt, P. F. (2000). Fractal properties of bone. *Dentomaxillofac Radiol*, 29(3), 144-153. <https://doi.org/10.1038/sj/dmfr/4600524>
- Gibbs, C. H., Mahan, P. E., Lundeen, H. C., Brehnan, K., Walsh, E. K., Sinkewiz, S. L., & Ginsberg, S. B. (1981). Occlusal forces during chewing-influences of biting strength and food consistency. *J Prosthet Dent*, 46(5), 561-567.
- Glenny, R. W. (2011). Emergence of matched airway and vascular trees from fractal rules. *J Appl Physiol* (1985), 110(4), 1119-1129. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01293.2010>
- Glickman, I. (1963). Inflammation and trauma from occlusion, co-destructive factors in chronic periodontal disease. *J Periodontol*, 34(1), 5-10.
- Goldberger, A. L., & West, B. J. (1987). Fractals in physiology and medicine. *Yale J Biol Med*, 60(5), 421-435.
- Goldman, H., & Cohen, D. (1968). *Periodontal therapy*, (4. Baskı). Mosby.
- Goutzanis, L., Papadogeorgakis, N., Pavlopoulos, P. M., Katti, K., Petsinis, V., Plochoras, I., Pantelidaki, C., Kavantzias, N., Patsouris, E., & Alexandridis, C. (2008). Nuclear fractal dimension as a prognostic factor in oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncol*, 44(4), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2007.04.005>
- Guichet, N. F. (1977). *Occlusion*. Denar Corporation.
<https://books.google.com.tr/books?id=XFVqAAAAMAAJ>
- Gutierrez, P., Piña, C., Lara, V. H., & Bosch, P. (2005). Characterization of enamel with variable caries risk. *Arch Oral Biol*, 50(10), 843-848.
<https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2004.11.018>
- Güleç, M., Tassoker, M., Ozcan, S., & Orhan, K. (2021). Evaluation of the mandibular trabecular bone in patients with bruxism using fractal analysis. *Oral Radiol*, 37(1), 36-45.
<https://doi.org/10.1007/s11282-020-00422-5>

- Gümüşsoy, I., & Duman, S. B. (2020). Alternative cone-beam CT method for the analysis of mandibular condylar bone in patients with degenerative joint disease. *Oral Radiol*, 36(2), 177-182. <https://doi.org/10.1007/s11282-019-00395-0>
- Haire, T. J., Hodgskinson, R., Ganney, P. S., & Langton, C. M. (1998). A comparison of porosity, fabric and fractal dimension as predictors of the Young's modulus of equine cancellous bone. *Med Eng Phys*, 20(8), 588-593. [https://doi.org/10.1016/s1350-4533\(98\)00063-0](https://doi.org/10.1016/s1350-4533(98)00063-0)
- Havlin, S., Buldyrev, S. V., Goldberger, A. L., Mantegna, R. N., Ossadnik, S. M., Peng, C. K., Simons, M., & Stanley, H. E. (1995). Fractals in biology and medicine. *Chaos Solit Fractals*, 6, 171-201. [https://doi.org/10.1016/0960-0779\(95\)80025-c](https://doi.org/10.1016/0960-0779(95)80025-c)
- Hayek, E., Aoun, G., Bassit, R., & Nasseh, I. (2020). Correlating Radiographic Fractal Analysis at Implant Recipient Sites with Primary Implant Stability: An In Vivo Preliminary Study. *Cureus*, 12(1), e6539. <https://doi.org/10.7759/cureus.6539>
- Hechler, S. L. (2008). Cone-beam CT: applications in orthodontics. *Dent Clin North Am*, 52(4), 809-823, vii. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.001>
- Heo, M. S., Park, K. S., Lee, S. S., Choi, S. C., Koak, J. Y., Heo, S. J., Han, C. H., & Kim, J. D. (2002). Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 94(6), 763-767. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.128972>
- Honda, E., Domon, M., & Sasaki, T. (1991). A method for determination of fractal dimensions of sialographic images. *Invest Radiol*, 26(10), 894-901. <https://doi.org/10.1097/00004424-199110000-00012>
- Honda, E., Domon, M., Sasaki, T., Obayashi, N., & Ida, M. (1992). Fractal dimensions of ductal patterns in the parotid glands of normal subjects and patients with Sjögren syndrome. *Invest Radiol*, 27(10), 790-795. <https://doi.org/10.1097/00004424-199210000-00008>
- Huh, K. H., Baik, J. S., Yi, W. J., Heo, M. S., Lee, S. S., Choi, S. C., Lee, S. B., & Lee, S. P. (2011). Fractal analysis of mandibular trabecular bone: optimal tile sizes for the tile counting method. *Imaging Sci Dent*, 41(2), 71-78. <https://doi.org/10.5624/isd.2011.41.2.71>
- Hussain, A. M., Packota, G., Major, P. W., & Flores-Mir, C. (2008). Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*, 37(2), 63-71. <https://doi.org/10.1259/dmfr/16932758>
- Hwang, J. J., Lee, J. H., Han, S. S., Kim, Y. H., Jeong, H. G., Choi, Y. J., & Park, W. (2017). Strut analysis for osteoporosis detection model using dental panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol*, 46(7), 20170006. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20170006>
- Ibrahim, N., Parsa, A., Hassan, B., van der Stelt, P., & Wismeijer, D. (2013). Diagnostic imaging of trabecular bone microstructure for oral implants: a literature review. *Dentomaxillofac Radiol*, 42(3), 20120075. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20120075>

- Ide, Y., & Nakazawa, K. (1991). *Anatomical atlas of the temporomandibular joint*. Quintessence.
- Isenberg, G., Goldman, H. M., Spira, J., Parsons, F. G., & Street, P. N. (1968). Radiography analysis by two-dimensional microdensitometry. *J Am Dent Assoc*, 77(5), 1069-1073. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1968.0351>
- Iwasaki, L. R., Baird, B. W., McCall, W. D., Jr., & Nickel, J. C. (2003). Muscle and temporomandibular joint forces associated with chincup loading predicted by numerical modeling. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124(5), 530-540. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(03\)00575-4](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(03)00575-4)
- Jacobs, S. G. (1999). Radiographic localization of unerupted maxillary anterior teeth using the vertical tube shift technique: the history and application of the method with some case reports. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 116(4), 415-423.
- Jacoby, H. (1983). The etiology of maxillary canine impactions. *Am J Orthod*, 84(2), 125-132.
- Jankelson, B., & Adib, F. (1986). Effect of variation in manipulative force on the repetitiveness of centric relation registration: a computer-based study. *J Am Dent Assoc*, 113(1), 59-62.
- Jurczyszyn, K. (2018). Application of fractal dimension analysis and photodynamic diagnosis in the case of differentiation between lichen planus and leukoplakia: A preliminary study. *Adv Clin Exp Med*, 27(12), 1729-1736. <https://doi.org/10.17219/acem/80831>
- Jurczyszyn, K., Kubasiewicz-Ross, P., Nawrot-Hadzik, I., Gedrange, T., Dominiak, M., & Hadzik, J. (2018). Fractal dimension analysis a supplementary mathematical method for bone defect regeneration measurement. *Ann Anat*, 219, 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2018.06.003>
- Kapila, S. D., & Nervina, J. M. (2015). CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol*, 44(1), 20140282. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140282>
- Karacin, G. (2018). *Farklı konumdaki gömülü maksiller kanin vakalarında dentoalveoler yapıların konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile incelenmesi* [Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ortodonti Anabilim Dalı.
- Kato, C. N., Barra, S. G., Tavares, N. P., Amaral, T. M., Brasileiro, C. B., Mesquita, R. A., & Abreu, L. G. (2020). Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*, 49(2), 20180457. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180457>
- Kavitha, M. S., An, S. Y., An, C. H., Huh, K. H., Yi, W. J., Heo, M. S., Lee, S. S., & Choi, S. C. (2015). Texture analysis of mandibular cortical bone on digital dental panoramic radiographs for the diagnosis of osteoporosis in Korean women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 119(3), 346-356. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2014.11.009>

- Kavitha, M. S., Park, S. Y., Heo, M. S., & Chien, S. I. (2016). Distributional Variations in the Quantitative Cortical and Trabecular Bone Radiographic Measurements of Mandible, between Male and Female Populations of Korea, and its Utilization. *PLoS One*, 11(12), e0167992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167992>
- Kettle, M. (1957). Treatment of the unerupted maxillary canine. *Trans Br Soc Orthod*, 18, 74-84.
- Khamnei, S., Zamanlu, M., Shakouri, S., Oskoe, S., SalariLak, S., Houshyar, Y., & Salekzamani, Y. (2016). Mastication patterns in humans: Gender differences. *Neurophysiology*, 48, 375-379.
- Kim, Y. C., Narayanan, S. S., & Nayak, K. S. (2009). Accelerated three-dimensional upper airway MRI using compressed sensing. *Magn Reson Med*, 61(6), 1434-1440. <https://doi.org/10.1002/mrm.21953>
- Koh, K. J., Park, H. N., & Kim, K. A. (2012). Prediction of age-related osteoporosis using fractal analysis on panoramic radiographs. *Imaging Sci Dent*, 42(4), 231-235. <https://doi.org/10.5624/isd.2012.42.4.231>
- Korioth, T., & Hannam, A. (1990). Effect of bilateral asymmetric tooth clenching on load distribution at the mandibular condyles. *J Prosthet Dent*, 64(1), 62-73.
- Korkmaz, Y. N., & Arslan, S. (2021). Evaluation of the trabecular structure of the mandibular condyles by fractal analysis in patients with different dentofacial skeletal patterns. *Aust Orthod J*, 37(1), 93-99.
- Kraus, B., Jordan, R., & Abrams, L. (1969). *Dental anatomy and occlusion*, Baltimore: Williams and Wilkins.
- Krishnamoorthy, B., Mamatha, N., & Kumar, V. A. (2013). TMJ imaging by CBCT: Current scenario. *Ann Maxillofac Surg*, 3(1), 80-83. <https://doi.org/10.4103/2231-0746.110069>
- Kuang, B., Dai, J., Wang, Q. Y., Song, R., Jiao, K., Zhang, J., Tian, X. G., Duan, Y. Z., & Wang, M. Q. (2013). Combined degenerative and regenerative remodeling responses of the mandibular condyle to experimentally induced disordered occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 143(1), 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.08.024>
- Kurşun-Çakmak, E., & Bayrak, S. (2018). Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 126(2), 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2018.04.010>
- Landini, G., & Rippin, J. W. (1993). Fractal dimensions of the epithelial-connective tissue interfaces in premalignant and malignant epithelial lesions of the floor of the mouth. *Anal Quant Cytol Histol*, 15(2), 144-149.

- Langland, O. E., Sippy, F. H., & Langlais, R. P. (1984). *Textbook of dental radiology*. (2. baskı). Charles C Thomas.
- Lapidus, B. B. M. M. L., & Van Frankenhuysen, M. (2004). *Fractal geometry and applications: A jubilee of Benoît Mandelbrot* (Cilt 1). American Mathematical Society.
- Lapidus, M. L., & Pearse, E. P. (2006). A tube formula for the Koch snowflake curve, with applications to complex dimensions. *J Lond Math Soc*, 74(2), 397-414.
- Law, A. N., Bollen, A. M., & Chen, S. K. (1996). Detecting osteoporosis using dental radiographs: a comparison of four methods. *J Am Dent Assoc*, 127(12), 1734-1742. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1996.0134>
- Lee, D. H., Ku, Y., Rhyu, I. C., Hong, J. U., Lee, C. W., Heo, M. S., & Huh, K. H. (2010). A clinical study of alveolar bone quality using the fractal dimension and the implant stability quotient. *J Periodontal Implant Sci*, 40(1), 19-24. <https://doi.org/10.5051/jpis.2010.40.1.19>
- Leite, A. F., de Souza Figueiredo, P. T., Caracas, H., Sindeaux, R., Guimaraes, A. T. B., Lazarte, L., de Paula, A. P., & de Melo, N. S. (2015). Systematic review with hierarchical clustering analysis for the fractal dimension in assessment of skeletal bone mineral density using dental radiographs. *Oral Radiol*, 31, 1-13.
- Leszczyński, P., & Sokalski, J. (2017). The use of fractal analysis in medicine: A literature review. *Dent Med Probl*, 54(1), 79-83.
- Lopes, R., & Betrouni, N. (2009). Fractal and multifractal analysis: a review. *Med Image Anal*, 13(4), 634-649. <https://doi.org/10.1016/j.media.2009.05.003>
- Lövgren, M. L., Dahl, O., Uribe, P., Ransjö, M., & Westerlund, A. (2019). Prevalence of impacted maxillary canines—An epidemiological study in a region with systematically implemented interceptive treatment. *Eur J Orthod*, 41(5), 454-459.
- Lundeen, H. C. (1969). *Introduction to occlusal anatomy*.
- Macleod, I., & Heath, N. (2008). Cone-beam computed tomography (CBCT) in dental practice. *Dent Update*, 35(9), 590-592, 594-598. <https://doi.org/10.12968/denu.2008.35.9.590>
- Madlum, D. V., Gaêta-Araujo, H., Brasil, D. M., Lima, C. A. S., Oliveira, M. L., & Haiter-Neto, F. (2021). Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 132(4), 448-455. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.11.013>
- Mah, J. K., Huang, J. C., & Choo, H. (2010). Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J Am Dent Assoc*, 141 Suppl 3, 7s-13s. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0361>

- Mainster, M. A. (1990). The fractal properties of retinal vessels: embryological and clinical implications. *Eye (Lond)*, 4 (1), 235-241. <https://doi.org/10.1038/eye.1990.33>
- Maity, S., Mahadevappa, M., Dutta, G., & Chatterjee, J. (2021). *Computer aided Diabetes Diagnosis using Textural Features of Saliva Crystallogram Images*. [Sözlü sunum] 2021 IEEE Second International Conference on Control, Measurement and Instrumentation (CMI), Kolkata, India
- Majumdar, S., Weinstein, R. S., & Prasad, R. R. (1993). Application of fractal geometry techniques to the study of trabecular bone. *Med Phys*, 20(6), 1611-1619. <https://doi.org/10.1118/1.596948>
- Mäkikallio, T. H., Huikuri, H. V., Mäkikallio, A., Sourander, L. B., Mitrani, R. D., Castellanos, A., & Myerburg, R. J. (2001). Prediction of sudden cardiac death by fractal analysis of heart rate variability in elderly subjects. *J Am Coll Cardiol*, 37(5), 1395-1402. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01171-8](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01171-8)
- Mandelbrot, B. (1967). How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, 156(3775), 636-638. <https://doi.org/10.1126/science.156.3775.636>
- Manne, R., Gandikota, C., Juvvadi, S. R., Rama, H. R. M., & Anche, S. (2012). Impacted canines: Etiology, diagnosis, and orthodontic management. *J Pharm Bioallied Sci*, 4(Suppl 2), S234-S238.
- Manns, A., Miralles, R., Valdivia, J., & Bull, R. (1989). Influence of variation in anteroposterior occlusal contacts on electromyographic activity. *J Prosthet Dent*, 61(5), 617-623.
- Margaritescu, C., Raica, M., Pirici, D., Simionescu, C., Mogoanta, L., Stinga, A. C., Stinga, A. S., & Ribatti, D. (2010). Podoplanin expression in tumor-free resection margins of oral squamous cell carcinomas: an immunohistochemical and fractal analysis study. *Histol Histopathol*, 25(6), 701-711. <https://doi.org/10.14670/hh-25.701>
- McAdam, D. B. (1976). Tooth loading and cuspal guidance in canine and group-function occlusions. *J Prosthet Dent*, 35(3), 283-290.
- McBride, L. (1979). Traction: A surgical/orthodontic procedure. *Am J Orthod*, 76(3), 287-299.
- McKay, G., Yemm, R., & Cadden, S. (1992). The structure and function of the temporomandibular joint. *Br Dent J*, 173(4), 127-132.
- Meyer, F. (1933). Cast bridgework in functional occlusion. *J Am Dent Assoc*, 20(6), 1015-1030.
- Mincione, G., Di Nicola, M., Di Marcantonio, M. C., Muraro, R., Piattelli, A., Rubini, C., Penitente, E., Piccirilli, M., Aprile, G., Perrotti, V., & Artese, L. (2015). Nuclear fractal dimension in oral squamous cell carcinoma: a novel method for the evaluation of grading, staging, and survival. *J Oral Pathol Med*, 44(9), 680-684. <https://doi.org/10.1111/jop.12280>

- Miracle, A. C., & Mukherji, S. K. (2009). Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *Am J Neuroradiol*, 30(6), 1088-1095. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1653>
- Moffett Jr, B. C., Johnson, L. C., McCabe, J. B., & Askew, H. C. (1964). Articular remodeling in the adult human temporomandibular joint. *Am J Anat*, 115(1), 119-141.
- Morinushi, T., Kawasaki, H., Masumoto, Y., Shigeta, K., Ogura, T., & Takigawa, M. (1998). Examination of the diagnostic value and estimation of the chaos phenomenon in masticatory movement using fractal dimension in patients with temporomandibular dysfunction syndrome. *J Oral Rehabil*, 25(5), 386-394. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1998.00230.x>
- Moyers, R. (1988). *Handbook of orthodontics*. (4. Baskı) Year Book Medical Publishers.
- Nezafat, N. B., Ghoranneviss, M., Elahi, S. M., Shafiekhani, A., Ghorannevis, Z., & Solaymani, S. (2019). Microstructure, micromorphology, and fractal geometry of hard dental tissues: Evaluation of atomic force microscopy images. *Microsc Res Tech*, 82(11), 1884-1890. <https://doi.org/10.1002/jemt.23356>
- Ng, W. L., Cunningham, A., Pandis, N., Bister, D., & Seehra, J. (2024). Impacted maxillary canine: Assessment of prevalence, severity and location of root resorption on maxillary incisors: A retrospective CBCT study. *Int Orthod*, 22(3), 100890.
- Ngan, P., Hornbrook, R., & Weaver, B. (2005). Early timely management of ectopically erupting maxillary canines. *Semin Orthod*, 11(3), 152-163.
- Nissan, J., Gross, M., Shifman, A., Tzadok, L., & Assif, D. (2004). Chewing side preference as a type of hemispheric laterality. *J Oral Rehabil*, 31(5), 412-416.
- Norton, N. S. (2011). *Netter's head and neck anatomy for dentistry* (2. baskı). Elsevier.
- Nur, B. (2010). *Kraniyofasiyal bölgedeki kemiksel asimetrielerin bilgisayarlı tomografi üzerinde saptanması ve yumuşak doku ile ilişkisinin değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, İstanbul.
- O'Ryan, F., & Epker, B. N. (1984). Temporomandibular joint function and morphology: observations on the spectra of normalcy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 58(3), 272-279. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90052-5)
- Okeson, J. P. (2019). *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion - E-Book: Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion (E-kitap)*. Mosby. <https://books.google.com.tr/books?id=RxmGDwAAQBAJ>
- Oliver, R., Mannion, J., & Robinson, J. (1989). Morphology of the maxillary lateral incisor in cases of unilateral impaction of the maxillary canine. *Br Dent J*, 16(1), 9-16.

- Orhan, K. (2012). Diş hekimliğinde konik ışınlı komputerize tomografinin (KIKT) yeri ve önemi. *Yeditepe J Dent*, 3, 6-17.
- Ort, M. G., Gregg, E. C., & Kaufman, B. (1977). Subtraction radiography: techniques and limitations. *Radiology*, 124(1), 65-72. <https://doi.org/10.1148/124.1.65>
- Ouyang, J., Yang, G. T., Wu, W. Z., Zhu, Q. A., & Zhong, S. Z. (1997). Biomechanical characteristics of human trabecular bone. *Clin Biomech (Bristol)*, 12(7-8), 522-524. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(97\)00035-1](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(97)00035-1)
- Öztürk, E. M. A., & Artaş, A. (2024). Evaluation of Bone Mineral Changes in Panoramic Radiographs of Hypothyroid and Hyperthyroid Patients Using Fractal Dimension Analysis. *J Clin Densitom*, 27(1), 101443. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2023.101443>
- Öztürk Koçak, A. T., & Göller Bulut, D. (2021). Measurement of the trabecular bone structure of the TMJ region in patients with transverse maxillary deficiency: a CBCT fractal analysis study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 132(3), 352-360. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.05.005>
- Palinkas, M., Nassar, M. S. P., Cecilio, F. A., Siéssere, S., Semprini, M., Machado-de-Sousa, J. P., Hallak, J. E. C., & Regalo, S. C. H. (2010). Age and gender influence on maximal bite force and masticatory muscles thickness. *Arch Oral Biol*, 55(10), 797-802.
- Palomo, J. M., Kau, C. H., Palomo, L. B., & Hans, M. G. (2006). Three-dimensional cone beam computerized tomography in dentistry. *Dent Today*, 25(11), 130, 132-135.
- Panek, H., Matthews-Brzozowska, T., Nowakowska, D., Panek, B., Bielicki, G., Makacewicz, S., & Mankiewicz, M. (2008). Dynamic occlusions in natural permanent dentition. *Quintessence Int*, 39(4).
- Parfitt, A. M., Mathews, C. H., Villanueva, A. R., Kleerekoper, M., Frame, B., & Rao, D. S. (1983). Relationships between surface, volume, and thickness of iliac trabecular bone in aging and in osteoporosis. Implications for the microanatomic and cellular mechanisms of bone loss. *J Clin Invest*, 72(4), 1396-1409. <https://doi.org/10.1172/jci111096>
- Park, H.-J., Jung, Y.-H., & Cho, B.-H. (2006). Bone changes after bilateral sagittal split osteotomy for mandibular prognathism. *Imaging Sci Dent*, 36(4), 183-188.
- Pauwels, R., Faruangsang, T., Charoenkarn, T., Ngonphloy, N., & Panmekiate, S. (2015). Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofac Radiol*, 44(8), 20150078. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20150078>
- Peck, S., Peck, L., & Kataja, M. (1994). The palatally displaced canine as a dental anomaly of genetic origin. *Angle Orthod*, 64(4), 250-256.

- Pedro, F. L., Bandéca, M. C., Volpato, L. E., Marques, A. T., Borba, A. M., Musis, C. R., & Borges, A. H. (2014). Prevalence of impacted teeth in a Brazilian subpopulation. *J Contemp Dent Pract*, 15(2), 209-213. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1516>
- Petersson, A. (2010). What you can and cannot see in TMJ imaging--an overview related to the RDC/TMD diagnostic system. *J Oral Rehabil*, 37(10), 771-778. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02108.x>
- Posselt, U. (1952). Studies in the mobility of the human mandible. *Acta Odontol Scand*, 10, 126-129.
- Pothuau, L., Lespessailles, E., Harba, R., Jennane, R., Royant, V., Eynard, E., & Benhamou, C. L. (1998). Fractal analysis of trabecular bone texture on radiographs: discriminant value in postmenopausal osteoporosis. *Osteoporos Int*, 8(6), 618-625. <https://doi.org/10.1007/s001980050108>
- Proffit, W. R., Fields, H. W., & Sarver, D. M. (2007). *Contemporary orthodontics*. (4. baskı). Elsevier.
- Prouteau, S., Ducher, G., Nanyan, P., Lemineur, G., Benhamou, L., & Courteix, D. (2004). Fractal analysis of bone texture: a screening tool for stress fracture risk? *Eur J Clin Invest*, 34(2), 137-142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2004.01300.x>
- Ramfjord, S. (1961). Bruxism. *J Am Dent Assoc*, 62, 35-58.
- Ramfjord, S., & Ash, M. (1983). *Occlusion* (3. baskı). Philadelphia, 1983. In: WB Saunders.
- Ramfjord, S. P. (1961). Dysfunctional temporomandibular joint and muscle pain. *J Prosthet Dent*, 11(2), 353-374.
- Robb, R. A. (1982). The Dynamic Spatial Reconstructor: An X-Ray Video-Fluoroscopic CT Scanner for Dynamic Volume Imaging of Moving Organs. *IEEE Trans Med Imaging*, 1(1), 22-33. <https://doi.org/10.1109/TMI.1982.4307545>
- Roberts, M. G., Graham, J., & Devlin, H. (2013). Image texture in dental panoramic radiographs as a potential biomarker of osteoporosis. *IEEE Trans Biomed Eng*, 60(9), 2384-2392. <https://doi.org/10.1109/tbme.2013.2256908>
- Sahler, L. G., Morris, T. W., Katzberg, R. W., & Tallents, R. H. (1990). Microangiography of the rabbit temporomandibular joint in the open and closed jaw positions. *J Oral Maxillofac Surg*, 48(8), 831-834.
- Sanchez-Molina, D., Velazquez-Ameijide, J., Quintana, V., Arregui-Dalmases, C., Crandall, J. R., Subit, D., & Kerrigan, J. R. (2013). Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys*, 35(5), 576-582. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2012.06.024>

- Sánchez, I., & Uzcátegui, G. (2011). Fractals in dentistry. *J Dent*, 39(4), 273-292. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.01.010>
- Sansare, K., Singh, D., & Karjodkar, F. (2012). Changes in the fractal dimension on pre-and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiol*, 28, 15-23.
- Scalco, E., Fiorino, C., Cattaneo, G. M., Sanguineti, G., & Rizzo, G. (2013). Texture analysis for the assessment of structural changes in parotid glands induced by radiotherapy. *Radiother Oncol*, 109(3), 384-387. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2013.09.019>
- Scarfe, W. C., Farman, A. G., & Sukovic, P. (2006). Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*, 72(1), 75-80.
- Schaerer, P., Stallard, R. E., & Zander, H. A. (1967). Occlusal interferences and mastication: an electromyographic study. *J Prosthet Dent*, 17(5), 438-449.
- Schuyler, C. H. (1947). Correction of occlusal disharmony of the natural dentition. *N Y State Dent J*, 13(8), 445-462.
- Sears, V. H. (1925). Balanced occlusions. *J Am Dent Assoc*, 12(12), 1448-1451.
- Shengyi, T., & Xu, Y. (1991). Biomechanical properties and collagen fiber orientation of TMJ discs in dogs: Part 1. Gross anatomy and collagen fiber orientation of the discs. *J Craniomandib Disord*, 5(1), 28-34.
- Shimizu, K., Tanabe, N., Tho, N. V., Suzuki, M., Makita, H., Sato, S., Muro, S., Mishima, M., Hirai, T., Ogawa, E., Nakano, Y., Konno, S., & Nishimura, M. (2020). Per cent low attenuation volume and fractal dimension of low attenuation clusters on CT predict different long-term outcomes in COPD. *Thorax*, 75(2), 116-122. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2019-213525>
- Shrout, M. K., Hildebolt, C. F., & Potter, B. J. (1997). The effect of varying the region of interest on calculations of fractal index. *Dentomaxillofac Radiol*, 26(5), 295-298.
- Shrout, M. K., Roberson, B., Potter, B. J., Mailhot, J. M., & Hildebolt, C. F. (1998). A comparison of 2 patient populations using fractal analysis. *J Periodontol*, 69(1), 9-13.
- Sindeaux, R., Figueiredo, P. T., de Melo, N. S., Guimarães, A. T., Lazarte, L., Pereira, F. B., de Paula, A. P., & Leite, A. F. (2014). Fractal dimension and mandibular cortical width in normal and osteoporotic men and women. *Maturitas*, 77(2), 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.10.011>
- Smith, T. G., Jr., Lange, G. D., & Marks, W. B. (1996). Fractal methods and results in cellular morphology--dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Methods*, 69(2), 123-136. [https://doi.org/10.1016/s0165-0270\(96\)00080-5](https://doi.org/10.1016/s0165-0270(96)00080-5)

- Standlee, J., Caputo, A., & Ralph, J. (1979). Stress transfer to the mandible during anterior guidance and group function eccentric movements. *J Prosthet Dent*, 41(1), 35-39.
- Stegenga, B., de Bont, L. G., & Boering, G. (1989). Osteoarthritis as the cause of craniomandibular pain and dysfunction: a unifying concept. *J Oral Maxillofac Surg*, 47(3), 249-256.
- Stewart, I. (1995). Four encounters with sierpiński's gasket. *The Mathematical Intelligencer*, 17(1), 52-64.
- Suer, B. T., Yaman, Z., & Buyuksarac, B. (2016). Correlation of Fractal Dimension Values with Implant Insertion Torque and Resonance Frequency Values at Implant Recipient Sites. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 31(1), 55-62. <https://doi.org/10.11607/jomi.3965>
- Sunal Aktürk, E., Toktas, A. I., Can, E., Kosen, E., & Sarica, I. (2024). Assessment of the Trabecular Bone Microstructure Surrounding Impacted Maxillary Canines Using Fractal Analysis on Cone-Beam Computed Tomography Images. *Diagnostics (Basel)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/diagnostics14192143>
- Surenthar, M., Srinivasan, S. V., Parimala, D., & Ramanathan, V. (2024). Degenerative Temporomandibular Disorders: An Assessment of Bone Trabecular Structure Using Fractal Analysis in Digital Panoramic Radiographs. *Cureus*, 16(4), e57449. <https://doi.org/10.7759/cureus.57449>
- Tanabe, N., Oguma, T., Sato, S., Kubo, T., Kozawa, S., Shima, H., Koizumi, K., Sato, A., Muro, S., Togashi, K., & Hirai, T. (2018). Quantitative measurement of airway dimensions using ultra-high resolution computed tomography. *Respir Invest*, 56(6), 489-496. <https://doi.org/10.1016/j.resinv.2018.07.008>
- Tanabe, N., Sato, S., Suki, B., & Hirai, T. (2020). Fractal Analysis of Lung Structure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Front Physiol*, 11, 603197. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.603197>
- Tanaka, T. (1992). TMJ Microanatomy: An Approach to Current Controversies (Videotape). *San Diego, CA*.
- Tatlıpınar, H. (2020). Doğrusal Olmayan Dinamik Sistemlerin İncelenmesi ve Kompleksite Bilimi. *Yıldız Social Science Review*, 6(2), 81-97.
- Taylor, N., & Jones, A. (1995). Are anterior occlusal radiographs indicated to supplement panoramic radiography during an orthodontic assessment? *Br Dent J*, 179(10), 377-381.
- Tercanlı, H., & Bolat Gümüş, E. (2024). Evaluation of mandibular trabecular bone structure in growing children with Class I, II, and III malocclusions using fractal analysis: A retrospective study. *Int Orthod*, 22(3), 100875. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2024.100875>

- Thilander, B., & Myrberg, N. (1973). The prevalence of malocclusion in Swedish schoolchildren. *Eur J Oral Sci*, 81(1), 12-20.
- Torres, S. R., Chen, C. S., Leroux, B. G., Lee, P. P., Hollender, L. G., & Schubert, M. M. (2011). Fractal dimension evaluation of cone beam computed tomography in patients with bisphosphonate-associated osteonecrosis. *Dentomaxillofac Radiol*, 40(8), 501-505. <https://doi.org/10.1259/dmfr/14636637>
- Tosoni, G. M., Lurie, A. G., Cowan, A. E., & Burleson, J. A. (2006). Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102(2), 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.08.020>
- Uchiyama, T., Tanizawa, T., Muramatsu, H., Endo, N., Takahashi, H. E., & Hara, T. (1999). Three-dimensional microstructural analysis of human trabecular bone in relation to its mechanical properties. *Bone*, 25(4), 487-491. [https://doi.org/10.1016/s8756-3282\(99\)00188-x](https://doi.org/10.1016/s8756-3282(99)00188-x)
- Ueki, K., Nakagawa, K., Takatsuka, S., Yamamoto, E., & Laskin, D. M. (2008). Comparison of the stress direction on the TMJ in patients with class I, II, and III skeletal relationships. *Orthod Craniofac Res*, 11(1), 43-50. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2008.00413.x>
- Uğur Aydın, Z., Toptaş, O., Göller Bulut, D., Akay, N., Kara, T., & Akbulut, N. (2019). Effects of root-end filling on the fractal dimension of the periapical bone after periapical surgery: retrospective study. *Clin Oral Investig*, 23(9), 3645-3651. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02967-0>
- Urdike, S. X., & Nowzari, H. (2008). Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *J Periodontal Res*, 43(6), 658-664. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.2007.01056.x>
- Wang, Y., Zhou, W., Yuan, Q., Li, X., Meng, Q., Zhao, X., & Wang, J. (2013). Comparison of ictal and interictal EEG signals using fractal features. *Int J Neural Syst*, 23(6), 1350028. <https://doi.org/10.1142/s0129065713500287>
- Watt-Smith, S., Sadler, A., Baddeley, H., & Renton, P. (1993). Comparison of arthrographic and magnetic resonance images of 50 temporomandibular joints with operative findings. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 31(3), 139-143. [https://doi.org/10.1016/0266-4356\(93\)90111-9](https://doi.org/10.1016/0266-4356(93)90111-9)
- Wedl, J. S., Schoder, V., Blake, F., Schmelzle, R., & Friedrich, R. (2004). Eruption times of permanent teeth in teenage boys and girls in Izmir (Turkey). *J Clin Forensic Med*, 11(6), 299-302.
- Wheeler, R. (1974). *Dental anatomy, physiology and occlusion*, (5. baskı). WB Saunders.
- White, S. C. (2008). Cone-beam imaging in dentistry. *Health Phys*, 95(5), 628-637. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000326340.81581.1a>

- White, S. C., & Pae, E.-K. (2009). Patient image selection criteria for cone beam computed tomography imaging. *Semin Orthod*, 15(1), 19-28
- White, S. C., & Rudolph, D. J. (1999). Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 88(5), 628-635. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(99\)70097-1](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(99)70097-1)
- Wilding, R. J., Slabbert, J. C., Kathree, H., Owen, C. P., Crombie, K., & Delport, P. (1995). The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Arch Oral Biol*, 40(1), 61-72. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(94\)00138-2](https://doi.org/10.1016/0003-9969(94)00138-2)
- Williamson, E. (1981). Dr. Eugene H. Williamson on occlusion and TMJ dysfunction. *J Clin Orthod*, 15(6), 393-404, 409.
- Williamson, E., & Lundquist, D. (1983). Anterior guidance: its effect on electromyographic activity of the temporal and masseter muscles. *J Prosthet Dent*, 49(6), 816-823.
- Wolf, J., & Mattila, K. (1979). Localization of impacted maxillary canines by panoramic tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 8(2), 85-91.
- Xu, J., & Lacidogna, G. (2011). A modified box-counting method to estimate the fractal dimensions. *Applied Mechanics and Materials*, 58, 1756-1761.
- Yaşar, F., & Akgünlü, F. (2006). The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofac Radiol*, 35(1), 1-9. <https://doi.org/10.1259/dmfr/97652136>
- Yaşar, F., Apaydin, B., & Yilmaz, H. H. (2012). The effects of image compression on quantitative measurements of digital panoramic radiographs. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 17(6), e1074-1081. <https://doi.org/10.4317/medoral.17912>
- Yavuz, E., & Yardımcı, S. (2024). Comparison of periapical radiography, panoramic radiography, and CBCT in the evaluation of trabecular bone structure using fractal analysis. *Oral Radiol*, 40(3), 394-400. <https://doi.org/10.1007/s11282-024-00743-9>
- Yavuz, M. S., Aras, M. H., Büyükkurt, M. C., & Tozoglu, S. (2007). Impacted mandibular canines. *J Contemp Dent Pract*, 8(7), 78-85.
- Yu, S., & Lakshminarayanan, V. (2021). Fractal dimension and retinal pathology: a meta-analysis. *Appl Sci*, 11(5), 2376.
- Yu, Y. Y., Chen, H., Lin, C. H., Chen, C. M., Oviir, T., Chen, S. K., & Hollender, L. (2009). Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107(2), 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.05.047>

Zamanlu, M., Khamnei, S., SalariLak, S., Oskoe, S. S., Shakouri, S. K., Houshyar, Y., & Salekzamani, Y. (2012). Chewing side preference in first and all mastication cycles for hard and soft morsels. *Int J Clin Exp Med*, 5(4), 326.

Zander, H., & Mühlemann, H. (1956). The effect of stresses on the periodontal structures. *Oral Surg Oral Med Oral Radiol*, 9(4), 380-390.



EKLER

EK-1: Bilgilendirilmiş Olur Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

Bu katıldığınız çalışma bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı Tek Taraflı Gömülü Kanin Dişinin Mandibular Kondillerin Alveolar Kemik Yoğunluğu Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi: Retrospektif Bir KİBT Çalışması'dır. Bu araştırmanın amacı, tek taraflı gömülü maksiller kanini (üst çene köpek dişi) bulunan bireylerde, mandibular kondillerdeki alveolar kemik yoğunluğunun incelenmesidir. Bu çalışmada gömülü maksiller kanin nedeniyle çekilen konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KİBT) görüntüleri kullanılacaktır. Bu çalışmada gönüllülere herhangi girişimsel bir işlem yapılmayacak yalnızca radyografik verileri incelenecektir.

Bu çalışmada sizin için herhangi bir risk ve komplikasyon bulunmamaktadır. Araştırma hakkında ek bilgiler almak için Arş. Gör. Gamze Bozkurt Kahramaner'e başvurabilirsiniz.

Bu çalışmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır; ayrıca, bu araştırma kapsamındaki bütün muayene, tetkik, testler ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

Bu çalışmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada çalışmadan ayrılabilirsiniz; bu durum herhangi bir cezaya ya da sizin yararlarınıza engel duruma yol açmayacaktır. Araştırmacı bilginiz dahilinde veya isteğiniz dışında, uygulanan tedavi şemasının gereklerini yerine getirmemeniz, çalışma programını aksatmanız veya tedavinin etkinliğini artırmak vb. nedenlerle sizi çalışmadan çıkarabilir. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır, çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili tıbbi veriler de gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir.

Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayımlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz.

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanıdı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Bu formun imzalı bir kopyası bana verilecektir.

Gönüllünün, Adı-Soyadı: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:	Açıklamaları yapan araştırmacının, Adı-Soyadı: Görevi: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:
Yetkili veya yetkili altında bulunmalar için veli veya vasisin, Adı-Soyadı: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:	Ölül alma işlemine başından sonuna kadar tasdik eden kurullar görevlilerinin/görüşme tutanağının, Adı-Soyadı: Görevi: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:

* Bu form, Kaya araştırmasında Etik kurulda için Kurulda bulunması gereken bilgi verilmektedir; ancak, araştırma kapsamında yapılacak işlemler, araştırma Etik Kurulu tarafından ya da Tıp Fakültesi etik kurulunda tasdik edilmiş ve Kurulda gerekli düzenlemeler yapılmış olacaktır (Örn. bu paragraf, veri alımı, analiz, raporlama ve sonuçların paylaşılması ve yayın politikası dikkate alınmalıdır). Gönüllüden önce ve sonra, bilgilendirme matrisinde detaylı bilgi alınmalıdır. **İmzalıdır ve ayrı ayrı tutulmalıdır.**

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Gamze BOZKURT KAHRAMANER

ÖĞRENİM DURUMU

Lisans: 2019, Kocaeli Üniversitesi

Uzmanlık: 2025, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ortodonti Anabilim Dalı

BİLDİRİLER

Arslan, Semiha; Bozkurt Kahramaner, Gamze. 2022. Şeffaf Plak Tedavi Yönteminin Bilinirliği ve Kabul Edilebilirliğinin Değerlendirilmesi. 10. Uluslararası Hipokrat Tıp ve Sağlık Bilimleri Kongresi, 16-17 Aralık 2022.

Arslan, Semiha; Bozkurt Kahramaner, Gamze; Çelik, Samet. 2023. Evaluation of the Effects of Orthodontic Treatment with Clear Aligners and Fixed Appliances on the Temporomandibular Joint: A Fractal Analysis Study. 6. Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yaşam Kongresi, 2-5 Mart 2023.

POSTER SUNUMU

Bozkurt Kahramaner, Gamze; Arslan, Semiha; Tekin, Berat. 2023. Molar Distalization with Carriere Motion Appliance: A Case Report. 98. Avrupa Ortodonti Derneği Kongresi, 11 Haziran 2023.