



T.C

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ARKA ÇAPRAZ KAPANIŞI OLAN HASTALARDA
MANDİBULER KONDİL BÖLGESİNİN FRAKTAL
ANALİZİ VE TME BÖLGESİNİN KEMİK
KOMPANENTLERİNİN KİBT İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt.Ayşe Tuğçe ÖZTÜRK

**AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

Temmuz 2020

BOLU



T.C

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ARKA ÇAPRAZ KAPANIŞI OLAN HASTALARDA
MANDİBULER KONDİL BÖLGESİNİN FRAKTAL
ANALİZİ VE TME BÖLGESİNİN KEMİK
KOMPANENTLERİNİN KİBT İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt.Ayşe Tuğçe ÖZTÜRK

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Duygu GÖLLER BULUT

Temmuz 2020

BOLU

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimimde bilgi birikimi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, çalışkanlığını kendime örnek aldığım, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, engin hoşgörüsü ve sabrıyla uzmanlık tezimde yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım ve değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Duygu GÖLLER BULUT'a,

Eğitimime çok büyük katkıları olan, ahlaki değerlerini her zaman örnek alacağım, her koşulda yardımını ve desteğini esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim kıymetli hocam Doç.Dr. Seval BAYRAK'a,

Tez çalışmamın hasta grubunun oluşturulmasındaki katkılarından dolayı Ortodonti Anabilim Dalı öğretim üyesi Dr.Yasemin Nur KORKMAZ'a,

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım, anlayış ve yardımlarıyla hep yanımda olan tüm asistan arkadaşlarıma ve Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı personeline,

Tüm başarılarımı birlikte kutladığım, beni yetiştiren ve eğitimime maddi ve manevi destek olan, annem Habibe ÖZTÜRK'e, babam Abdulvehhab ÖZTÜRK'e ve ağabeyim Ahmet Tuğrul ÖZTÜRK'e,

Uzmanlık eğitimi alabilmek için DUS sınavına birlikte çalıştığım, bana inanan ve her zaman destek olan, mestektaşım, hayat arkadaşım Nejdet KOÇAK'a kalpten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

ARKA ÇAPRAZ KAPANIŞI OLAN HASTALARDA MANDİBULER KONDİL BÖLGESİNİN FRAKTAL ANALİZİ VE TME BÖLGESİNİN KEMİK KOMPANENTLERİNİN KIBT İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Arka çapraz kapanış terimi, alt ve üst dişlerin transvers yönde bukkolingual ilişkisindeki tutarsızlık olarak ifade edilir. Arka çapraz kapanış, temporomandibular eklem (TME) ve tüm stomatognatik sistemle ilgili yapıları etkiler. Bu çalışmada, arka çapraz kapanışın ve maksiller darlığın TME'nin kemik elemanlarına etkisi, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülerinde fraktal analiz yöntemi kullanılarak değerlendirildi. Tek taraflı çapraz kapanışa sahip 34 hasta, çift taraflı çapraz kapanışa sahip 24 hasta, maksiller darlığı olan 39 hasta çalışmaya dahil edildi. Angle sınıf I kapanışa sahip 36 hasta, kontrol grubu olarak kabul edildi. TME bölgesi KIBT kullanılarak incelendi, dejeneratif değişimlerin varlığı değerlendirildi. Image J programı kullanılarak mandibular kondil bölgesinde fraktal analiz yapıldı. Program, <https://imagej.nih.gov> internet sitesinden indirilmiştir. İstatistiksel değerlendirme için SPSS (IBM SPSS for Windows, ver.25) istatistik paket programı kullanılmıştır. Tüm hastalara ait 266 TME bölgesinde, mandibular kondilde en sık görülen dejeneratif değişim erozyon idi. 41 (sağ 20, sol 21) kondilde erozyon görüldü. Hem sağ hem de sol taraf için, dejeneratif değişimlerin görülme sıklığı bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı (sağ $p=0,682$, sol $p=0,670$). Dejeneratif değişimlerin cinsiyetler arasında dağılımında anlamlı bir fark görülmedi (sağ $p=0,08$, sol $p=0,655$). Koronal kesitlerde, sağ mandibular kondilden ölçülen fraktal boyut, kontrol grubunda diğer gruplara göre anlamlı olarak daha düşük bulundu ($p=0,012$). Malokluzyon varlığında, mandibular kondilde adaptif *remodeling* nedeniyle oluşan eroziv ve sklerotik değişimler KIBT görüntüleri üzerinde yapılan fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Çapraz Kapanış, Fraktal Analiz, Maksiller Darlık, Mandibular Kondil, Temporomandibular Eklem

ABSTRACT

FRACTAL ANALYSIS OF MANDIBULAR CONDYLE REGION AND EVALUATION OF BONE COMPONENTS OF TMJ WITH CBCT IN PATIENTS WITH POSTERIOR CROSSBITE

The term posterior crossbite refers to a discrepancy in the buccolingual relationship of the upper and lower teeth in the transverse direction. The posterior crossbite affects the temporomandibular joint (TMJ) and the entire stomatognathic system. In this study, the effect of posterior crossbite and maxillary narrowness on the bone structure of TMJ was evaluated using a fractal analysis method on cone beam computed tomography (CBCT) images. 34 patients with unilateral crossbite, 24 patients with bilateral crossbite, 39 patients with maxillary narrowness were included in the study. 36 patients with Angle class I occlusion were accepted as the control group. TMJ region was examined using CBCT, and the presence of degenerative changes was evaluated. Fractal analysis was performed in the mandibular condyle region with Image J program. The program has been downloaded from the website <https://imagej.nih.gov>. SPSS (IBM SPSS for Windows, ver.25) statistical package program was used for statistical evaluation. In the 266 TMJ regions of all patients, the most common degenerative change in the mandibular condyle was erosion. Erosion was observed in 41 condyle (right 20, left 21). For both right and left sides, there was no significant difference between the groups in terms of the frequency of degenerative changes (right $p = 0.682$, left $p = 0.670$). There was no significant difference in the distribution of degenerative changes between the genders (right $p = 0.08$, left $p = 0.655$). In coronal sections, the fractal dimension measured from the right mandibular condyle was significantly lower in the control group than in the other groups ($p = 0.012$). In the presence of malocclusion, erosive and sclerotic changes caused by adaptive remodeling in the mandibular condyle can be evaluated using fractal analysis on CBCT images.

Keywords: Crossbite, Fractal Analysis, Mandibular Condyle, Maxillary Narrowness, Temporomandibular Joint

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar	ix
ŞEKİLLER.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Transversal Yön Anomalileri	4
2.1.1. Çapraz kapanış tanımı ve sınıflandırılması	4
2.1.1.1. İskeletsel arka çapraz kapanış	5
2.1.1.2. Dişsel arka çapraz kapanış	5
2.1.1.3. Fonksiyonel arka çapraz kapanış	5
2.1.2. Çapraz kapanış görülme sıklığı	6
2.1.3. Çapraz kapanışın tanısı.....	6
2.1.4. Çapraz kapanışın etyolojisi.....	7
2.1.5 Maksiller darlık ve arka çapraz kapanış ilişkisi.....	8
2.1.6 Maksiller darlık.....	8
2.1.6.1 Maksiller darlığın etiyolojisi	8
2.1.6.1.1 Genetik etki.....	9
2.1.6.1.2 Çevresel etki.....	9
2.2 TME	10
2.2.1 TME'nin kemik yapı elemanları.....	11
2.2.1.1 Temporal kemik birimleri.....	11
2.2.1.2 Glenoid fossa ve artiküler eminens	12
2.2.1.3 Mandibular kondil	12
2.2.2 Temporomandibular eklemin yumuşak doku elemanları.....	14

2.2.2.1 Artiküler kıkırdak	14
2.2.2.2 Artiküler disk	14
2.2.2.3 Artiküler boşluklar (bilaminer bölge)	16
2.2.2.4 Artiküler kapsül.....	17
2.2.2.5 Sinoviyal membran ve sinoviyal sıvı	17
2.2.2.6 Çiğneme sistemi ligamentleri	18
2.2.2.6.1 Kollateral ligamentler	18
2.2.2.6.2 Kapsüler ligament	19
2.2.2.6.3 Temporomandibuler ligamentler	20
2.2.2.6.4 Aksesuar ligamentler	21
2.2.2.7 Çiğneme sistemi kasları.....	21
2.2.2.7.1 Masseter kas.....	21
2.2.2.7.2 Temporal kas.....	22
2.2.2.7.3 Medial pterigoid kas	23
2.2.2.7.4 Lateral pterigoid kas	23
2.2.3 TME'nin arteriyel beslenmesi, venöz drenajı ve innervasyonu	24
2.2.4 Arka çapraz kapanışın TME üzerine etkileri.....	26
2.2.5 TME'nin görüntülenmesi	28
2.2.5.1 KIBT ile TME ve kraniofasial yapıların görüntülenmesi.....	29
2.3 Fraktal Analiz Yöntemi.....	30
2.3.1 Fraktallar ve fraktal değer	30
2.3.1 Fraktal analiz	32
2.3.3 İnsan fizyolojisi fraktal özellikleri	34
2.3.3.1 Fraktal analiz ile trabeküler kemik yapısının değerlendirilmesi	36
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	39
3.1 Hasta ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması	39
3.2 KIBT Görüntüleme ve Radyografik Değerlendirme	40
3.3 Fraktal Analiz	44
3.4 İstatistiksel İnceleme.....	49
4. BULGULAR	50
5. TARTIŞMA	59

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
7. KAYNAKLAR.....	71
8. EKLER.....	82



TABLÖLAR

Tablo	Sayfa
4.1 Gruplara göre yaşın dağılımı	50
4.2 Gruplara göre cinsiyet dağılımı	51
4.3 Dejeneratif değişimlere ait genel dağılım	51
4.4 Sağ mandibular kondilde, dejeneratif değişikliklerin gruplara göre dağılımı	53
4.5 Sol mandibular kondilde, dejeneratif değişikliklerin gruplara göre dağılımı	53
4.6 Sağ TME bölgesi toplam Muir Goss puanlarının gruplara göre dağılımı	54
4.7 Sol TME bölgesi toplam Muir Goss puanlarının gruplara göre dağılımı	54
4.8 Sağ kondildeki dejeneratif değişimlerin cinsiyet ile ilişkisi ve dağılımı	55
4.9 Sol kondildeki dejeneratif değişimlerin cinsiyet ile ilişkisi ve dağılımı	56
4.10. Tüm hastalara ait sagittal ve koronal kesitlerde ölçülen fraktal boyutun tanımlayıcı değerleri	56
4.11 Gruplara göre sağ ve sol fraktal boyut ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları	58

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1 Oklüzyon tipleri	4
2.2 TME'nin rotasyon ve kayma hareketleri	10
2.3 Temporomandibular eklemin temporal komponentinin lateralden ve inferiordan görünümü	11
2.4 Sagittal kesitte mandibular kondil	12
2.5 Çeşitli kondil şekillerinin radyografik görüntüsü	13
2.6 Sağ mandibular kondilin frontal yönden görünümü	14
2.7 Lateral yönden TME'nin anatomik bileşenleri	15
2.8 Artiküler disk	16
2.9 Lateral görünüm, bilaminar bölge	17
2.10 TME Frontal görünüm	19
2.11 TME lateral görünüm	20
2.12 Temporomandibular Ligament lateral görünüm	21
2.13 Temporal ve Masseter kas lateral görünüm	22
2.14 A) Medial pterygoid kas B) Kasın fonksiyonu: mandibulanın elevasyonu	23
2.15 A) Lateral pterygoid kasın süperior ve inferior başı	24
B) İnferior lateral pterygoidin fonksiyonu: mandibulanın protrüzyonu	
2.16 TME bölgesini besleyen arterler	25
2. 17 Medial görünüm, aurikülotemporal sinir	26

2.18 Çapraz kapanış nöromuskuler bir sendromdur	27
2.19 Bir KIBT sistemi, görüntünün dijital ortama aktarımı	30
2.20 Menger süngeri	31
2.21 Otomatik retinal vasküler analiz, fundus görüntüsü ve damarsallık haritaları	35
2.22 Koch ağacı modeli ve pulmoner dallanma	35
2.23 Trabeküler kemik yapısı	37
3.1 A) KIBT ünitesi modeli B) Örnek hasta konumlandırması	41
3.2 Sağ TME bölgesinin görüntülenmesi, multiplanar mod	42
3.3 TME modu; her iki kondilin uzun eksenine paralel kesitler	42
3.4 Ağız kapalı pozisyonda çekilmiş, lateral kesitler:	43
A) Kemik değişimi yok B) Osteofit C) Erozyon D) Düzleşme	
E) Skleroz F) Artiküler eminensde skleroz	
3.5 Farklı kondil şekillerinin radyografik görüntüleri:	44
A) Kalp şekilli B) yuvarlak C) Düz D) Mediolateral olarak geniş çaplı	
3.6 Koronal kesit üzerinde 25x25 piksel ROI seçimi	45
3.7 Sagittal kesit üzerinde 20x20 piksel ROI seçimi	46
3.8 Seçilen ROI'nin dublide edilmesi	47
3.9 White ve Rudolph yöntemine göre Fraktal analiz basamakları	47
A) Duplike ROI görüntüsü B) Gaussian Blur filtresiyle bulanıklaştırılma	
C) Dublike ROI görüntüsünden bulanıklaştırılan görüntünün çıkartılması	
D) 128 gri tonu ekleme E) Siyah-beyaz görüntüye çevirme F) Erode işlemi	
G) Dilate işlemi H) Renkleri tersine çevirme I) İskeletleştirme	

3.10 Fraktal analizde kutu sayma yöntemi	48
3.11 Değerlerin logaritmik ölçekte çizimi. Doğrunun eğimi fraktal boyutu verir	49
4.1 A) Sağ mandibular kondildeki değişimlerin gruplara göre dağılımı,	52
B) Sol mandibular kondil bölgesindeki değişimlerin gruplara göre dağılımı	



SİMGELER VE KISALTMALAR

3D	Üç Boyutlu (Three Dimensional)
ADÇR	Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi
AE	Artiküler Eminens
BC	Kutu Sayma (Box Counting)
BT	Bilgisayarlı Tomografi
C2	2.Servikal Vertebra (Axis)
DDY	Dudak-Damak Yarığı
DICOM	Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim
EEG	Elektroensefalogram
EKG	Elektrokardiogram
EMG	Elektromiyogram
FB	Fraktal Boyut
FOV	Görüş Alanı (Field of View)
KIBT	Konik Işımlı Bilgisayarlı Tomografi
kVp	Kilovoltage Peak
MDBT	Multidetektör Bilgisayarlı Tomografi
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
ROI	İlgili Bölge (Region of Interest)
SDB	Uykuda Solunum Bozukluğu (Sleep Disordered Breathing)
TM	Talasemi Major
TMB	Temporomandibular Eklem Bozukluğu
TME	Temporomandibular Eklem
VOI	Hacimsel İlgi Alanı (Volume of Interest)

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Mandibulanın temporal kemik ile yaptığı temporomandibular eklem (TME), hem tek düzlemde menteşe hareketi hem de kayma hareketi yapabildiği için ginglimoarthrodial eklem olarak kabul edilir ve vücuttaki en karmaşık eklemlerden biridir. TME, çenenin öne, geriye, yana hareketini ve ağız açmayı sağlayan kompleks bir yapıdır (1). TME hem kemik hem de yumuşak doku bileşenlerini içerir. Eklem kemik yüzeylerini örten artiküler kıkırdak, avasküler ve anevral fibrokartilaj eklem diski, aynı eklemi kaplayan kapsül ve sinovial sıvı eklem yumuşak doku bileşenlerini oluşturur (2). Temporal kemik üzerindeki glenoid fossa ve artiküler eminens ile mandibular kondil TME'nin kemik komponentleridir (1, 3).

TME karmaşık bir eklemdir, normal çiğneme fonksiyonunun korunmasında ve uyumlu çalışmasında çok önemlidir. Diş eksiklikleri, dişlerin çiğneme yüzeylerindeki aşınmalar, erken temaslar, parafonksiyonel alışkanlıklar, arka çapraz kapanış, dişsel ve iskeletsel asimetri TME'yi etkileyerek morfolojisinde değişikliğe sebep olabilir (4). Kondilin normal şekli kişiden kişiye değişiklik gösterir; üst yüzey düz, yuvarlak veya belirgin bir şekilde dışbükey olabilirken, mediolateral kontur genellikle sadece hafif dışbükeydir. Kondilde meydana gelecek şekil değişikliklerini saptamak için normal anatomisinin sınırlarını bilmek önemlidir. Eklem uygulanan kuvvetler normal sınırı aştığında, kıkırdak ve kemik üzerinde dokuların adaptif bir yanıt vermesine yol açar. Bu adaptif tepki, kondilde ve artiküler eminense şekil değişikliğine sebep olabilir. Uygulanan kuvvetlere karşı direnç için spongios kemiğin trabeküllerinin sayısında artış olabileceği gibi tam tersi dejenerasyon da meydana gelebilir (5).

Dişlerin normal kapanış ilişkisi; maksiller dişler daha fasialde konumlandığından, posterior mandibuladaki dişlerin bukkal kaslarının maksiller dişlerin merkezi fossa alanları ile oklüzyona gelmesi şeklindedir ve maksiller lingual kaslar mandibular dişlerin merkezi fossa alanları ile kapanışa gelir. Bu ilişki kas sistemi ve çiğneme fonksiyonu verimliliği için en uygundur. Maksiller ve mandibular dental arklardaki boyut tutarsızlıkları nedeniyle bu ilişki bozulabilir ve maksiller

bukkal kaslar mandibular dişlerin merkezi fossa alanı ile oklüzyona gelebilir. Bu durum arka çapraz kapanış olarak adlandırılır (3).

Arka çapraz kapanış, çiğnemeyi, nöromüsküler koordinasyonu, nöral motor hafızayı, iskelet yapısını, TME ve ilgili yapıları ve tüm stomatognatik sistemi etkiler. Arka çapraz kapanışı olan hastaların yapmış olduğu asimetrik çiğneme fonksiyonunun, gelişmekte olan yapılar üzerinde yadsınamaz bir biyolojik etkisi vardır ve genç yaşlarda başlayıp tedavi edilmediğinde kemikler, TME ve kaslar gibi anatomik yapılarda asimetriye neden olur. Tek taraflı arka çapraz kapanışın kraniyal kemiklerde asimetriye ve şekil değişikliğine yol açtığını, bu hastaların damak kubbelerinin çapraz kapanış tarafında normal tarafa göre daha dar ve az gelişmiş olması örneği ile açıkça görebiliriz. Diğer kafa kemiklerindeki etkileri ve asimetrileri tespit etmek için üç boyutlu (3D) görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç vardır (6).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) gibi 3D görüntüleme yöntemleri, iki boyutlu görüntüleme yöntemlerinin neden olduğu magnifikasyon ve süperpozisyon gibi olumsuz özelliklere sahip olmadığından, kraniofasial kemik yapılarının görüntülenmesi gerektiği durumlarda yaygın olarak kullanılır. KIBT ile oluşturulan sanal sefalometrik görüntüler sayesinde maloklüzyon tanısı konulabilir, bu özellik ortodontistlere sağladığı kolaylık açısından önemlidir. KIBT'nin diğer bir 3D görüntüleme yöntemi olan multidetektör bilgisayarlı tomografiye (MDBT) oranla daha düşük maliyet, daha hızlı edinim ve daha düşük radyasyon gibi avantajları vardır.

TME bölgesi KIBT ile süperpozisyonlar olmadan ayrıntılı olarak görüntülenebilir. Kortikal sınırlar, kondillerin konumu, glenoid fossalar, artiküler eminens ve eklem boşlukları değerlendirilebilir. KIBT görüntüleme kondil düzleşmesi, düzensiz ve / veya kalınlaşmış kortikal kemik sınırları, osteoskleroz, kortikal erozyonlar, osteofit oluşumu, subkondral kistler gibi radyografik progresif değişikliklerin değerlendirilmesi için uygundur (7).

Diş hekimliğinde, alveolar kemikte değişikliklerin belirlenmesi için kullanılan yöntemlerinden biride fraktal boyut analizidir (8). Fraktaller, eğrilerden, çizgilerden, noktalardan ve birbirlerinden bağımsız yüzeylerden oluşan öklit geometrisi ile açıklanamayan karmaşık geometrik şekillerdir (9). Fraktallar üç temel özelliğe sahiptir

bunlar; öz benzerlik, yinelenme ve fraktal boyutlara sahip değildir. İnsan vücudu fraktal olarak tanımlanabilecek karmaşık yapılardan oluşur. Cilt yüzeyimiz, nöronlar, dolaşım sistemi veya retina damarlarımız bunlar daha küçük boyutlarda öz-benzerliğe sahiptirler ve fraktal özellikleri açısından tanımlanabilir yapılardır ve bu sayede çok uzun veya geniş yapılardan oluşmalarına rağmen küçük bir hacimde paketlenmeleri mümkündür. Örneğin; akciğerlerimiz birkaç santimetreküplük alanda tam bir tenis kortu alanına sahiptir (10). Pulmoner dallanma ve trabeküler kemik gibi doğal ve biyolojik fraktalların, sınırlı bir ölçek aralığında istatistiksel olarak benzer özelliklere sahip anizotropik yapılar olduğu kabul edilir. Kemiğin mekanik özellikleri kortikal kemiğin kalınlığına, trabeküler kemiğin yoğunluğuna ve trabeküllerin düzenine bağlıdır. Kemik yapısı olarak adlandırılan trabeküllerin düzenlenmesi, gözeneklilik, kalınlık ve anizotropi ile karakterize edilir. Fraktal analiz, fraktal yapı karmaşıklığını tanımlamak için kullanılan bir yöntemdir ve sayısal olarak fraktal boyut (FB) olarak ifade edilir (9). Radyografilerden ölçülen fraktal değerlerin trabeküler kemik mikro yapısının yorumlanmasında kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur (11-15). Daha yüksek fraktal boyutlar daha yoğun ve daha az gözenekli trabekül içeren karmaşık kemik yapısını temsil eder (9). TME kemik elemanlarındaki mekanik ve işlevsel koşullara bağlı dejeneratif değişiklikleri radyografide gözle değerlendirmek her zaman mümkün değildir. Fraktal boyutlardaki ölçümler ile bu engeli aşmak mümkün olabilir.

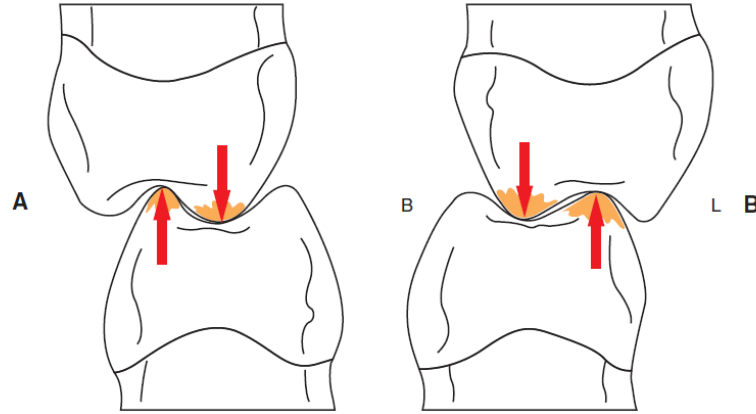
Bu çalışmanın amacı arka çapraz kapanışı olan hastalarda TME bölgesindeki kemik elemanların değişimlerinin KIBT kullanılarak incelenmesi ve mandibular kondildeki trabeküler yapının fraktal analiz yöntemi ile değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Transversal Yön Anomalileri

2.1.1. Çapraz kapanış tanımı ve sınıflandırılması

Dişlerin transvers yöndeki bukkolingual olarak normal olmayan konumlanmalarını ifade etmek için çapraz kapanış terimi kullanılır. Maksiller molar ve premolar dişlerin bukkal tüberküllerinin mandibular molar ve premolar dişlerin lingual tüberkülleriyle teması arka çapraz kapanış olarak tanımlanmıştır (16). Arka çapraz kapanış tek taraflı veya çift taraflı olabilir. Bir veya daha fazla posterior maksiller dişin, diş arkının sadece tek tarafına karşılık gelen antagonist mandibular dişten (veya dişlerden) daha fazla palatinal pozisyona sahip olduğu bir maloklüzyon tek taraflı posterior çapraz kapanış olarak tanımlanabilirken, diş arkının her iki tarafında görülen bu uyumsuzluk çift taraflı arka çapraz kapanış olarak ifade edilir (6, 17). Arka çapraz kapanışın iskeletsel, dişsel veya fonksiyonel olup olmadığını belirlemek için ayırıcı tanı yapılmalıdır (18).



Şekil.2.1 Oklüzyon tipleri: A) Maksiller ve mandibular dişlerin transvers yönde normal kapanış ilişkisi; B) Posterior çapraz kapanış (3).

2.1.1.1. İskeletsel arka çapraz kapanış

İskeletsel çapraz kapanışlar kraniofasiyal yapılarda bir uyumsuzluk sonucunda meydana gelirler. En sık görülme sebebi tek veya çift taraflı maksiller darlık mevcudiyetidir. Maksiller alveol kemiğin yetersiz olması sonucu maksiller dişler antagonistlerine göre normal konumlarını alamazlar (19). Arka çapraz kapanışların etiyolojisinde en sık neden maksiller darlık olsa da; dar üst çene-normal alt çene, normal üst çene-geniş alt çene, dar üst çene-geniş alt çene şeklinde belirtilen kombinasyonlar sonucunda görülebileceği belirtilmiştir (20).

2.1.1.2. Dişsel arka çapraz kapanış

İskeletsel yapıda anormal oranlar olmaksızın maksillada bir veya bir grup dişin palatinalde konumlanması ile görülen duruma dişsel çapraz kapanış denilir. Bu durumdan bazal kemigin boyutu ve şekli etkilenmez (19, 20). Dişsel çapraz kapanışın etiyolojisinde çapraşıklık, süt dişlerinin normalden uzun süre ağızda kalması veya erken çekimi sonrası daimi dişlerin daha palatinalde konumlanması, süt dişlerindeki erken temaslar gibi lokal faktörler vardır (21).

2.1.1.3. Fonksiyonel arka çapraz kapanış

Çenelerin istirahat halinde iken transvers yöndeki konumları normaldir fakat üst çenedeki darlık nedeniyle dişler kapanışa gelirken maksiller ve mandibular diş kasları arasında erken temaslar olur, normal oklüzyona gelemmezler, bunun sonucunda alt çene laterale kayarak oturur (20, 22, 23). Arka çapraz kapanışın fonksiyonel mi yoksa iskeletsel mi olduğunun ayırıcı tanısı bu şekilde yapılır (24). Fonksiyonel çapraz kapanış süt ve karma dişlenme döneminde daha sık görülür çünkü bu dönemde erken temaslar gibi etiyolojik faktörler daha fazladır (25).

Fonksiyonel çapraz kapanışı olan genç hastalarda alt çenenin laterale kayarak kapanması sonucunda dengeleyen tarafın kondili glenoid fossada normal konumunu alamaz ve eklem boşluğunda artma gözlenir bu da TME’de fonksiyonel sorunlara yol açar, ayrıca mandibuler ramus ve kondilde iskeletsel asimetriye neden olur (25, 26).

Ayrıca erken dönemde tedavi edilmeyen fonksiyonel çapraz kapanış iskeletsel kaidelerde kalıcı morfolojik değişimlere ve asimetriye neden olur (20, 23).

2.1.2. Çapraz kapanış görülme sıklığı

Literatürde arka çapraz kapanış prevalansının %8 ile %22 arasında değiştiği bildirilmektedir (6). Ortodontik tedavi gerektiren 6 ila 16 yaş arasındaki maloklüzyonlu 5300 hasta üzerinde yapılan çalışmada %19 oranında çapraz kapanışlı hastaya rastlanmıştır. Bu çapraz kapanışlı hastaların dağılımı şu şekilde bulundu; tek taraflı arka çapraz kapanış %49'unda, çift taraflı arka çapraz kapanış %16'sında, tek taraflı sadece ön çapraz kapanış % 17'sinde, tek taraflı ön ve arka çapraz kapanış % 15'inde , çift taraflı ön ve arka çapraz kapanış %2'sinde (27). Süt ve karma dişlenme döneminde yaygın olarak tek taraflı arka çapraz kapanış görülmektedir bunun nedeni fonksiyonel çapraz kapanışın bu dönemde yaygın olmasıdır (6). Anadolu popülasyonunda, Konya'da yapılan bir çalışma 6-19 yaşları arasında 965 çocuk incelenmiş %9,5 oranında arka çapraz kapanış, %5,4 oranında ön çapraz kapanış tesbit edilmiştir. Bu arka çapraz kapanışı olan hastaların %68,13'ü tek taraflı arka çapraz kapanışa, %31,87'si de çift taraflı arka çapraz kapanışa sahip bulundu (28).

2.1.3. Çapraz kapanışın tanısı

Hastadan detaylı anamnez alınır ve travma öyküsü, parmak emme, uzun süre emzik kullanımı gibi alışkanlıkların varlığı kaydedilir. Hastanın ekstraoral muayenesinde frontal cepheden bakılarak asimetri varlığı incelenmelidir. Hastanın yaşı ve asimetri varlığı çapraz kapanış teşhisinde önemli role sahiptir (6).

İstirahat konumunda mandibulanın orta hatta normal simetrik konumundayken kapanışta laterale kayarak kapanıyor olması problemin fonksiyonel olduğunu gösterir. Hastaya yavaşça ağzını açması söylenir, maksilla ve mandibulanın orta hatları incelenir. Ağız kapalıyken orta hatlar aynı doğrultuda değilken ağız açıldığında aynı doğrultuya geliyorsa fonksiyonel kayma olduğu düşünülür. Hastanın süt ve karma dişlenme döneminde olması bu düşüncüyü pekiştirir çünkü bu dönemde fonksiyonel çapraz kapanışa neden olacak erken temaslar görülür (16, 29-31).

Çapraz kapanışın iskeletsel olduğunu anlamak için ekstraoral radyografiler ve alçı modeller üzerinde çeşitli ölçümler yapılır. Üst ve alt çenede asimetri varlığını değerlendirmek için postero-anterior ve submento-verteks radyografilerden yararlanılabilir (16, 32-34).

Asimetri değerlendirmek amacıyla KIBT gibi üç boyutlu görüntüleme yöntemleri de kullanılabilir (35-37). Alçı modeller üzerinde transvers ölçümler yapılması ve Howes model analizi iskeletsel yapıların transvers yöndeki genişliğinin yeterliliğini değerlendirmede kullanılabilir (20, 21).

Dişsel ve iskeletsel çapraz kapanışın ayırıcı tanısında dişlerin oklüzyonu ve primer kontakt varlığı değerlendirilir. Maksiller posterior dişlerin bukkale, mandibular posterior dişlerin linguale kron eğilimi olup olmaması önemli bir bilgidir (16, 38).

Ayrıca maksiller darlık, derin damak, transvers yönde eğimli dentoalveolar yapılar, dişlerde çapraşıklık görülmesi, gülme esnasında bukkal koridorun daha büyük olması çapraz kapanış ile birlikte sıkça görülen durumlardır (21).

2.1.4. Çapraz kapanışın etyolojisi

Çapraz kapanış gelişiminde pek çok neden vardır, kalıtsal faktörler, çevresel faktörler ve fonksiyonel değişimler ve bunların kombinasyonları sonucu çapraz kapanış maloklüzyonu gelişebilir (6, 16).

Maksillanın hipoplazisi, mandibulanın prognatisi gibi kalıtsal faktörler transvers yönde uyumsuzlukla sonuçlanır ve bunun sonucu çapraz kapanış görülebilir (6, 20).

Fonksiyonel değişimler içerisinde de ağız solunumu, normal olmayan çiğneme paterni ve yutkunma alışkanlığının yanı sıra parmak emme, emzik ve biberonun uzun süre kullanımı gibi kötü alışkanlıklar yer alır (39). Ağız solunumu yapanlarda dar hava yolunu genişletmek için dil inferiorda pozisyonlanır, bukkal bölgeye etkili olan kasların kuvvet dengesi bozulur bunun sonucunda çapraz kapanış gelişebilir (6, 40). Hipertrofik tonsiller, adenoidler, nazal tıkanıklık ve alerjik rinit varlığı hastanın ağız solunumu yapmasına neden olabileceğinden dolayı olarak çapraz kapanışa yol açabilir (20, 41).

Dudak-damak yarıkları (DDY), distrofik değişimler, metabolizma bozuklukları, enfeksiyon, travma ve konjenital değişimler maksillanın büyüme ve gelişimini yavaşlatabilecek ve maksiller hipoplaziye neden olabilecek patolojilerdir (6, 21, 32, 40).

Mandibular kondilde hipoplazi veya hiperplazi olması, TME bölgesinde travma, ankiloz, romatoid artrit gibi patolojiler asimetrilere neden olabilir (6).

Dişlerin agenezi, süt dişlerinin erken çekimi gibi çevresel faktörler maksillanın fonksiyonel matriksini etkileyerek maksiller darlığa neden olabilir. Ayrıca erken temaslar ve dişlerdeki çapraşıklık da çapraz kapanışa sebep olan çevresel faktörlerdendir (16, 20, 21).

2.1.5 Maksiller darlık ve arka çapraz kapanış ilişkisi

Maksiller darlık ve çapraz kapanış sıklıkla birlikte görülür çünkü maksiller darlık yüzünden çeneler kapanışta birbirleri ile uyumlu transvers ilişki kuramayabilirler. Maksillada tek veya çift taraflı darlık görülmesi iskeletsel arka çapraz kapanışa veya fonksiyonel çapraz kapanışa neden olabilir (19, 22). Ağız solunumu yapan bireylerde dil daha inferiorda ve anteriorda yer alır, maksiller dişleri palatinalden destekleyemez bukkal bölgeden gelen kuvvetler dengelenemez bunun sonucunda maksiller darlık ve arka çapraz kapanış birlikte görülür (22).

Maksiller darlık olan bazı bireylerde maksiller posterior dişler bukkal yöne, mandibular posterior dişler lingual yöne eğimlenerek maksiller darlığı kompanze etmeye çalışırlar ve bu durumda arka çapraz kapanış görülmeyebilir (42).

2.1.6 Maksiller darlık

Maksiller darlık, maksillanın transvers yöndeki genişliğinin mandibulaya göre yetersiz olmasıdır. Bu durum maksillanın posterior dentoalveolar segmentler ile birlikte hipoplazik olarak görülmesi ile ortaya çıkabileceği gibi maksillanın kafa kaidesi için normal boyutlarda olmasına rağmen mandibulanın hiperplazisi sonucunda da görülebilir (42). Asimetrik yüz, V harfi şeklinde dar ve derin damak, maksillada çapraşık dişler ve gülümsemede geniş bukkal koridor klinik bulgularıdır (21).

2.1.6.1 Maksiller darlığın etiyoloji

Maksiller darlığın ortaya çıkma sebepleri genetik, çevresel ve bunların kombinasyonu sonucu olabilir (42, 43).

2.1.6.1.1 Genetik etki

Orofasiyal yapıların gelişimde genetik çok önemli bir role sahiptir. Irksal çeşitlilik görülen gruplarda maloklüzyon görülme sıklığı, homojen ırk gruplarına oranla daha fazla bulunmuştur (20).

Ayrıca bazı genetik olarak aktarılan sendromlar maksiller darlığa sebep olabilir. Örneğin Marfan sendromu otozomal dominant bağ dokusu defektidir ve kraniofasiyal belirtileri arasında dolikosefali, retrognati, derin damak, dar maksilla ve Sınıf II maloklüzyon bulunur (18).

2.1.6.1.2 Çevresel etki

Çevresel faktörler de maksiller darlığın nedeni olabilir. Ağız solunumu, hayvan çalışmalarında da bildirildiği gibi arka çapraz kapanışa ve maksiller darlığa neden olabilir (18). Şiddetli alerjisi veya solunum problemi olan hastalarda daralmış, “V” harfi şeklinde maksiller ark görülür (44).

Uykuda solunum bozukluğunun (SDB) dar maksilla ve geniş mandibula şeklinde spesifik kraniofasiyal klinik bulguları olduğu pek çok çalışmada gösterilmiştir (39, 45).

Kas distrofisinde, bazı serebral palsy formlarında ve çeşitli kas zayıflığı sendromlarında tonik kas aktivitesinde büyük bir azalma görülür bunun sonucunda, mandibula ve yüz iskeleti normalden daha aşağıda konumlanır, ön yüz yüksekliği artar, yüz oranları ve mandibular form bozulur ve maksiller ark daralır (21).

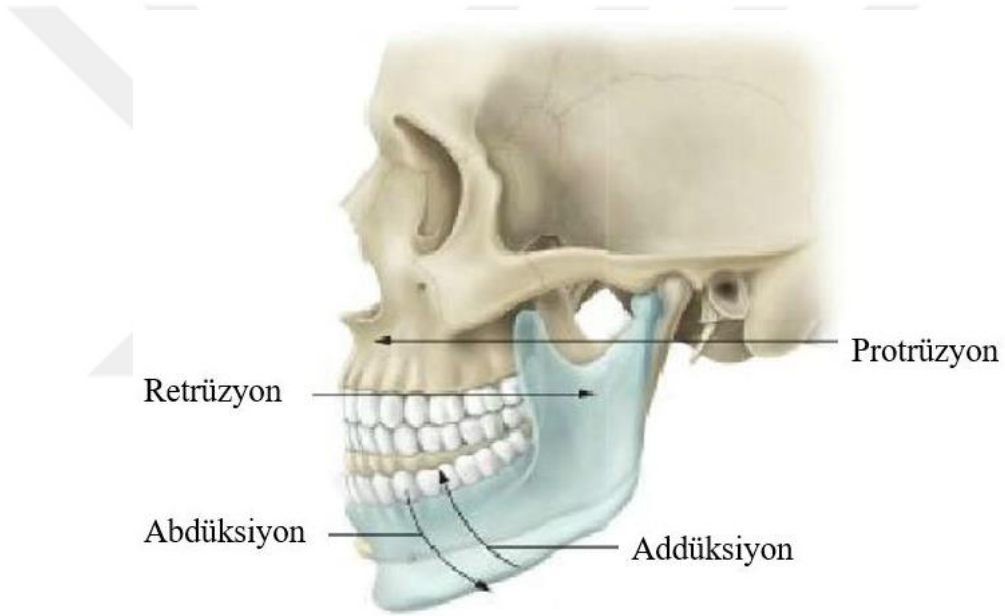
Parmak emme gibi kötü alışkanlıklar da maksiller darlığa sebep olan çevresel faktörlerdendir. Emilen parmak, kolun ağırlığı nedeniyle, maksiller anterior bölgeye ileri ve hafif yukarı doğru baskı uygulama eğilimindedir ve mandibular anterior bölgeye geriye ve aşağı doğru basınç uygular. Bu yüzden parmak emme alışkanlığı artan overjet ve dar maksiller ark ile ilişkilidir (39).

Emzikler mandibular arkı genişletme ve maksiller arkı daraltma eğilimindedir ve arka çapraz kapanışa sebep olurlar (39).

2.2 TME

TME, temporal kemiğin glenoid fossası ile mandibular kemiğin kondili arasında yer alan, çiğneme, yutkunma ve fonasyonu sağlayan, hareketli mandibular kemiğin kafa kaidesi ile bağlantısını yapan insan vücudundaki en karmaşık eklemlerden biridir (3). TME'yi eşsiz yapan insan vücudundaki diğer eklemlerden farklı bazı özellikleri vardır.

TME hem rotasyon, hem kayma hareketi yapabildiği için bir ginglimo-artroidal eklemdir (46).



Şekil 2.2 TME'nin rotasyon ve kayma hareketleri (47).

Kafa kaidesi ile çift taraflı bağlantı yapar. Sağ ve sol eklem bölgesi hem ayrı bir eklem olarak bağımsızdır hem de birbiriyle uyumlu çalışmak zorundadır ve bir tarafı etkileyen herhangi bir faktörden diğer eklem bölgesi de etkilenir (48).

Bir eklem hareketi, o eklem elemanı olan ligamentler tarafından sınırlandırılır. TME'nin hareketlerini, ligamentlerin yanı sıra alt ve üst dişlerin kapanışa gelmesi de sınırlar (48).

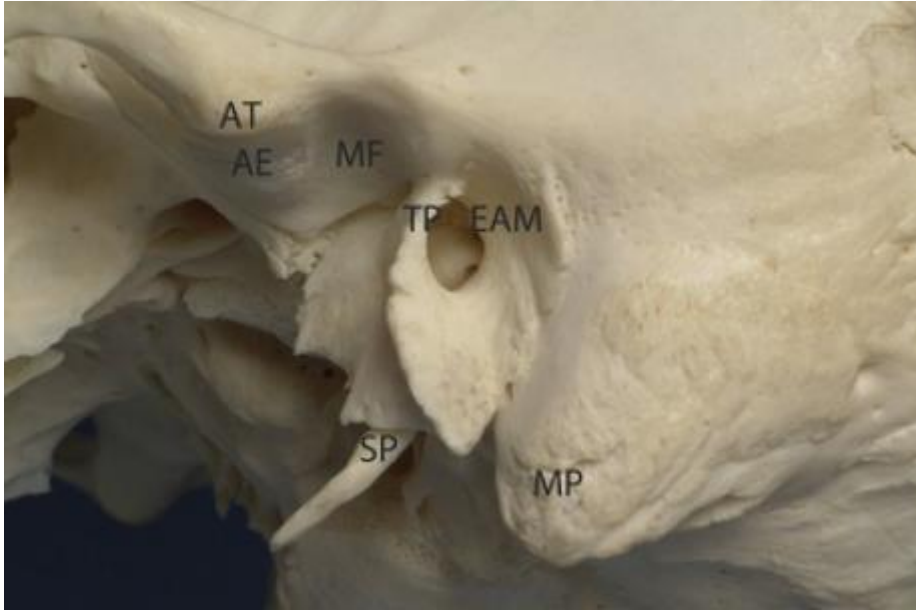
Sinovyal eklemler hiyalin kıkırdak ile sarıdır fakat TME sinovial bir eklem olmasına rağmen eklem yüzeyleri arasında fibröz bağ dokusundan oluşan artiküler disk vardır. Bu sayede eklem yenilenme yeteneği daha fazladır (44).

TME'nin yapısal elemanlarının anatomisini ve fizyolojisini bilmek, patolojik değişimlerin etkisinin anlaşılması açısından önemlidir (49).

2.2.1 TME'nin kemik yapı elemanları

2.2.1.1 Temporal kemik birimleri

TME'nin temporal kemiğe bağlantısı, temporal kemiğin skuamöz kısmındadır. TME'nin skuamöz kısım ile ilişkisi anteriorda artiküler eminens ile, orta kısımda glenoid fossayla, posteriora postglenoid tüberkül ve timpanik tabaka ile meydana gelir.

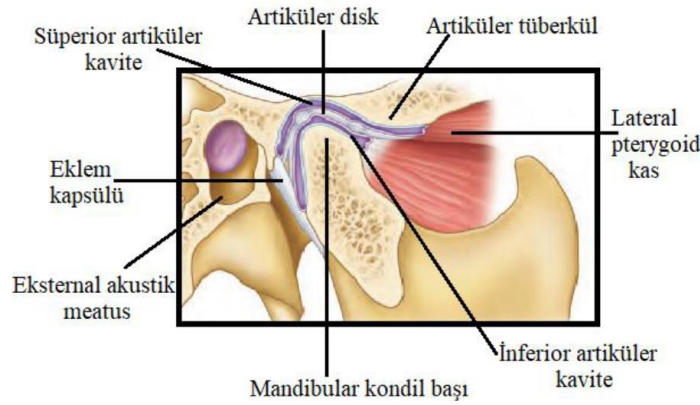


Şekil 2.3 Temporomandibular eklem temporal komponentinin lateral ve inferior görünümü. AT: Artiküler tüberkül; AE: Artiküler eminens; MF: Mandibular fossa; TP: Timpanik plaka; EAM: Eksternal akustik meatus; SP: Stiloid proçes MP: Mastoid proçes (5).

2.2.1.2 Glenoid fossa ve artiküler eminens

Artiküler eminens (AE) zigomatik proçesin tabanında yer alan kemik çıkıntısıdır. Glenoid fossanın anterior duvarını oluşturur. Eklem kapsülü ve lateral temporomandibular ligament, AE'in lateralinde yer alan artiküler tüberkül ile bağlantı yapar.

Glenoid fossa, mandibuler kondillerin lokalize olduğu oval, konkav alandır. Glenoid fossa ile kondil birbirleriyle kusursuz top ve soket şeklinde bağlantı yapmasalar da şekilleri birbirleriyle uyumludur. Kondil ve mandibular fossa ince bir fibrokartilaj tabakası ile kaplıdır (49).



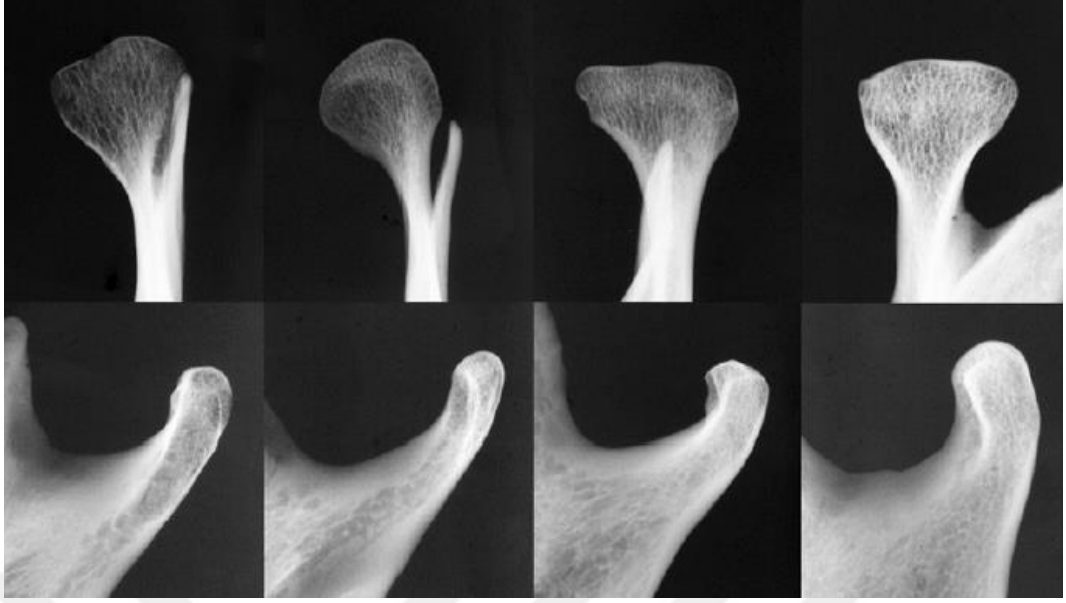
Şekil 2.4 Sagittal kesitte mandibular kondil (50).

2.2.1.3 Mandibular kondil

Kondil, dar bir boyun yoluyla mandibular ramustan süperiora uzanan elipsoid şekilde bir kemik eklentisidir. Mandibular kondil mediolateral olarak yaklaşık 20 mm genişliğinde ve antero-posterior yönde 8 ila 10 mm boyutundadır (5).

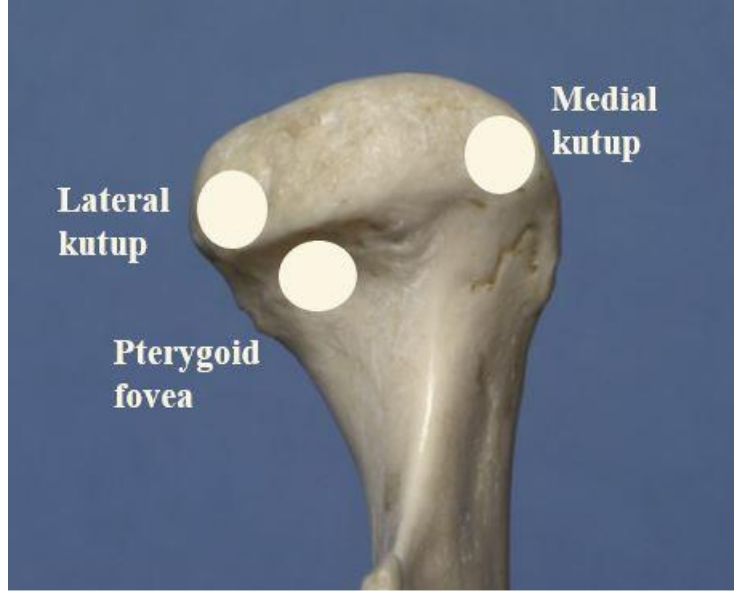
Kondilin şekli önemli ölçüde değişiklik gösterir; üst yüzey düz, yuvarlak veya belirgin bir şekilde dışbükey olabilirken mediolateral kontur genellikle sadece hafif dışbükeydir.

Şekildeki bu farklılıklar radyografik yorumlamada zorluklara neden olabilir, bu yüzden normal görünüm aralığının anlaşılması çok önemlidir (5).



Şekil 2.5 Çeşitli kondil şekillerinin radyografik görüntüsü. Üst sıra; soldan sağa sırasıyla kalp şekilli, yuvarlak, düz ve mediolateral olarak geniş çaplı kondil şekillerinin koronal görüntüsü. Alt sıra; aynı kondillerin sagittal görüntüsü (5).

Kondillerin çoğunda, ön yüzeyde mediolateral uzanan ve artikülasyon alanının antero-inferiorunda belirgin bir sırt vardır. Bu sırt, pterygoid fovea'nın üst sınırındır, lateral pterygoid kasın üst başının insersiyon yeridir, kondil ve kondil boyununun birleşiminde ön yüzeyde küçük bir depresyon alanıdır. Bu bölge, dejeneratif eklem hastalığının bir işareti olan osteofit ile karıştırılmamalıdır. Koronal açıdan kondilin her iki yanında medial ve lateral kutuplar vardır ve lateral kutup medialden daha dardır (51). Lateral kutup ciltten ortalama 1–1,5 cm derindedir ve bu bölge palpe edilebilir.



Şekil 2.6 Sağ mandibular kondilin frontal yönden görünümü (5).

Mandibular kondilin üst ve ön yüzeyleri ekleme katılır, arka yüzey şekli daha düzdür ve ekleme katılmaz (52). Mandibular kondilin patolojik değişimleri ilk olarak kondilin anterosuperior yüzeyinde ve artiküler eminensin posterior eğiminde meydana gelir.

Eklemin lateral yüzeyleri de erken aşamalarda etkilenebilir ve patolojik durum ilerledikçe merkezi ve medial yüzeyler dahil olur (5).

2.2.2 Temporomandibular eklemin yumuşak doku elemanları

2.2.2.1 Artiküler kıkırdak

Temporomandibular ekleme katılan, mandibular kondil, glenoid fossa ve artiküler eminens yüzeyleri hyalin kıkırdak yerine avasküler fibröz bağ dokusu ile kaplıdır (49). Fibröz kıkırdak sayesinde kuvvet dağılımı daha dengelidir ayrıca fibröz kıkırdağın yenilenme yeteneği daha fazladır (46). Avasküler kıkırdak, sinovial sıvıdan beslenir.

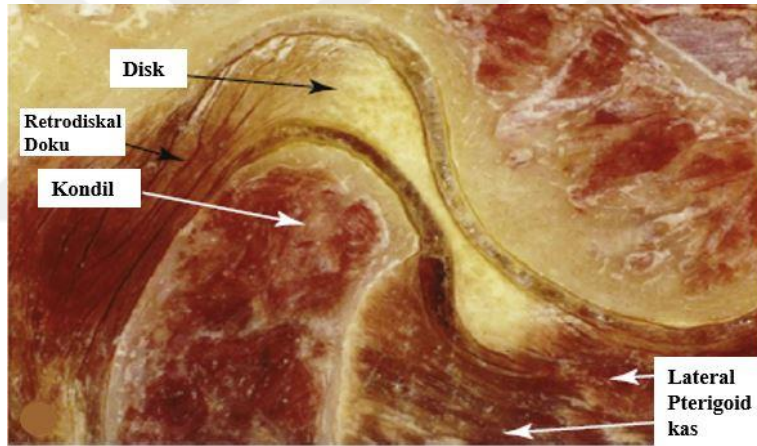
2.2.2.2 Artiküler disk

Temporal kemiğin skuamöz kısmı ile mandibula kondil arasında bulunan, yoğun lifli bağ dokusundan oluşan plaktır.

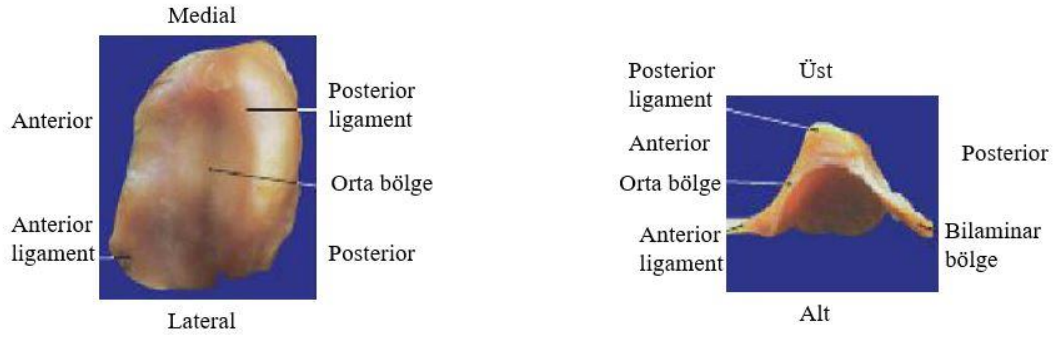
Diskin orta kısmı avasküler ve anevral olmakla birlikte, yükün asgari düzeyde olduğu periferik bölgelerde vasküler ve innervedir. Ana yükü karşılayan bölümü lateral yöndedir; bu kısımlar potansiyel perforasyon alanıdır (49).

Artiküler disk medial ve lateralde güçlü kollateral bağlar ile kondile tutturulur. Artiküler disk anteriorda artiküler kapsüle ve lateral pterigoid kasın üst başına bağlıdır ancak kondile bağlı değildir bu sayede disk, kondilin üzerinde antero-posterior yönde rotasyon hareketi yapabilir. Posterior yönde disk, kapsülle karışan bilaminar bölge ile komşudur (49, 53).

Artiküler disk üç banda ayrılır. Anterior bant ağız kapalı iken kondilin hemen önünde yer alır. Orta bant artiküler eminens boyunca lokalize olur ve diskin en ince kısmıdır. Posterior bant ağız kapalı konumda iken diskin en süperiorda konumlanan kalın kısmıdır (49).



Şekil 2.7 Lateral yönden TME'nin anatomik bileşenleri (54).



Şekil 2.8 Artiküler disk (47).

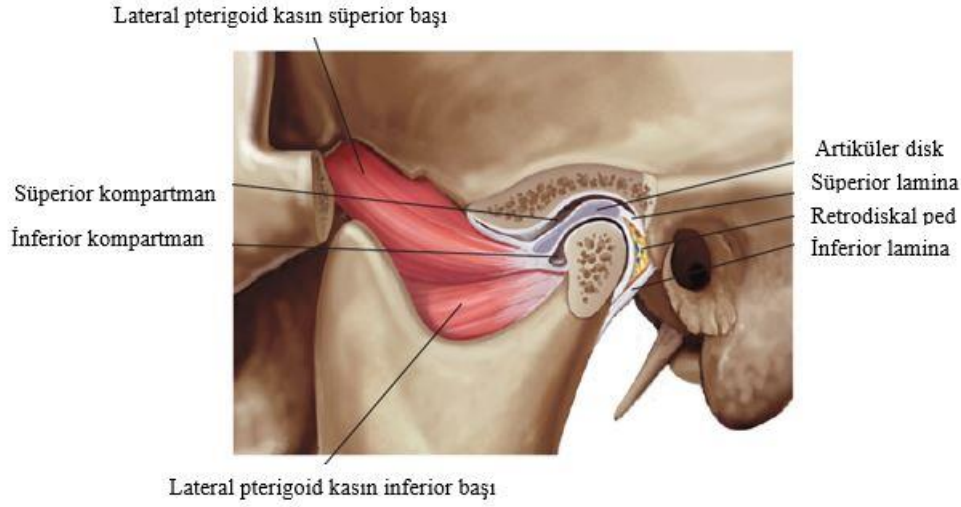
2.2.2.3 Artiküler boşluklar (bilaminer bölge)

Bilaminar bölge, eklem diski bağlantı kompleksinin arka tarafında yer alır.

Süperior lamina; elastik lifler içerir ve diskin posterior bandının süperiorunu postglenoid tüberkül ile timpanik plakadaki kapsüle ve kemiğe bağlar.

Retrodiskal ped, TME'nin kollagen, elastik lifler, yağ, sinirler ve kan damarlarından oluşan kısmıdır. Kondil öne doğru hareket ettiğinde büyük bir venöz pleksus kanla dolar. Bu vaskülarizasyondan zengin bölge, tüm artiküler diski besler (53).

İnferior lamina, esas olarak kollajen lifleri içerir ve diskin posterior bandının inferiorunu kondile bağlar (49).



Şekil 2.9 Lateral görünüm, bilaminar bölge (49).

2.2.2.4 Artiküler kapsül

Lifli bağ dokusundan oluşur ve temporal kemiğin ve mandibular kondilin eklem yüzeyini tamamen kaplar. Bağlar tarafından medial ve lateral yönlerde güçlendirilmiştir, anterior ve posteriorda daha gevşek yapıdadır (49, 52).

Son derece vasküler bir sinovyal zar ile kaplanmıştır ve nosiseptörler dahil çeşitli duyu reseptörlerine sahiptir.

Süperiorda temporal eklem yüzeylerinin kenarlarıyla , inferiorda kondil boynu ile, medialde medial kollateral ligament ile, lateralde lateral kollateral ligament ile ve posteriorda retrodiskal ped ile bağlantı yapar (49).

2.2.2.5 Sinoviyal membran ve sinoviyal sıvı

TME de temporal kemik ve mandibular kondilin bağlantı bölgesini saran sinovial membran, eklem boşluğundan diğer yapıları ayırır.

Sinoviyal membran, vaskülarizasyon ve innervasyon açısından zengin, ince bir bağ dokusudur. Sinovial sıvı ise sinovial membranın salgıladığı, eklem kolay hareket etmesini sağlayan kayganlaştırıcı bir sıvıdır ve sinovial sıvı sayesinde eklem diski

fizyolojik hareketler esnasındaki sürtünmeden oluşabilecek zararlı etkilerden korunur (55).

Ayrıca dokuların beslenmesi ve atık maddelerin dış ortama iletimi sinovial membranın görevlerindendir (56).

Sinovial membranın kapiller endoteli; protein gibi büyük moleküllerin geçişinde görev yapar. Sinoviyal boşluk, küçük hidrofilik moleküllerin geçişinde görevlidir. Bu ikili, molekül geçişinin kontrolünü sağlar (57).

Eklem boşluğu çok küçük bir alandır ve sağlıklı bir TME’de yaklaşık olarak 2 ml sinovial sıvı bulunur. Sinovial sıvı içerisindeki hyalüronik asit, sıvının yoğunluğunu artırır ve sürtünmeyi azaltmaya yardımcı olur (55-57) .

2.2.2.6 Çiğneme sistemi ligamentleri

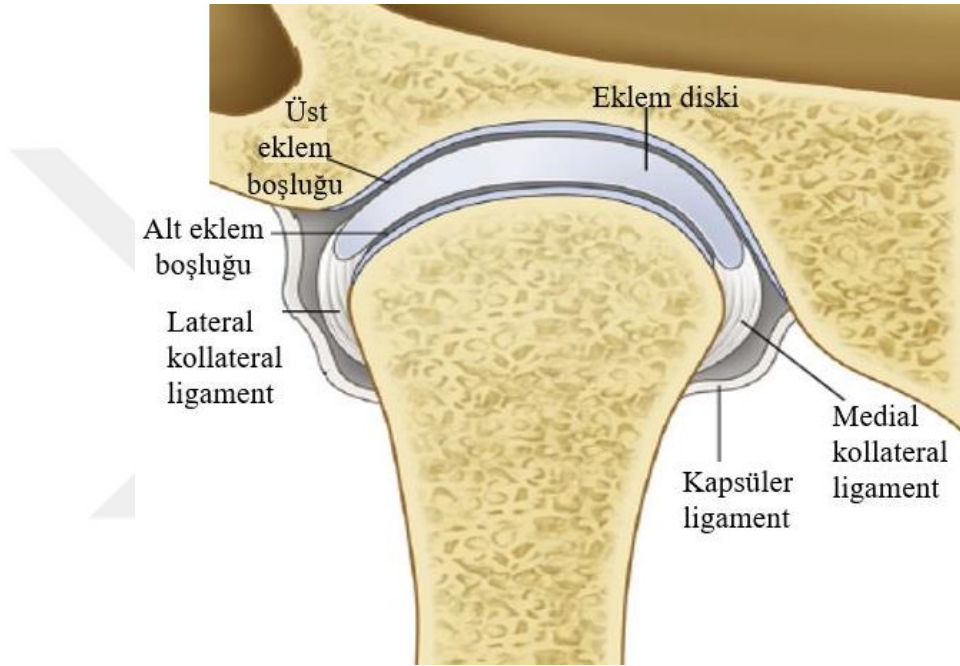
Her eklem sisteminde olduğu gibi, ligamentler, yapıların korunmasında önemli bir rol oynar. Ligamentler, belirli uzunluklara sahip kollajenöz bağ dokusu liflerinden oluşur. Ligamentler esnemezler fakat, bir ligamente aniden veya uzun bir süre boyunca aşırı kuvvetlerin uygulanması, ligamentin uzamasına yol açar ve ligamentin işlevi tehlikeye girer.

Ligamentler aktif olarak eklem fonksiyonuna katılmazlar, bunun yerine sınır hareketlerini sınırlamak için görevlidirler. TME’nin üç fonksiyonel ligamenti vardır; kollateral ligamentler, kapsüler ligament ve temporomandibular ligament. Bunların dışında sfenomandibular ve stilomandibular olmak üzere iki aksesuar ligamenti bulunur (3).

2.2.2.6.1 Kollateral ligamentler

Kollateral ligamentler eklem diskinin medial ve lateral sınırlarını kondil kutuplarına bağlar. Medial diskal ligament, diskin medial kenarını kondilin medial kutbuna bağlar, lateral diskal ligament, diskin lateral kenarını kondilin lateral kutbuna bağlar. Bu ligamentler eklemin mediolateral olarak üst ve alt eklem boşluklarına bölünmesinden sorumludur. Kollateral ligamentler, kolajen bağ dokusu liflerinden

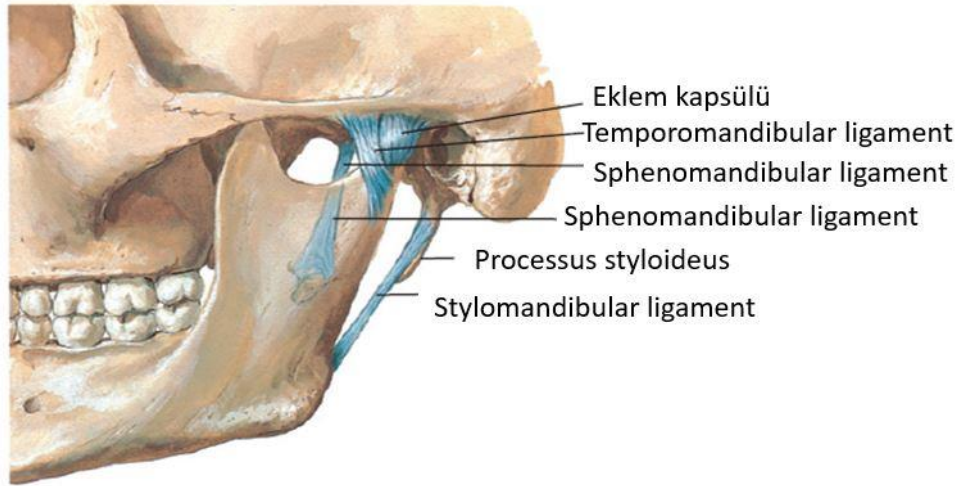
oluşan gerçek ligamentlerdir; bu nedenle gerilmezler. Diskin kondilden uzak hareketini kısıtlama işlevi görürler. Başka bir deyişle, diskin öne ve arkaya doğru kayarken kondil ile pasif olarak hareket etmesine izin verirler. Kondil ve eklem diski arasında meydana gelen TME'nin menteşe hareketinden sorumludur. Kollateral ligamentler vaskülerizedir ve innerve edilir. Ligamentin innervasyonu ortak pozisyon ve hareket hakkında bilgi sağlar. Bu bağlar üzerindeki gerginlik ağrıya neden olur.



Şekil 2.10 TME frontal görünüm (3).

2.2.2.6.2 Kapsüler ligament

Tüm TME kapsüler ligament ile çevrilidir. Kapsüler ligamentin lifleri, süperiorda mandibular fossanın eklem yüzeylerinin ve artiküler eminensin sınırları boyunca temporal kemiğe bağlanır. İnferiorda ise, kondil boynuna bağlanır. Kapsüler ligament, eklem yüzeylerinin dislokasyonuna neden olabilecek herhangi bir medial, lateral veya inferior kuvvete karşı koyma görevi görür. Kapsüler ligamentin önemli bir fonksiyonu eklemi kuşatmak ve sinovyal sıvıyı içerde tutmaktır. Kapsüler ligament innervasyondan zengindir, eklemin pozisyonu ve hareketi hakkında propriyoseptif geri bildirim sağlar (3, 55).

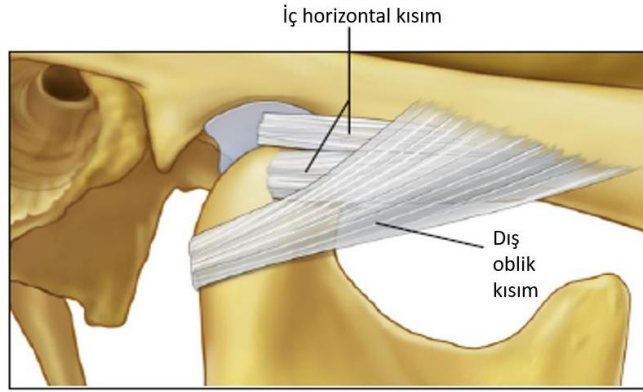


Şekil 2.11 TME lateral görünüm (49).

2.2.2.6.3 Temporomandibuler ligamentler

Temporomandibular (TM) ligament iki kısımdan oluşur, oblik olan dış kısım ve horizontal olan iç kısım. Dış kısım, artiküler tüberkülün dış yüzeyinden ve zigomatik proçesten sonra, kondil boyununun dış yüzeyine uzanır. İç kısım ise, artiküler tüberkülün dış yüzeyinden ve zigomatik proçesten yatay olarak kondil lateral kutbuna ve daha sonra eklem diskinin arka kısmına uzanır. TM ligamentinin dış oblik kısmı, kondilin aşırı anteriora hareketine karşı direnç gösterir, bu nedenle ağız açıklığı mesafesini sınırlar.

TM ligamentinin iç horizontal kısmı, kondil ve diskin arka hareketini sınırlar. Mandibulaya uygulanan kuvvet kondilleri posteriora yer değiştirdiğinde, ligamentin bu kısmı sıkışır ve kondilin mandibular fossanın posterior bölgesine hareket etmesini önler. TM ligament bu nedenle retrodiskal dokuları travmadan korur (3, 49).



Şekil 2.12 Temporomandibular Ligament lateral görünüm (3).

2.2.2.6.4 Aksesuar ligamentler

Sfenomandibular ligament, TME'nin iki aksesuar ligamentinden biridir. Sfenoid spin ile mandibula ramusunun medial yüzeyinde küçük bir kemik çıkıntısı olan lingula mandibula arasında uzanır. Mandibular hareket üzerinde önemli bir sınırlayıcı etkisi yoktur.

Diğer aksesuar ligament stylomandibular ligamenttir. Stiloid proçesten başlar ve angulus mandibulanın dış kenarı ile ramus mandibula arasında uzanır. Mandibula protrüzyon yaptığında gerginleşir. Bu nedenle stylomandibular ligament, mandibulanın protrüzyon hareketini sınırlar.

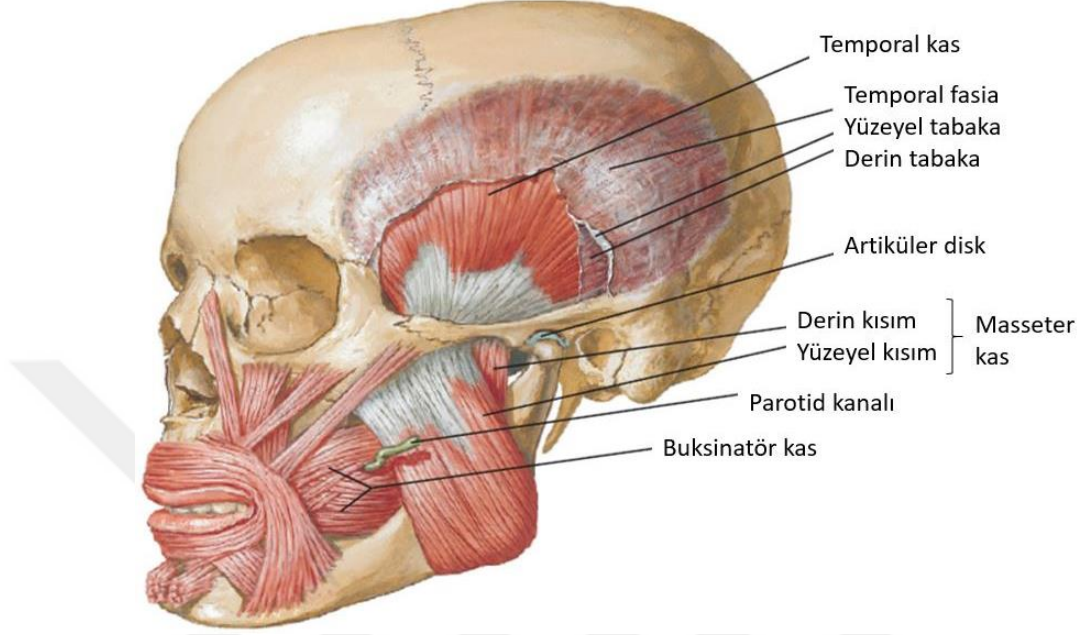
2.2.2.7 Çiğneme sistemi kasları

Çiğneme, yiyecekleri yutma ve sindirime hazırlanma işlemidir. Tüm çiğneme kasları kafa kaidesinden başlar ve mandibulada sonlanır. Tüm çiğneme kasları trigeminal sinirin mandibular dalı ile innerve edilir. Ağız açma, kapama, mandibulanın öne ve geriye hareketi ve yana kayma hareketinden sorumludurlar.

2.2.2.7.1 Masseter kas

Masseter kasın yüzeysel başının orjini zigomatik arkın alt kenarının 2/3 anterioru, insersiyon alanı mandibula ramusun inferior ve lateral yüzeyidir. Derin başı ise zigomatik arkın alt kenarının 1/3 posteriorundan başlar, mandibulanın koronoid

proçesinde sonlanır. Ağız kapama yani mandibulanın elevasyonunda görevlidir. Lateral kayma hareketine yardımcı olur.



Şekil 2.13 Temporal ve Masseter kas lateral görünüm (49).

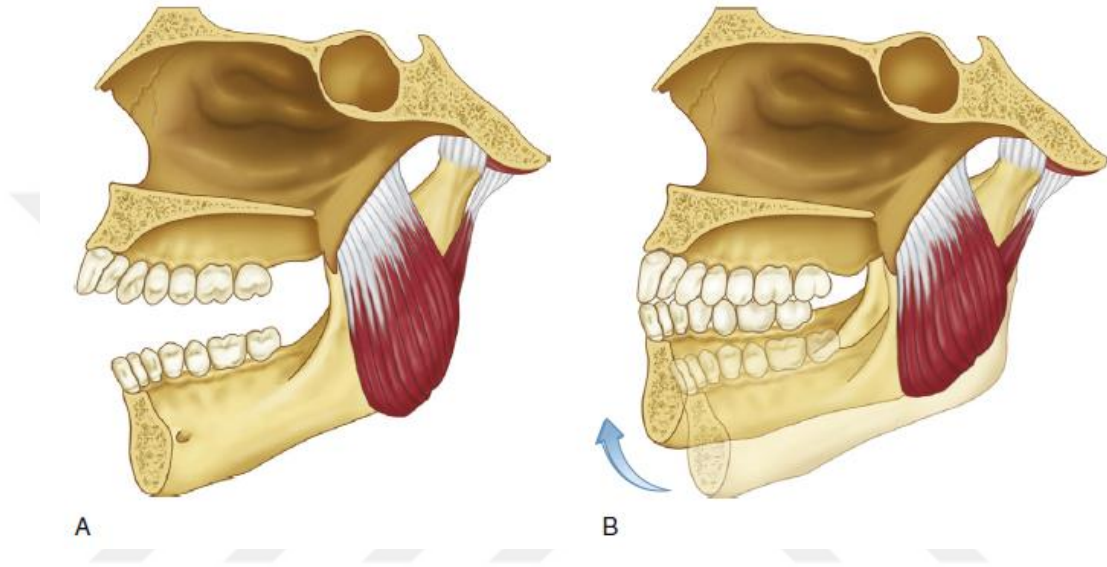
2.2.2.7.2 Temporal kas

Temporal kas, temporal fossadan başlayan büyük bir yelpaze şeklinde kastır. Lifleri, zigomatik ark ve kafatasının lateral yüzeyi arasında aşağı doğru uzanırken bir araya gelir ve koronoid proçes ile ramusun ön sınırı üzerine sonlanır. Lif yönüne ve fonksiyona göre üç ayrı alana bölünebilir.

Temporal kas kasıldığında, mandibula yükseltir ve dişler temas eder. Ön kısım kasıldığında, mandibula dikey olarak kaldırılır. Arka ve orta kısmın kasılması mandibulanın yukarı ve geriye hareketini sağlar. Kas liflerinin açılışı değiştiği için temporal kas kapanma hareketlerini koordine edebilir. Bu nedenle, mandibula'nın önemli bir konumlandırma kasıdır (3, 49).

2.2.2.7.3 Medial pterigoid kas

Medial pterygoid, pterygoid fossadan başlar ve mandibula angulusun medial yüzeyi boyunca aşağı, geri ve dışarı doğru uzanır. Masseter ile birlikte, mandibula angulusu destekleyen bir kas askısı oluşturur. Lifleri kasıldığında, mandibula kaldırılır ve dişler temas ettirilir. Bu kas, mandibulanın protrizyon hareketinde de aktiftir. Tek taraflı kasılma, mandibulanın mediale hareketini sağlayacaktır (3).



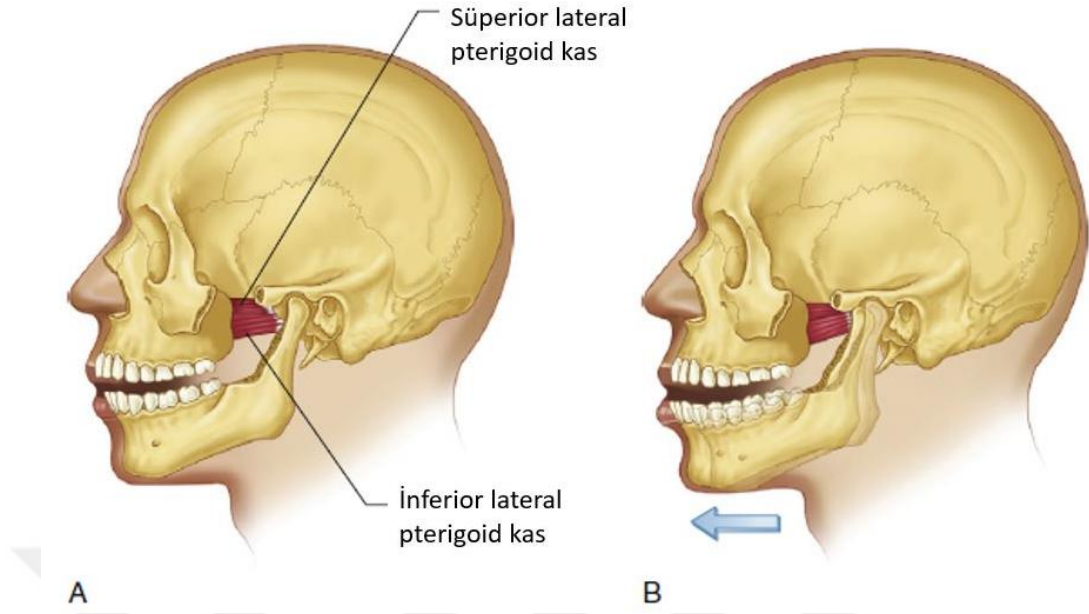
Şekil 2.14 A) Medial pterigoid kas, B) Kasın fonksiyonu: mandibulanın elevasyonu (3).

2.2.2.7.4 Lateral pterigoid kas

İnferior lateral pterygoid, lateral pterygoid plakanın lateral yüzeyinden orjin alır ve kondil boynunda sonlanır. Sağ ve sol inferior lateral pterygoidler aynı anda kasıldığında, kondiller artiküler eminentlerden aşağı doğru hareket eder ağız açmada görevlidir. Tek taraflı kasılma, o kondilin mesiale hareketini sağlar.

Süperior lateral pterygoid, inferior baştan önemli ölçüde daha küçüktür. Sfenoid kemiğin büyük kanadından başlar ve eklem kapsülü ile artiküler diske tutunur (49).

Lateral pterigoid kas mandibulanın deprese edilmesi, protrüzyon ve laterale kayma hareketlerinde görevlidir (49).

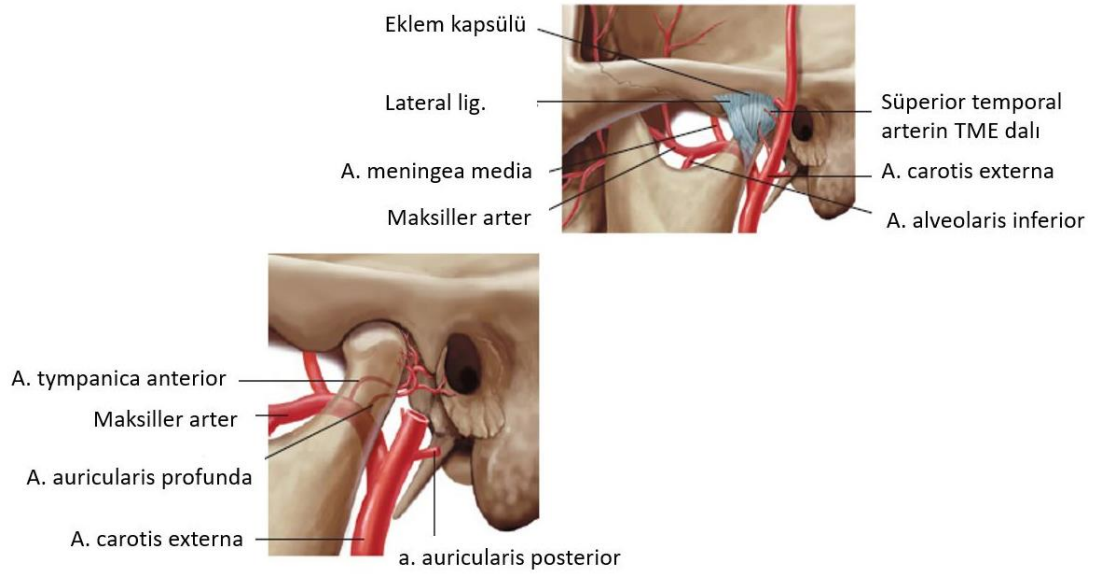


Şekil 2.15 A) Lateral pterygoid kasın süperior ve inferior başı, B) İnferior lateral pterigoidin fonksiyonu: mandibulanın protrüzyonu (3).

2.2.3 TME'nin arteriyel beslenmesi, venöz drenajı ve innervasyonu

TME'nin beslenmesi etrafını çevreleyen zengin damarlar tarafından gerçekleştirilir. Arteria temporalis süperfisialis, A.meningea media ve A. maksillaris interna baskın rol oynar.

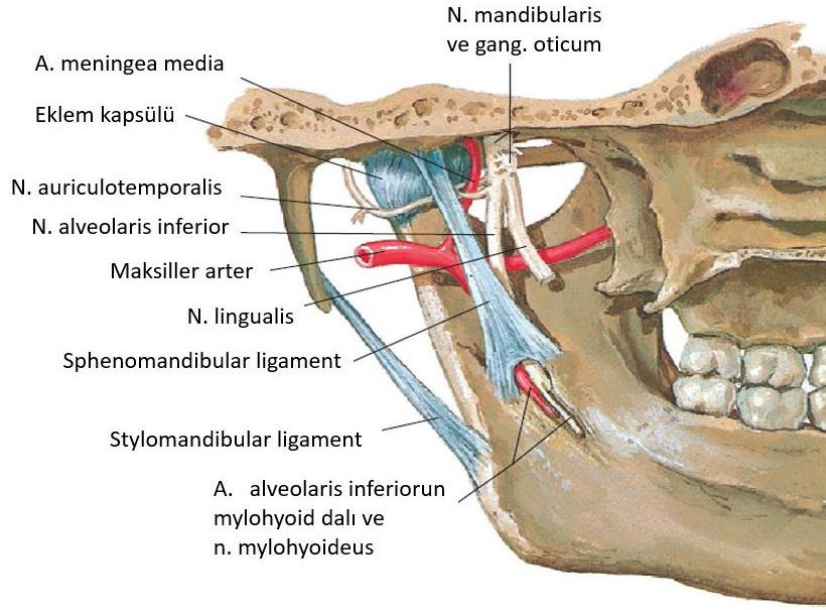
Diğer önemli arterler derin auricular arter, anterior timpanik arter ve arteria faringeal asendesdir. Kondilin arteriyel beslenmesi, inferior alveoler arter yoluyla kemik iliği boşluklarından ve ayrıca direkt olarak kondil başına giren “besleyici damarlar” yoluyla sağlanır.



Şekil 2.16 TME bölgesini besleyen arterler (49).

TME'nin venöz drenajı; süperfisiyal temporal ven, maksiller pleksus ve pterigoid pleksus tarafından sağlanır.

TME kendisini kontrol eden kaslara motor ve duysal innervasyon sağlayan trigeminal sinir tarafından innerve edilir. Mandibular sinirin dalları afferent innervasyonu sağlar. Çoğu innervasyon, aurikülotemporal sinir tarafından sağlanır. Ek olarak derin temporal ve masseterik sinirler tarafından innerve edilir (49).



Şekil 2. 17 Medial görünüm, aurikülotemporal sinir (49).

2.2.4 Arka çapraz kapanışın TME üzerine etkileri

Çapraz kapanış, ilk olarak dişlerin kapanış ilişkisi görüldüğünde teşhis edilen bir maloklüzyondur, ancak dişlerin oklüzyon ilişkisini etkilemesi çapraz kapanışın etkilerinin sadece küçük bir bölümünü temsil eder. Aslında çapraz kapanış, çiğneme, nöromüsküler koordinasyon, nöral motor hafıza, iç iskelet yapısı, TME ve tüm stomatognatik sistemle ilgili yapıları etkiler (6, 58). Bu nedenle, çapraz kapanışın bir "maloklüzyon" olarak tanımlanması son derece kısıtlayıcı olmak ile birlikte ve çapraz kapanışı bir "nöromüsküler sendrom" olarak tanımlamanın daha doğru ve yararlı olacağı açıktır.

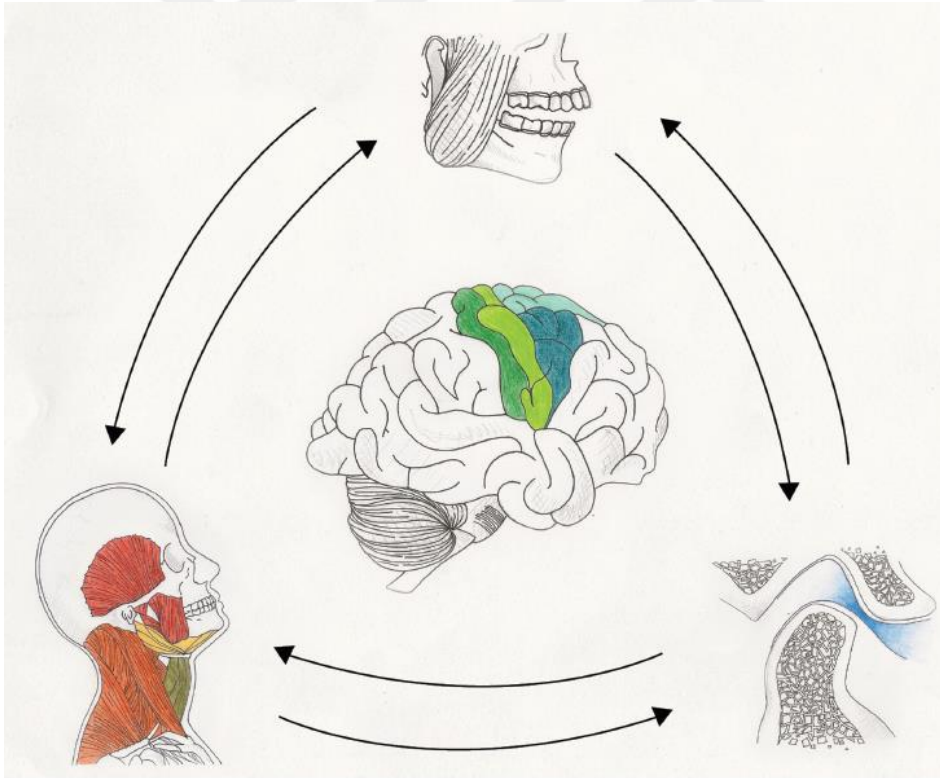
Çapraz kapanışın en önemli etkilerinden birisi asimetriye yol açmasıdır. Asimetri, iskeletsel, dişsel ve fonksiyonel maloklüzyondan kaynaklanabilir ve mandibulanın yer değiştirmesine yol açabilir.

Çapraz kapanışı olan bireyler normal çiğneme deseni oluşturamazlar bu da TME üzerine anormal kuvvetler binmesine neden olur.

Yeniden şekillendirme (*Remodeling*), kırıldak ve kemiğin eklemlere uygulanan yükleme kuvvetlerine, dokuların normal toleranslarını aşabilecek adaptif

bir yanıtıdır. Bu adaptif tepki, kondil ve artiküler eminensin şeklinin değişmesine neden olur ve kavisli eklem yüzeylerinin düzleşmesine neden olabilir. Trabeküllerin sayısı artar, böylece uygulanan kuvvetlere daha iyi direnmek için subkondral trabeküler kemiğin (subkondral skleroz) yoğunluğu artar. Kemikli bileşenleri kapsayan lifli eklem dokusunda herhangi bir *remodeling* veya dejenerasyon meydana gelmez. Tanı görüntülerinde belirtilen değişiklikler kondili, temporal kemiği veya her ikisini de etkileyebilir.

Bu değişiklikler ilk olarak kondilin anterosuperior yüzeyinde ve artiküler eminensin posterior eğiminde meydana gelir. Eklem lateral yönü de erken aşamalarda etkilenebilir ve *remodeling* ilerledikçe merkezi ve medial yönleri dahil olur. Bu değişiklikler düzleşme, eklem yüzeylerinin korteksinin kalınlaşması ve subkondral skleroz bulgularından birini veya bunların bir kombinasyonunu içerebilir (5).



Şekil 2.18 Çapraz kapanış nöromuskuler bir sendromdur (6).

2.2.5 TME'nin görüntülenmesi

TME görüntülemenin amaçları; sert ve yumuşak dokuların bütünlüğünü ve ilişkilerini değerlendirmek, hastalığın ilerlemesinin derecesini veya aşamasını doğrulamak ve tedavinin etkilerini değerlendirmektir (5). Eklemlerin kemik yapılarının görüntüleri, panoramik görüntüleme, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) veya multi dedektörlü bilgisayarlı tomografi (MDBT) kullanılarak elde edilebilir. Lateral sefalometrik filmler, kemik deformitesinin şiddetini, dental hizalamayı, hava yolu boyutlarını vb. belirleyebilir. Fakat karşılaştırma için her iki eklem de görüntülenmelidir (5). Panoramik görüntü, TME'nin çevresindeki anatomik yapılara geniş bir genel bakış sağlamak için kullanışlı bir araçtır ama panoramik görüntüleme, daha ince değişiklikleri değerlendirmede az güvenilirlerdir. Ayrıca ekstra oral radyografiler de magnifikasyonlar ve süperpozisyonlar nedeniyle TME bölgesinin görüntülenmesinde üç boyutlu görüntüleme yöntemlerine göre yetersiz kalmaktadır.

TME'nin yumuşak dokuları en iyi manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile görüntülenir ve TME patolojileri için en iyi tanı araçlarından biri MRG'dir, çünkü TME disk pozisyonu, morfolojisi, hareketliliği, eklemdeki dejeneratif değişikliklerin derecesi ve inflamasyon varlığı değerlendirilebilir. Disk deplasmanının ve dejeneratif değişikliklerin mevcut olabileceği, semptom vermeyen TME bozukluklarının teşhisinde yardımcı olabilir. Fakat uygulama rahatsız edici veya ağrılıdır (59).

TME görüntülemesinde kullanılacak tekniğin tipini seçerken çeşitli değişkenler göz önünde bulundurulmalıdır; sert veya yumuşak dokuların görüntülenmesinin istenip istenmediği, dikkate alınan yöntemlerin güçlü ve sınırlı yanları, tekniğin maliyeti ve radyasyon dozu (5).

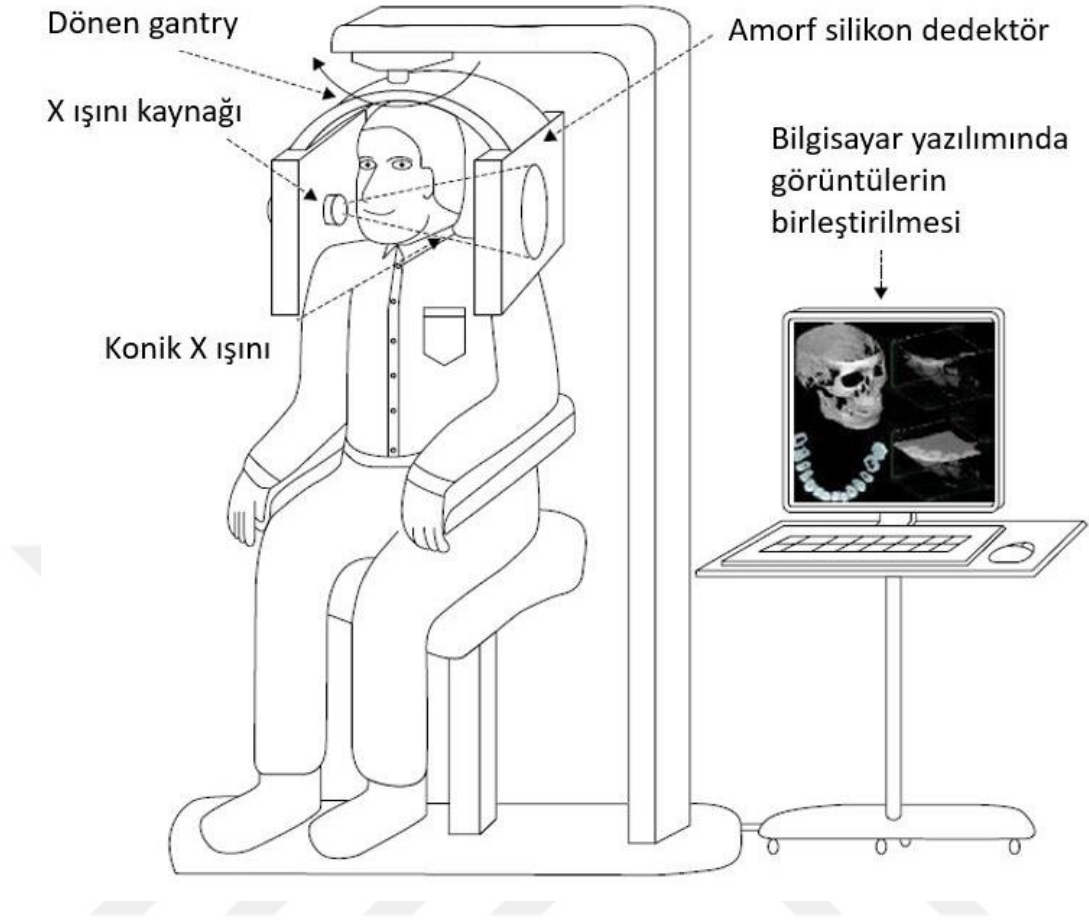
KIBT ile elde edilen ince kesitler, eklem yapılarının çevresindeki anatominin süperpozisyon olmadan değerlendirilmesine izin verir. Klasik olarak, eklemler kondil başının uzun eksenleri boyunca koronal ve sagittal düzlemlerde görüntülenir. Bu nedenle KIBT, TME kemik yapılarının görüntülenmesinde ideal bir üç boyutlu görüntüleme yöntemidir (5).

2.2.5.1 KIBT ile TME ve kraniofasial yapıların görüntülenmesi

KIBT, maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu görüntülerini üretmek için özel olarak tasarlanmıştır. Bilgisayar yazılım programları dişhekimlerinin ihtiyaçları için üretilmiştir. KIBT tarayıcıları bir bilgisayara bağlanır ve veriler veya ilgilenilen bölge, koni şeklindeki X-ışını demetinin ve karşılıklı dönen tek görüntü dedektörünün hastanın etrafında tam bir 360 ° veya kısmi dönüşüyle elde edilir. Tarama süreleri genellikle 15-20 saniyeden azdır. Görüş alanına (FOV) dahil edilirse, TME bölgesi KIBT ile süperpozisyonlar olmadan, ayrıntılı olarak görüntülenebilir. Kortikal kemik ve kondillerin konumu, glenoid fossalar, artiküler eminens ve eklem boşlukları değerlendirilebilir. Radyografik progresif değişiklikler arasında kondillerin düzleşmesi, düzensiz ve / veya kalınlaşmış kortikal kemik, osteoskleroz, kortikal erozyonlar, osteofit oluşumu, subkondral kistler ve eklem boşluğunun daralması yer alır (60, 61). KIBT görüntüleri, TME'lerin aynı anda görüntülenmesine ve maksillo-mandibular ilişkilerin ve oklüzyonun değerlendirilmesine izin verir ve TME anormallikleriyle ilişkili lokal etkileri görselleştirme fırsatı sağladığını belirtmiştir (61).

KIBT görüntüleme genellikle hasta kapalı ağız pozisyonundayken, dişler maksimum interküspidasyonda yapılır. Bazı KIBT sistemleri, hareket aralığını değerlendirmek için açık ağızda veya diğer pozisyonlarda düşük çözünürlüklü görüntü alımlarının yapılmasına izin verir.

KIBT'ın bilgisayarlı tomografiye (BT) kıyasla hastaya azaltılmış radyasyon dozu avantajı vardır. Bu azaltılmış doz, KIBT görüntülemeyi dejeneratif kemik değişikliklerinin görüntülenmesi için ideal hale getirir (7).

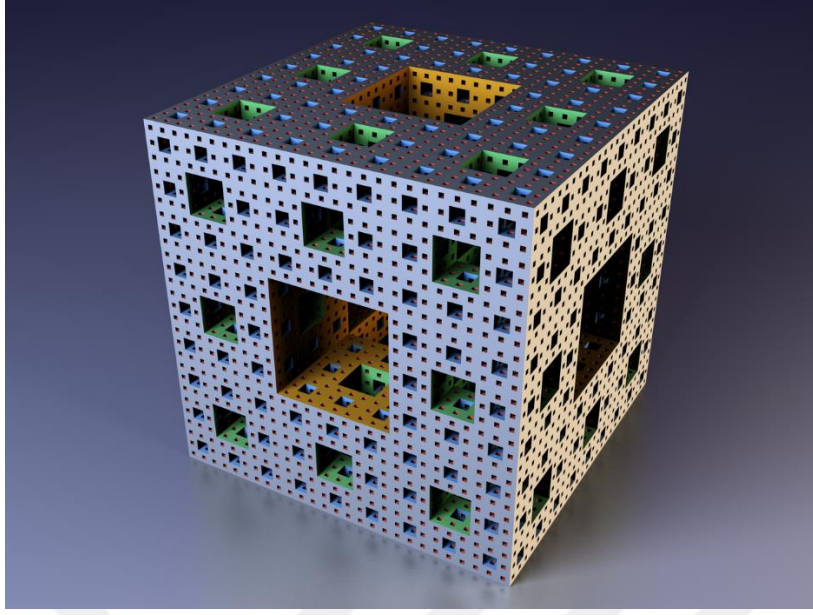


Şekil 2.19 Bir KIBT sistemi, görüntünün dijital ortama aktarımı (62).

2.3 Fraktal Analiz Yöntemi

2.3.1 Fraktallar ve fraktal değer

Fraktal, bir nesne, bir sinyal veya benzer yinelenen paterni olan matematiksel açıklamaya ait bir fenomen anlamına gelir. Başka bir deyişle fraktallar, genişleyen veya gelişen bir simetridir. Gerçek fraktallar, farklı ölçeklerde ve görünümünde kendi kendine benzerlik sunan izotropik yapılardır (63). Menger Süngeri ve Sierpinski üçgenleri, genişlemenin her ölçekte özdeş olduğu, kendi kendine benzeyen desenlere matematiksel bir örnektir.



Şekil 2.20 Menger süngeri (64).

Doğada fraktalların farklı seviyelerde desenleri, tam olarak olmasa da, neredeyse aynıdır. Fraktal boyut, fraktal özelliklerin bir ölçüsü olarak düşünülebilir. Bu genellikle fraktal özelliklerin karşılaştırılması için gereklidir ve bu nedenle özelliklerinin nicelendirilmesi için temel oluşturur.

Uzamsal alanda boyut değerlendirildiğinde, Öklid uzayında, bir çizginin bir boyutu olduğu kabul edilirken, dikdörtgenin iki boyutu vardır. Bunun nedeni, düz bir çizgide yalnızca bir doğrusal bağımsız yönün ve düzlemde ise iki doğrusal bağımsız yönün olmasıdır. Bir çizgide düzlemin iki boyutu varken hareket etmenin sadece bir yolu vardır, çünkü iki bağımsız yön vardır. Benzer şekilde, küpün üç boyutu vardır: uzunluk, genişlik ve yükseklik. Boyut kavramını görmenin alternatif bir yolu, kendine benzer bir nesnedir. N boyutu, büyütme faktörü N ile oluşturulan kendine benzer parçaların sayısının üssüdür. Bu nedenle, bir kare 32 parçaya bölündüğünde, büyütme üçtür ve boyut iki olur. Bununla birlikte, Öklid uzayında, bir çizgi kavisli olduğunda veya dikdörtgen kavisli bir düzlemde olduğunda yukarıdakiler artık doğru değildir. Düzlemdeki eğri bir çizginin boyut değeri bir değildir. Bununla birlikte, aynı zamanda iki de değildir, çünkü eğri iki yönde hareket etme özgürlüğü vermez. Fraktal boyut bize öz-benzer bir sistemin ne kadar karmaşık olduğunu söyler (10). Öklid geometrisi

ile tanımlanamayacak pek çok uzamsal açıdan düzensiz olguyu ve düzensiz biçimi tanımlamak için fraktal boyut kullanılır. Bu yeni geometri sistemi, matematikçi Benoît B. Mandelbrot tarafından ortaya konulmuştur. Fraktal kavramı sadece matematik değil biyoloji, jeoloji, kimya, fizyoloji ve tıp gibi birçok bilim dalında önemli etkileri olan yeni bir geometri sistemin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Multifraktal sistem, tek bir fraktal boyutun dinamikleri tanımlamak için yeterli olmadığı bir fraktal sistemin geliştirilmesidir. Bu, bir grup noktaya ait bir fonksiyonun bir nokta alt kümesinin fraktal boyutunu ve dolayısıyla çoklu dilatasyon faktörlerinde karmaşıklığa sahip bir nesne veya sinyalin açıklanmasını tanımlar (65). Bir noktanın fraktal boyutu 0, doğrunun 1, karenin 2, küpün ise 3'tür. Fraktal şekillerin değerleri tam sayı değil, kesirli sayılardır. Üç boyutlu bir fraktal şekil 2 ile 3 sayıları arasında değer alır, Menger süngerinin fraktal boyutu 2,7268 olarak hesaplanır. Fraktal şeklin bir düzlemde iki boyutlu olması durumunda ise 1 ile 2 sayıları arasında bir değer alır (65-67).

2.3.1 Fraktal analiz

Fraktal boyut, fraktal şekillerin önemli bir özelliğidir. Fraktal analiz nesnelerin karmaşıklık miktarının hesaplanması ve fraktal boyutunun sayısal olarak ifade edilmesidir. Fraktal boyut, ölçülen miktarın çözünürlük veya skalaya göre logaritma ölçeğindeki değişim oranıdır. Fraktal boyutu hesaplamak için kullanılan yöntem Hausdorff denklemi veya Hausdorff-Besicovitch denklemi olarak adlandırılır. Bu, logaritma ölçeğindeki değişimin doğrusal olduğu ve aynı oranda devam ettiği varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayımı doğrudan hesaplamak genel olarak mümkün değildir ve bu nedenle, N boyutu yaklaşık olarak hesaplanır. Fraktal boyutu hesaplamının birçok farklı yolu vardır. Bunlar zaman alanında, uzamsal alanda veya verilerin Fourier dönüşümü göz önünde bulundurularak, analiz spektral alanda gerçekleştirilebilir. Hesaplama yöntemleri yıllar içinde geliştirilmiştir ve bunların her birinin kendine özgü özellikleri vardır. Her yöntem farklı olsa da, aynı ilkeleri izlerler. Görüntü analizi için fraktal analiz temelleri beş adımda açıklanabilir:

1. Test edilen nesnenin özelliğini ve ölçümlerin yapılacağı ölçeği belirlemek.

2. Sayı skalasından miktarı ölçmek ve herhangi bir ilişkinin sınırlarını gözlemlemek.

3. Ölçülen miktarı ve ölçeği logaritma ölçeğinde çizmek.

4. İlişkinin doğrusal yaklaşımını hesaplamak.

5. Bu çizginin eğimi, nesnenin veya olgunun fraktal boyutudur (FB).

Fraktal boyut ölçüm teknikleri genel olarak şu kategorilere ayrılır; kutu sayma yöntemi, direkt alan ölçüm yöntemi, spektral tabanlı ölçüm ve Brownian hareket yöntemi (10, 68, 69).

Kutu saymayı (BC) fraktal boyut tekniği olarak kabul eden çok sayıda algoritma vardır. Bu tekniğin altında yatan prensipler basittir ve uygulama genellikle kolaydır.

En basit biçimde, ikili sinyal r uzunluğunda kutularla kaplıdır ve FB şu şekilde tahmin edilir:

$$FD_{BC} = - \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log(N(r))}{\log(r)}$$

Burada r skala, ve N (r) sinyali kaplamak için gerekli olan kutu sayısıdır. Diferansiyel kutu sayma yönteminin en büyük avantajlarından biri, sinyalin veya görüntünün binarizasyon gerektirmemesidir. Bunun yerine, sinyal çeşitli büyüklükteki kutulara bölünür ve N (r) kutudaki en büyük farka dayanır. Fark, belirli bir kutudaki gri düzeylerin minimum ve maksimum değerleri arasında hesaplanır ve işlem tüm kutular için tekrarlanır.

Bu yöntemin en büyük sınırlamalarından biri, sonuçların ölçeğin alt ve üst sınırının seçimine çok duyarlı olmasıdır. Hesaplamadan önce ölçeğin sınırını tahmin etmek önemlidir. Ölçeğin alt ve üst sınırının yanlış tahmini, oldukça hatalı sonuçlara yol açabilir (10).

Kemiğin trabekül yapısı hesaplandığı durumda boyutları 2-64 piksel arasında değişen kutulardan oluşan rehberlerde trabekül yapısı bulunan kutular sayısı.

Trabekül yapısı içeren toplam kutu sayısı, kılavuzun içerdği kutu boyutuna bağlı olup, birbirine bağlı bu iki değişkenin logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Oluşturulan doğrunun eğimi fraktal boyutu verir (70).

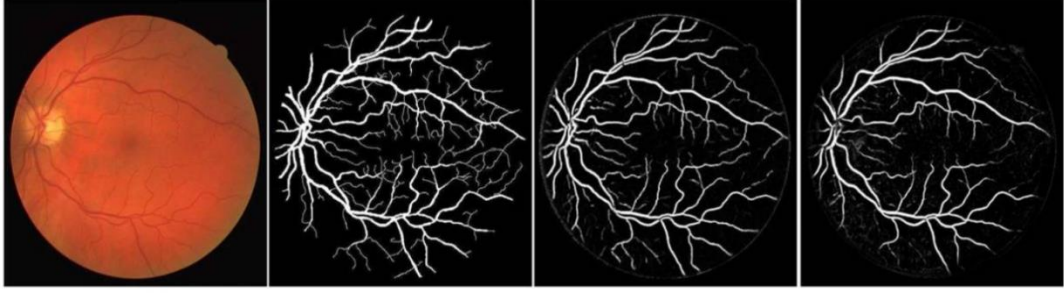
2.3.3 İnsan fizyolojisi fraktal özellikleri

İnsan fizyolojisine ait parametrelerin fraktal özellikler açısından tanımlanabildiği birçok örnek vardır ve çoğu durumda sağlıklı insanlar hastalık koşullarına göre daha yüksek fraktallara sahiptir. Çünkü gelişmekte olan sistemler daha yüksek karmaşıklık seviyesine sahiptir ve bu nedenle fraktal boyut daha yüksektir. Hastalık veya yaşlanma gibi faktörler fraktal boyutun azalmasına neden olur. Yıllar boyunca, fraktal özelliklerini tanımlamak için çok sayıda biyolojik parametre ve kayıt analiz edilmiştir.

Literatürde, farklı biyomedikal elektrik kayıtlarının fraktal boyutlarının elde edildiği önemli araştırmalar yapılmıştır. Fraktal boyutu bir özellik olarak değerlendirmek için çaba gösterilmiş ve kardiyak aktivite, kas kuvveti, hastalık ve yaş gibi faktörlere karşı sınıflandırılmıştır (71-73). Araştırmalar sağlıklı insanların elektrokardiogramlarının (EKG) hastalık koşullarına göre daha yüksek fraktal boyuta sahip olduğunu bulmuştur.

Elektromiyogram (EMG) sinyali kas aktivitesinin kaydedilmesidir ve cildin yüzeyinde bulunan bir sensör tarafından tespit edilebilen kas lifi aksiyon potansiyellerinin kombinasyonudur. EMG sinyalinin fraktal özelliklerinin kas kuvveti ile yüksek korelasyon gösterdiğini bulunmuştur (74). Elektroensefalogram (EEG), kafa derisinden elektriksel aktivitenin kaydedilmesidir ve bu sinyaldeki değişiklikler uyanıklık seviyeleri ve bazı hastalık durumları ile ilişkilendirilir. EEG'nin fraktal özelliklerinin, uyku, uyanıklık, epilepsi ve şizofreni gibi hastalıklar ile ilişkisini gösteren çalışmalar mevcuttur (75-77).

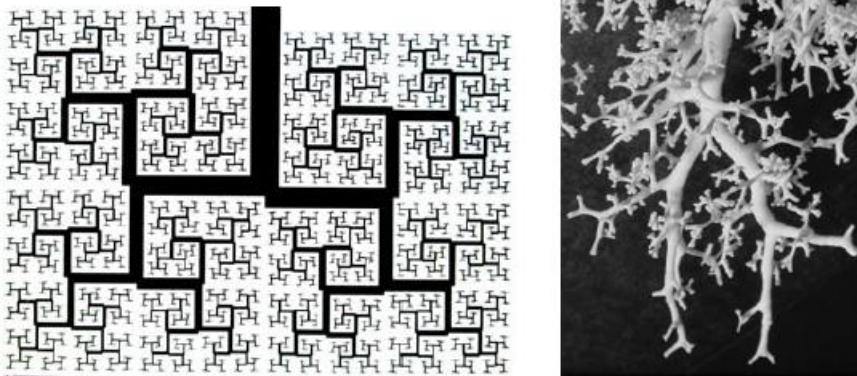
Retina damar sistemi paterni ile ilgili olarak, yaşlanma, retinopatiler ve hastalık riski değerlendirmesinde retinal fotoğraflık görüntüler üzerinde fraktal boyutu inceleyen çalışmalar yapılmıştır (78-82).



Şekil 2.21 Otomatik retinal vasküler analiz, fundus görüntüsü ve damarsallık haritaları (79).

Mamogramlar, meme dokusunu incelemek için düşük enerjili x-ışını ile elde edilen görüntülerdir ve rutin olarak meme dokusunda herhangi bir anormallik olup olmadığını incelemek için kullanılır. Kitleler ve kanserli büyümelerin varlığı incelenir. Meme lezyonlarının konturları, bir dizi fraktal boyut algoritması kullanılarak ölçülebilen fraktal özelliklere sahiptir. Benign kitleler ve malign tümörler arasında ayırım yapmak amacıyla, kitlelerin konturundan fraktal boyut hesaplanan bir çalışmada anlamlı farklılıklar bulunmuştur (83).

Pulmoner dallanma ve trabeküler kemik gibi biyolojik fraktalların, belirli bir ölçek aralığında istatistiksel olarak benzer özelliklere sahip anizotropik yapılar olduğu kabul edilir.



Şekil 2.22 Koch ağacı modeli ve pulmoner dallanma (84).

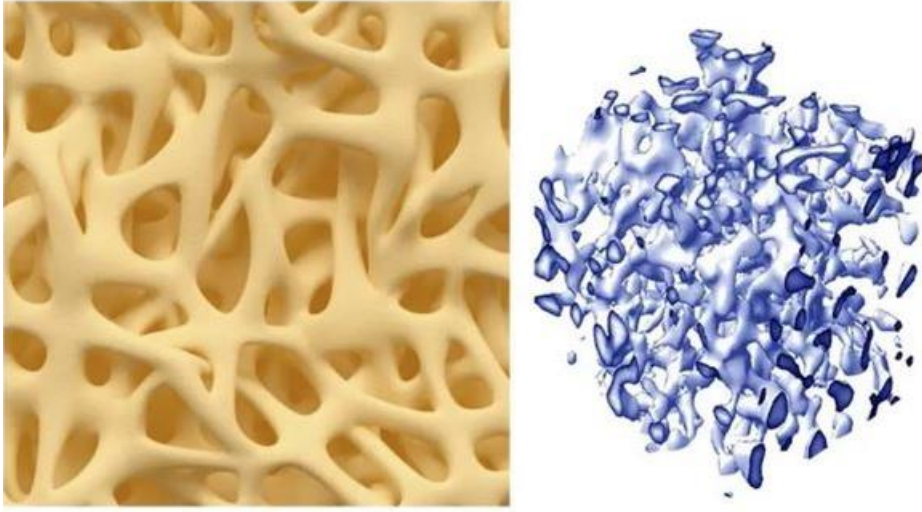
2.3.3.1 Fraktal analiz ile trabeküler kemik yapısının değerlendirilmesi

Radyografik görüntülerde trabeküler kemik yapısındaki fraktal boyutun değişimleri incelendiğinde fraktal boyuttaki azalma mineral kaybı ile ilişkilendirilmiştir (66, 85, 86). Fraktal boyutun düşük olması trabeküler yapıdaki boşlukların daha büyük olduğunu göstermektedir. Yüksek olması da trabeküler kemiğin yoğunluğunda ve karmaşıklığında artış olduğunu göstermektedir (87).

Fraktal analizin, 20 ° 'ye kadar projeksiyon açısından veya radyasyon dozundan etkilenmediğini gösterilmiştir. Fraktal boyut, seçilen alandan, ilgili bölgenin (ROI) boyutundan etkilenirken projeksiyon açısı değeri değiştirmemektedir (88, 89). Bu sayede fraktal analiz kullanıcı içi pratik bir yöntemdir.

Kemiğin mekanik özellikleri kortikal kalınlığa, trabeküler kemiğin yoğunluğuna ve trabeküllerin düzenine bağlıdır. Kemik yapısı olarak adlandırılan trabeküllerin düzenlenmesi, gözeneklilik, kalınlık ve anizotropi ile karakterize edilir (9). Radyografiler üzerinde, kemiğin trabeküler yapısı belirli bir ölçekte anizotropik özelliğe sahiptir. Trabeküllerin birbirleri ile bağlantısı fraktal geometriye sahip doğal bir desendir (90). Trabeküler kemik fonksiyonel kuvvetler ve patolojilerden kortikal kemiğe oranla daha fazla etkilenir (91).

Radyografik görüntüler üzerinde gri tonlar işlenerek kemik trabekülleri beyaz, boşluklar siyah renkleri temsil edecek şekilde fraktal analize hazırlanır ve böylece trabeküllerin desenleri belirginlik kazanır. Fraktal boyut trabeküler kemiğin mikro mimarisinin karmaşıklığını sayısal bir değer ile temsil etmiş olur. Yapılan çalışmalarda kemiğin mineralizasyonunda azalmaya sebep olacak hastalık durumlarında FB'nin azaldığı görülmüştür (92-95).



Şekil 2.23 Trabeküler kemik yapısı (96, 97).

Diş hekimliğinde, periodontitisli ve periodontal olarak sağlıklı bireylerin radyografilerinin karşılaştırılması, osteoporoz ile ilişkili patolojilerin teşhisi, bir implant bölgesine bitişik kemik dokusunun değerlendirilmesi, kemiğin yapısını etkileyen hastalıkların şiddetinin ve değişimlerinin incelenmesi, temporomandibular eklem problemi olan hastaların fonksiyon bozukluğu ve hastalığın şiddeti ile trabeküler kemik yapısındaki değişiklikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi gibi konularda fraktal analiz çalışmaları yapılmıştır.

İmplant operasyonlarından sonra implantın etrafındaki kemiğin fraktal değeri hesaplanarak ölçülen çalışmalarda operasyon sonrasında fraktal değerinin artışı osteointegrasyonun gerçekleştiğini göstermektedir (90).

Ortognatik cerrahi sonrasında alınan kontrol radyografilerinde operasyon bölgesinin fraktal analizi ile kemikteki iyileşme incelenmiştir (98).

Kök apeksinde radyolüsent lezyonu olan dişler, endodontik tedavi sonrasında radyografi ile takip edilmiş, kök etrafında iyileşme olduğu fraktal değerinin yükseldiği görülmüştür. Kanal tedavisinin başarısı, iyileşen lezyon bölgesinde yeniden kemik dokusunun oluşumu fraktal analiz ile değerlendirilmiştir (99-101).

Kemik mineralizasyonunda azalmaya ve dejeneratif değişikliklere neden olan osteoporoz hastalığına sahip bireyler ile sağlıklı bireyleri karşılaştıran çalışmalarda,

hastalık grubunun daha düşük FB'ye sahip olduğu belirtilmiş, hastalığın teşhisinde fraktal analizin yardımcı bir yöntem olabileceği sonucuna varılmıştır (86, 102, 103).

Orak hücreli anemi kan hücrelerindeki kalıtsal bozukluktur ve kemiğin trabeküler yapısını etkileyen, trabeküllerin hiperplazisi sonucu boşluklu alanların artmasına yol açan bir hastalıktır. Orak hücreli anemi hastalığına sahip bireyler ile sağlıklı bireylerin radyografiler üzerinde trabeküllerin fraktal boyutunu karşılaştıran bir çalışmada hastalığa sahip bireylerin daha düşük fraktal değere sahip olduğu görülmüştür (104).

Hiperparotiroidi, artan paratiroid hormonunun etkisiyle kemikteki kalsiyum düzeyinde ve kemiğin mineralizasyonunda azalma neden olan bir hastalıktır. Paratiroidektomi ameliyatı sonrasında hormon düzeyi dengelenir. Ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası 2 yıllık takipte panoramik radyografiler üzerinde yapılan fraktal analiz sonucunda ameliyat sonrası fraktal boyutta artış olduğu saptanmıştır (85).

Osteoartrit yaşa bağlı olarak görülme sıklığı artan ve artiküler dokularda, subkondral kemikte dejenerasyona neden olan bir eklem hastalığıdır. Osteoartritin erken dönemlerinde kemik yüzeylerde düzleşme, erozyon, skleroz, subkondral kist ve osteofit oluşumu gibi değişimler izlenebilir. Eklem bölgesine ait kemik yüzeylerin fraktal boyutunun dejenerasyon derecesi yüksek olan bireylerde daha düşük bulunduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (92, 105).

Osteoartrit hastalığına sahip bireyler ile sağlıklı bireyleri karşılaştıran bir çalışmada hastalık grubunda daha düşük fraktal boyut görülmüştür (105).

Bruksizm; çiğneme gibi fonksiyonel bir amaç olmaksızın, morfolojik, psikolojik ve parafonksiyonel nedenler ile dişlerin sıkma ve / veya öğütme hareketidir. Bruksizmin mandibular kondilde mekanik strese neden olduğu ve mekanik stresin kondiler rezorpsiyonu başlatabildiği veya progresif rezorpsiyonu hızlandırabildiği bildirilmiştir. Bruksizmin mandibular kondilin trabeküler yapısına etkisini araştıran bir çalışmada sağ kondil bölgesinin bruksizm tanısı alan hastalarda sağlıklı gruba göre daha düşük fraktal boyuta sahip olduğu belirtilmiştir. Yalnızca sağ tarafta anlamlı fark bulunması bireylerin çiğneme alışkanlıkları ile ilişkilendirilmiştir (8).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi (ADÇR) Anabilim Dalı'nda, 2019-2020 yılları arasında yapılan bu retrospektif çalışmanın etik olarak uygun olduğu, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 18.12.2019 tarihinde onaylanmıştır (EK-1).

3.1 Hasta ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması

Oklüzyonda, transvers yöndeki anomalilerin TME bölgesine etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmanın, Örnek genişliğini hesaplamada önceki bir çalışma baz alınarak (106) her değişken için *Power* (testin gücü) en az %80 ve 1. tip hata %5 alınarak belirlenmiştir. Buna göre çalışma için en az gerekli örneklem sayısı her grup için 22 olarak hesaplandı.

Çalışmaya; kemik yapısını etkileyen herhangi bir hastalığı olmayan, kemik anomalisi bulunmayan, kemik metabolizmasını etkileyen bir ilaç kullanmayan, 3.molar dişler hariç tutularak diş eksikliği olmayan, arka dişlerinin tamamı erüpsiyonunu tamamlamış olan, TME bölgesinde patolojisi, fraktürü ve TMB'si bulunmayan kişiler dahil edildi.

Hasta grubu oluşturulurken, 2016-2019 yılları arasında, alanında en az beş yıllık tecrübeye sahip iki radyolog tarafından, gömülü diş ve ortodontik nedenlerle (diş morfolojisinde, boyutunda ve sayısında anomalilerin varlığı) çekilmiş, 10-13x16 mm görüş alanına (FOV) sahip görüntüler tarandı (107). Bu kriterlere uyan bireylere ait görüntülerde, 'V' şeklinde derin damak, maksillada çapraşıklık, artmış overjet, rotasyonlu veya ark dışında kalan dişlerin varlığı değerlendirildi ve bu bulgular eşliğinde maksiller darlık olduğu belirlenen toplam 104 hasta dahil edildi (20). Bu hastalar içerisinde iki hastada kondil hipoplazisi olduğu ve 5 hastada diş eksikliği görüldüğünden 7 hasta çalışma dışı bırakıldı.

Maksiller darlık grubu içerisinde; maksiller molar ve premolar dişlerin bukkal tüberküllerinin mandibular molar ve premolar dişlerin lingual tüberkülleriyle temas ettiği saptanan hastalarda arka çapraz kapanış varlığı kaydedildi ve bu hastalar çapraz kapanışın tek veya çift taraflı olma durumuna göre sınıflandırıldı.

Kontrol grubu oluşturulurken, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesinde 2016-2019 yılları arasında, alanında en az beş yıllık tecrübeye sahip iki radyolog tarafından farklı nedenlerle çekilmiş KIBT görüntülerinin arasından, Angle sınıf I kapanışa sahip, mandibular kondilin görüntülenme alanına girdiği, 36 hasta seçildi.

Sonuç olarak çalışmada; 1: 24 adet çift taraflı arka çapraz kapanışı olan, 2: 34 adet tek taraflı arka çapraz kapanışı olan, 3: 39 adet çapraz kapanış olmadan maksiller darlık görülen ve 4: 36 adet kontrol grubunu oluşturan hastalara ait KIBT görüntüleri değerlendirilmeye alındı.

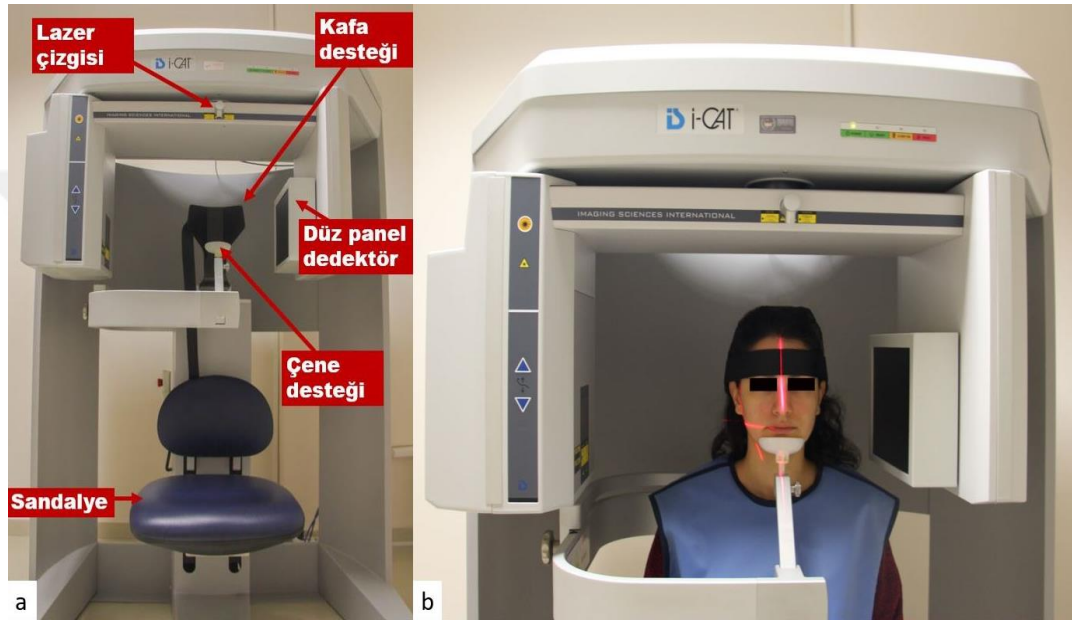
3.2 KIBT Görüntüleme ve Radyografik Değerlendirme

Hasta ve kontrol grubunun KIBT görüntüleri, amorf silikon düz panele (23.8 cm genişlik x 19.2 cm yükseklik) sahip, i-CAT 3D Görüntüleme Sistemi (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, ABD) kullanılarak elde edildi. Cihaz, standart olarak 120 kVp, 7 mA parametreleri, 0,3 mm³ voksel boyutu, 0,3mm kesit kalınlığı ve 10-13x16 mm FOV seçilerek, 4.8 sn ekspozur zamanında çalıştırıldı. X-ışını tüpü- flat panel sistemi, hasta başının etrafında, tek 360 derece döndürme ile görüntü almaktadır ve tarama zamanı 26.9 sn'dir.

Retrospektif olarak taranan tüm görüntüler elde edilirken aynı çekim protokolü izlenilmiştir. Bu protokol aşağıda belirtildiği şekildedir;

Hastayı doğru konumlandırmak ve hasta hareketini en aza indirmek için çeşitli sistem özellikleri yardımcı olarak kullanılır. Çekim esnasında hasta cihazın sandalyesine elleri kucağında olacak ve yüzü karşıya doğru bakacak şekilde oturtulur, sandalyenin yüksekliği, hastanın başı panel ile uygun hizada olması için ayarlanır. Hastanın başı panele ön-arka yönde hizalanırken kafa desteği ileri-geri yönde hareket ettirilerek konumlandırılır. Hastanın başı, kafa desteği ile çene desteği arasında sabitlenir.

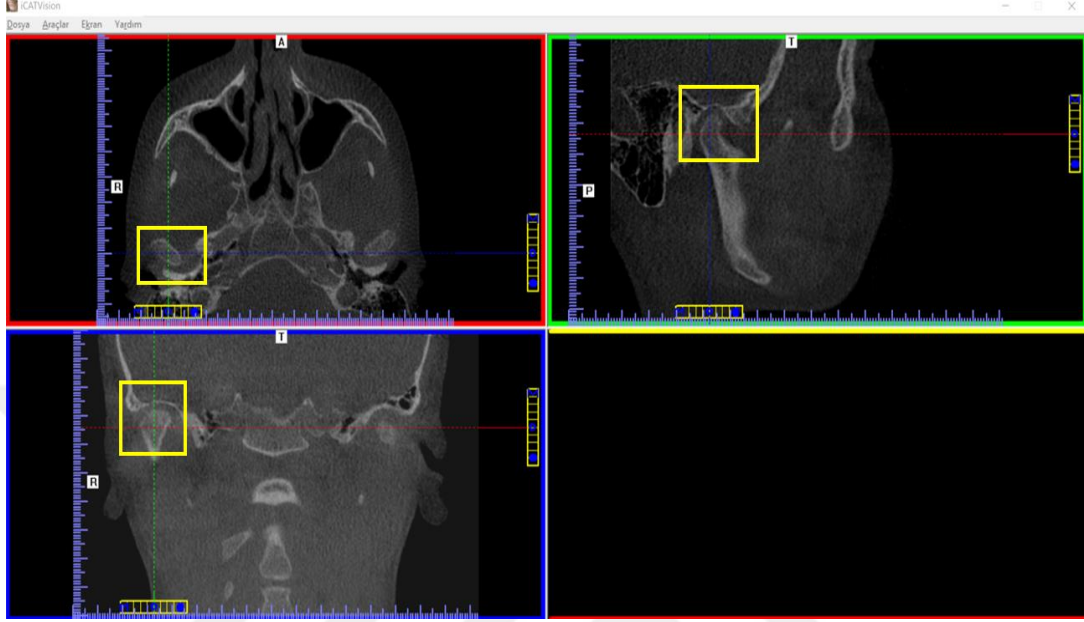
Hastaya dişlerini maksimum interküspidasyonda olacak şekilde kapatması söylenir. Başını desteklemek için kafa bandı ile hastanın alını sarılır ve bant kafa desteğinin diğer ucuna sabitlenir. Hastanın konumlandırılmasına yardımcı olmak için, yatay ve dikey rehber lazer çizgiler kullanılır. Dikey çizgi hastanın kafasının orta hattından geçirilir. Yatay çizgi, oklüzal düzlemde, dudakların arasında konumlandırılır. Böylece hastanın başı, oklüzal düzlemi yere paralel, Frankfurt horizontal düzlemi hafifçe eğilmi olacak şekilde konumlanır (Şekil 3.1).



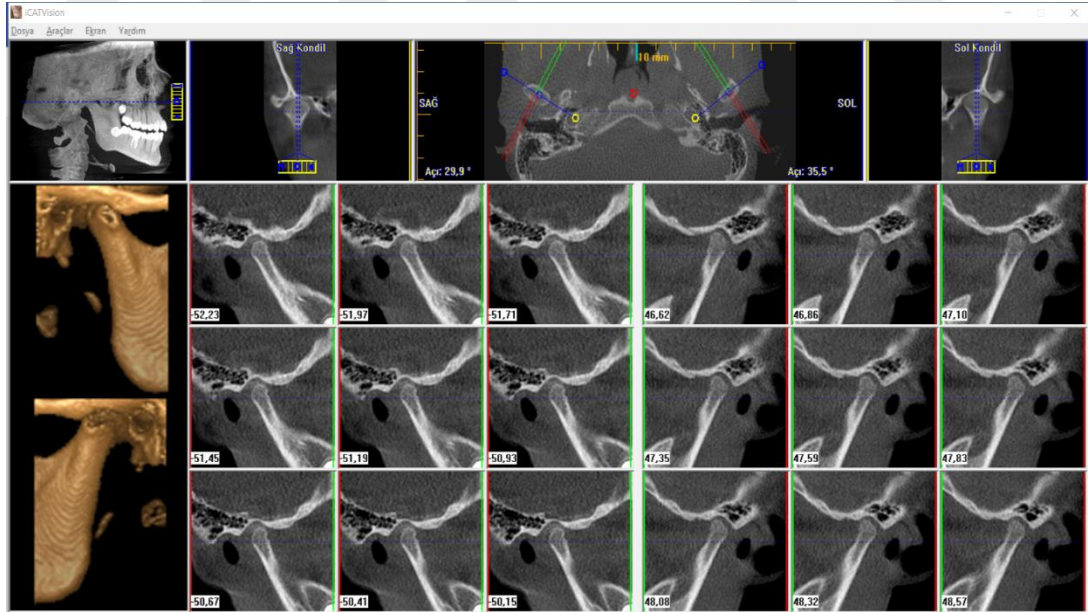
Şekil 3.1 A) KIBT ünitesi modeli, B) Örnek hasta konumlandırması.

14 bit çözünürlüğe sahip görüntüler, i-CAT Vision 1.9 yazılım programı (Imaging Sciences International LLC. Hatfield, PA, ABD) ile birleştirildi. KIBT'dan elde edilen DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine* / Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim) formatındaki görüntüler, 1920 x 1080 piksel, 15,6 inç monitöre, 7. nesil Intel®Core™ i7 ve i5 işlemciye sahip, Lenovo Legion Y520 dizüstü bilgisayarına yüklenerek değerlendirildi. Bütün görüntüler aynı gözlemci tarafından incelendi. Gözlemci içi tutarlılığı hesaplamak amacıyla 15 gün sonra rastgele seçilen 27 hastanın görüntüsü tekrar değerlendirildi. Ölçümler arasındaki ilişkiyi belirlemede Pearson Korelasyon katsayıları hesaplandı. Korelasyon analizi sonucu ikili ölçümler arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Sağ ve sol her iki TME, toplamda 266 bölge olacak şekilde değerlendirildi. TME bölgesi

değerlendirilirken, programın, aksiyel, koronal ve sagittal düzlem görüntülerini gösteren multiplanar modu ve kondilin uzun eksenine dik ve paralel 0,3 mm kesitler ile oluşturulan rekonstrüksiyon görüntüleri içeren TME modu kullanıldı.



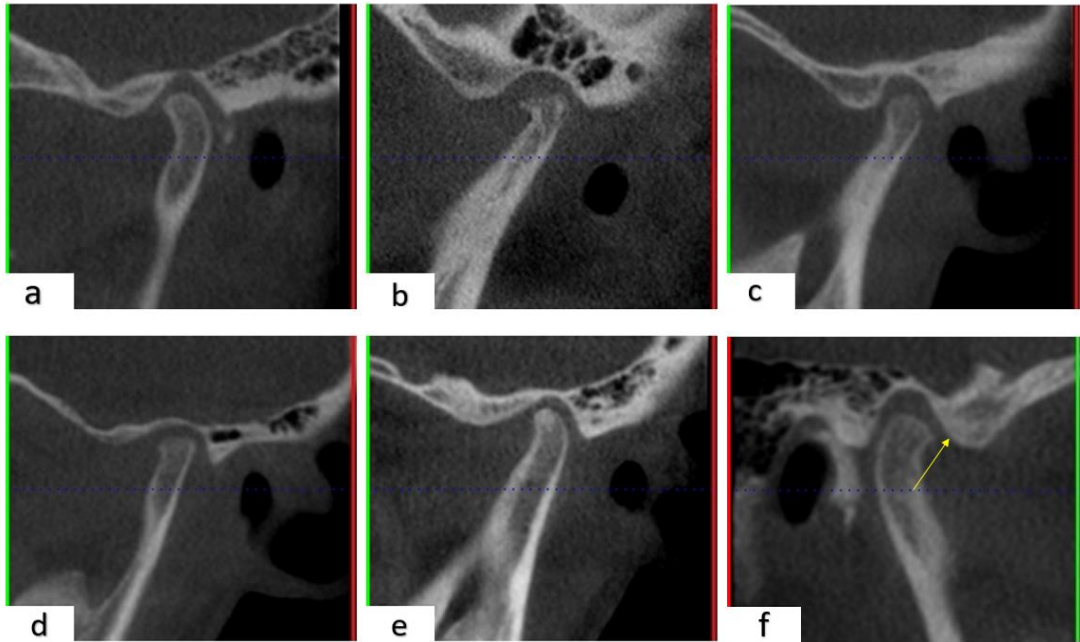
Şekil 3.2 Sağ TME bölgesinin görüntülenmesi, multiplanar mod.



Şekil 3.3 TME modu; her iki kondilin uzun eksenine paralel kesitler.

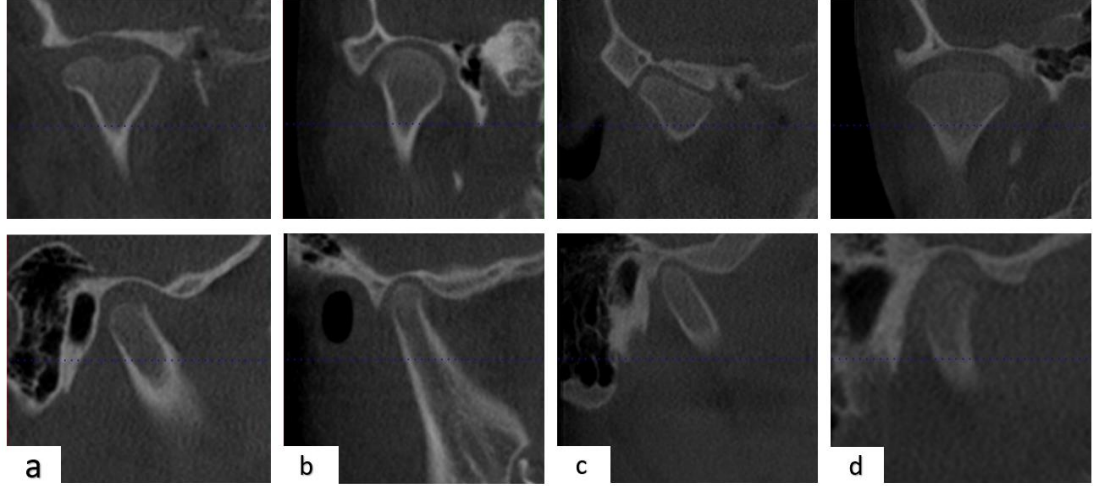
Kondil başındaki ve artiküler eminensdeki kemik değişimleri, Muir ve Goss skalası kullanılarak değerlendirildi (108). Bu değerlendirmeye göre 6 farklı kemik değişimi, 3 farklı dereceye göre skorlandı (0; bariz bir değişim yok, 1; hafif değişim, 2; yaygın değişim). Artiküler eminens ve kondil başında görülen değişimlerin her biri ayrı ayrı skorlandı ve skorlar toplanarak o TME bölgesine ait puan hesaplandı. Dejeneratif kemik değişimleri; osteofit (marjinal kemik çıkıntısı), erozyon (kortikal ve/veya subkortikal kemikte yıkım alanları), düzleşme (dışbükey kemik yapısının bozulması), skleroz (kortikal ve trabeküler kemiğin yoğunluğunda artış), konkavite (dışbükey kemik konturlarında yıkıma bağlı çökme olması, iç bükey şekilde görülmesi), subkortikal kist (kortikal kemikte yıkım görülmezsizin, iyi sınırlı osteolitik kemik alanı) şeklindedir.

Hastaların yaşı, cinsiyeti, kondil ve artiküler eminensde mevcut olan kemik değişimi, eğer varsa dejeneratif değişimin derecesi kaydedildi. Ard arda en az iki kesitte dejeneratif değişiklik çeşidi görülüyorsa, kemik değişim mevcut olarak kabul edildi.



Şekil 3.4 Ağız kapalı pozisyonda çekilmiş, lateral kesitler: A) Kemik değişimi yok, B) Osteofit, C) Erozyon, D) Düzleşme, E) Skleroz, F) Artiküler eminensde skleroz.

Kondil başının şekli çeşitlilik gösterdiğinden, radyografik olarak yorumlarken, kalp şekilli, yuvarlak, düz ve mediolateral olarak geniş çaplı kondil başı şekilleri normal anatomik görünüm aralığında kabul edildi (şekil 3.5).



Şekil 3.5 Farklı kondil şekillerinin radyografik görüntüleri: A) Kalp şekilli, B) Yuvarlak, C) Düz, D) Mediolateral olarak geniş çaplı.

3.3 Fraktal Analiz

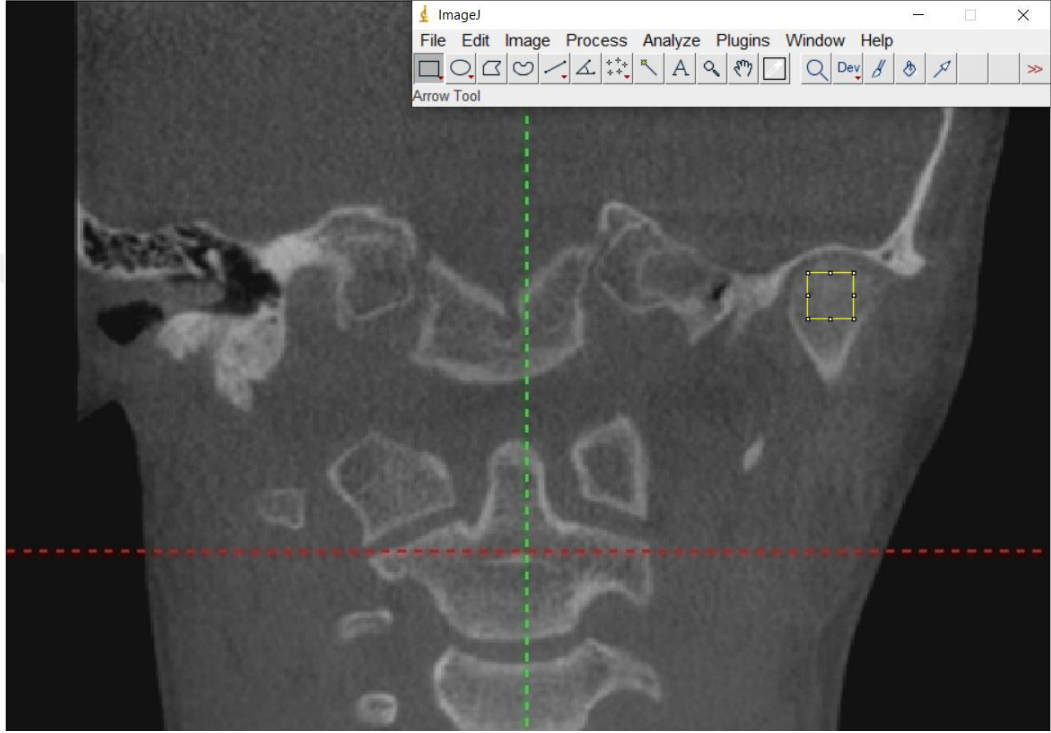
TME kemik elemanlarındaki mekanik ve işlevsel koşullara bağlı dejeneratif değişiklikleri radyografide gözle değerlendirmek her zaman mümkün değildir. Trabeküler kemik fraktal özelliklere sahip bir yapıdır ve trabeküler kemiğin karmaşıklık derecesini ifade eden fraktal boyutunun ölçülmesi, bu engeli aşmak için yardımcı olabilir.

Arka çapraz kapanışın ve maksiller darlığın TME bölgesindeki etkisini değerlendirmek amacıyla fraktal analiz yöntemi kullanıldı. Her TME bölgesinden, hem koronal hem de sagittal kesitlerde fraktal analiz yapıldı.

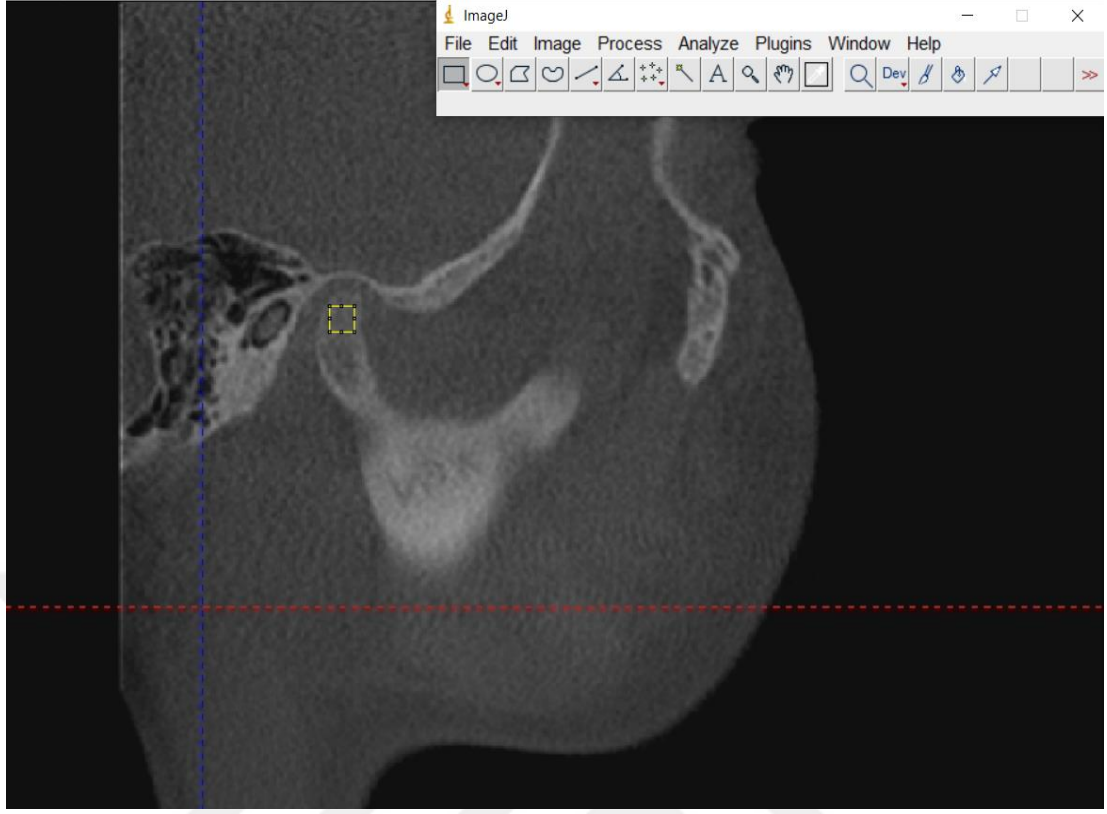
Fraktal analiz işlemleri için, radyolojik değerlendirme yapılan bilgisayarın aynısına (Lenovo Legion Y520) java görüntü işleme ve analiz programı olan Image J programı kuruldu. Program, <https://imagej.nih.gov> internet sitesinden ücretsiz olarak indirildi. KIBT kesitleri üzerinde fraktal analiz yapılırken White ve Rudolph tarafından tasarlanan yöntem kullanıldı (86).

Hasta ve kontrol grubuna ait koronal ve sagittal KIBT görüntüleri Image j programında açıldı.

KIBT görüntüleri üzerinde, koronal kesitlerde kondilin spongiöz kemik bölgesinden 25x25 piksel boyutunda kare şeklinde ilgili bölgeler (ROI) seçildi. Sagittal kesitlerde ise 20x20 piksel boyutunda ROI seçildi.

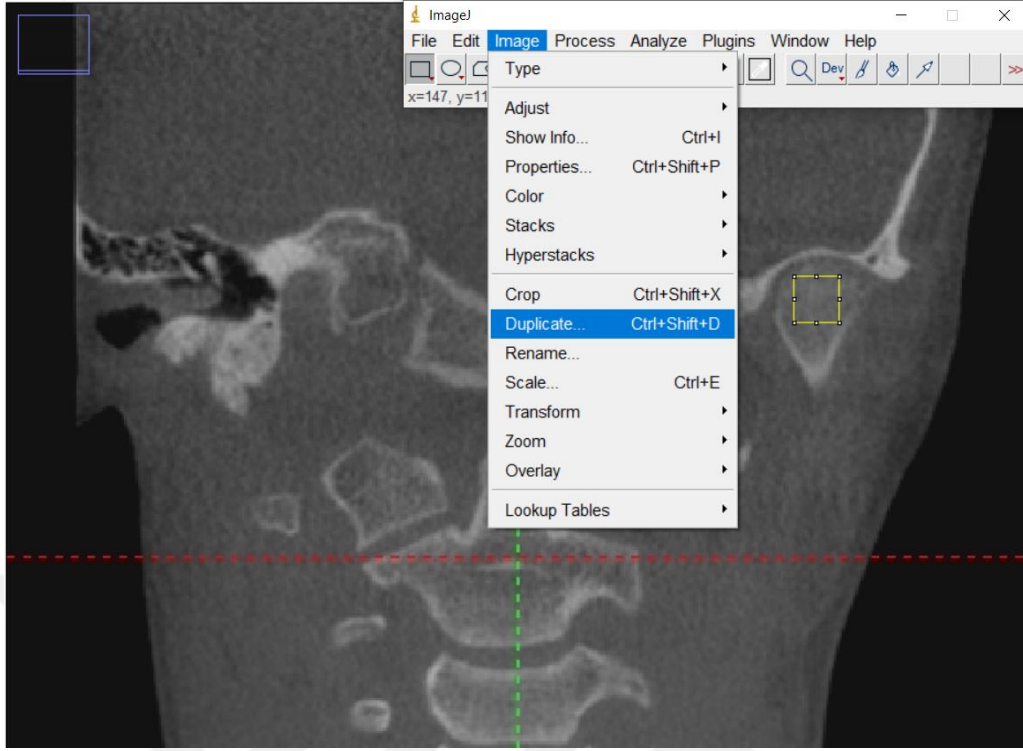


Şekil 3.6 Koronal kesit üzerinde 25x25 piksel ROI seçimi.

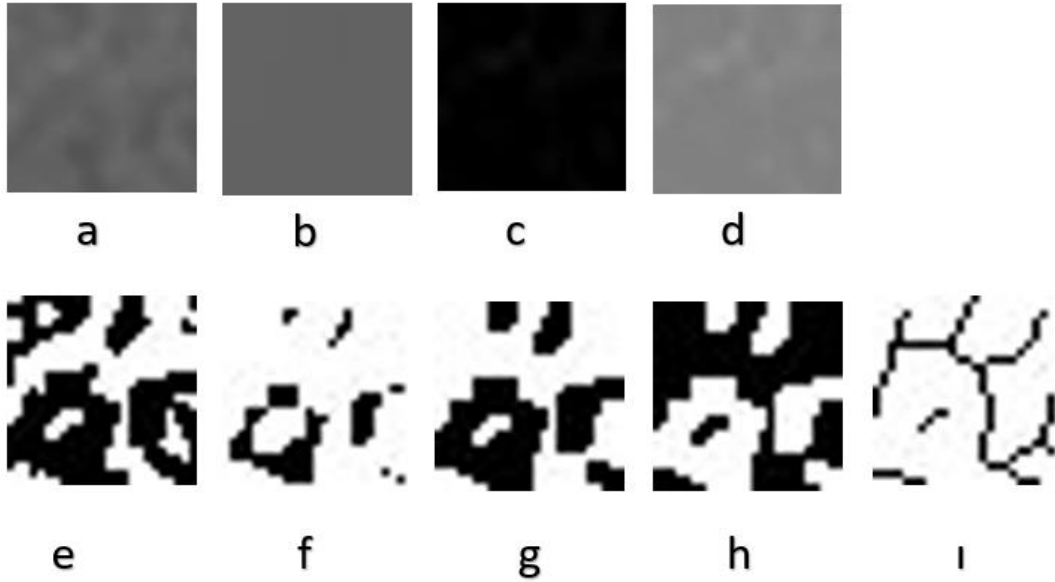


Şekil 3.7 Sagittal kesit üzerinde 20x20 piksel ROI seçimi.

Öncelikle ROI dublike edildi ve Gaussian Blur filtresiyle bulanıklaştırıldı (şekil 3.8). Buradaki amaç kemiğin üzerindeki yumuşak doku ve farklı kemik kalınlıklarına bağlı parlak bölgelerin bulanıklaştırılmasıydı.



Şekil 3.8 Seçilen ROI'nin dublide edilmesi.



Şekil 3.9 White ve Rudolph yöntemine göre Fraktal analiz basamakları. A) Duplike ROI görüntüsü, B) Gaussian Blur filtresiyle bulanıklaştırılma, C) Dublike ROI görüntüsünden bulanıklaştırılan görüntünün çıkartılması, D) 128 gri tonu ekleme, E) Siyah-beyaz görüntüye çevirme, F) Erode işlemi, G) Dilate işlemi, H) Renkleri tersine çevirme, I) İskeletleştirme.

Bulanıklaştırılmış olan ROI , *subtraction* işlemi ile orjinalinden çıkarıldı.

Her piksel için 128 gri tonu eklenildi. Böylece görüntüdeki trabeküler yapı ortaya çıkarıldı.

Threshold seçeneği kullanılarak görüntü siyah beyaz hale çevirildi.

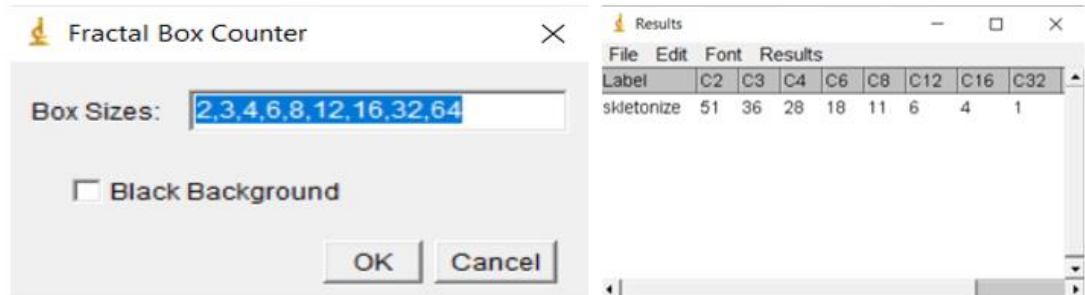
Görüntüdeki gürültülü alanlar erode seçeneği ile azaltıldı.

Ortaya çıkarılan görüntü *dilate* seçeneği ile daha kalın ve belirgin hale getirildi.

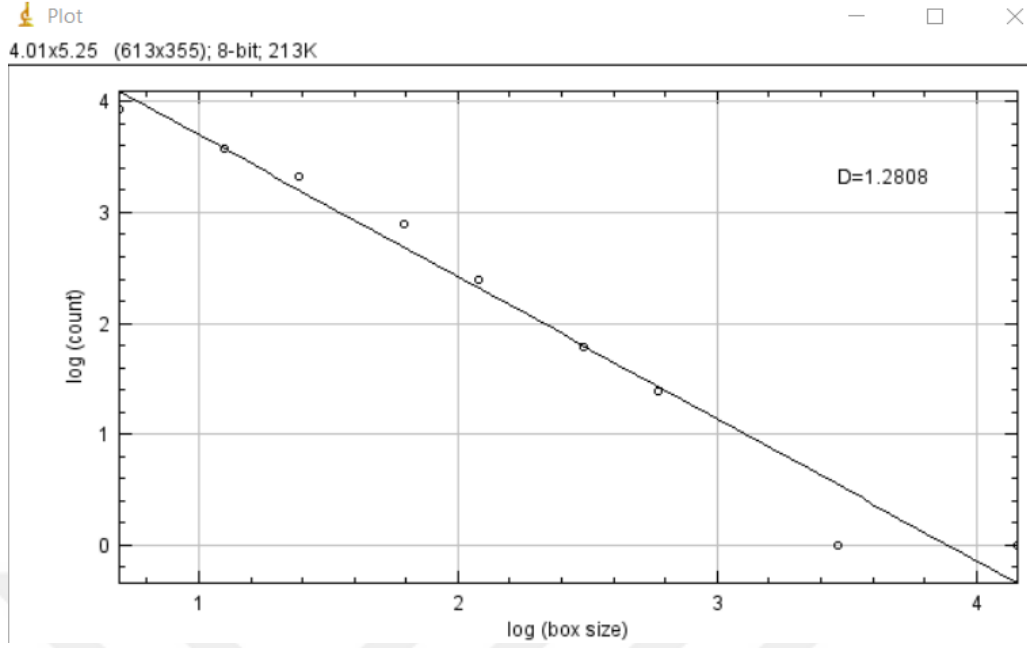
Invert seçeneği ile renkler tersine çevrildi, böylece trabeküler yapı beyaz göründü.

Skeletonize seçeneği ile görüntü çizgilere dönüştürülerek fraktal analize uygun hale getirildi (Şekil 3.9).

Fraktal kutu sayma yöntemi kullanılarak trabeküler yapının karmaşıklık miktarını gösteren fraktal değer elde edildi (şekil 3.10 ve şekil 3.11).



Şekil 3.10 Fraktal analizde kutu sayma yöntemi.



Şekil 3.11 Değerlerin logaritmik ölçekte çizimi. Doğrunun eğimi fraktal boyutu verir.

3.4 İstatistiksel İnceleme

Çalışmadaki ölçümlerin normal dağılıp dağılmadığına Kolmogorov-Smirnov testi ($n>50$) ve Skewness-Kurtosis testleri ile bakılmış ve ölçümlerin tümü normal dağıldığından dolayı Parametrik testler uygulanmıştır. Çalışmamızdaki değişkenler için tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart sapma, sayı ve yüzde olarak ifade edilmiştir. Gruplara göre Ölçümlerin karşılaştırılmasında Bağımsız T-testi ve Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Duncan testi kullanılmıştır. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede ise Ki-kare testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi (α) %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (IBM SPSS for Windows, ver.25) istatistik paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, ADÇR Anabilim Dalı'nda KIBT'ı çekilmiş, 34 tek taraflı arka çapraz kapanışı olan, 24 çift taraflı arka çapraz kapanışı olan, 39 maksiller darlığı bulunup çapraz kapanışı olmayan ve kontrol grubu olarak 36 Angle sınıf I kapanışa sahip bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Tek taraflı arka çapraz kapanışa sahip grubun yaş ortalaması 20,05, çift taraflı arka çapraz kapanışa sahip grubun 20,7, maksiller darlık grubunun 20,7 ve kontrol grubunun 20,4 olarak ölçüldü (Tablo 4.1).

Tek taraflı arka çapraz kapanış grubunun 17'si erkek (%50), 17'si kadın (%50), çift taraflı arka çapraz kapanış grubunun 11'i erkek (%45,8), 13'ü kadın (%54,2), maksiller darlık grubunun 11'i erkek (%28,2), 28'i kadın (%72,8) ve kontrol grubunun 11'i erkek (%30,6), 25'i kadın (%69,4) idi (Tablo 4.2).

Tablo 4.1 Gruplara göre yaşın dağılımı.

	N	Ort.	Std. Dev.	En az	En çok	*p.
Kontrol Grubu	36	20,44	2,66	17	25	0,536
Tek Taraflı Arka Çapraz Kapanış	34	20,05	1,73	17	22	
Çift Taraflı Arka Çapraz Kapanış	24	20,70	2,51	15	26	
Maksiller Darlık	39	20,74	1,6	17	24	
Toplam	133	20,48	2,13	15	26	

Tablo 4.2 Gruplara göre cinsiyet dağılımı.

			Cinsiyet		Toplam
			Erkek	Kadın	
Gruplar	Kontrol Grubu	N	11	25	36
		%	%30,6	%69,4	%100
	Tek Taraflı Arka Çapraz Kapanış	N	17	17	34
		%	%50	%50	%100
	Çift Taraflı Arka Çapraz Kapanış	N	11	13	24
		%	%45,8	%54,2	%100
	Maksiller Darlık	N	11	28	39
		%	%28,2	%71,8	%100
Toplam		N	50	83	133
		%	%37,6	%62,4	%100
Ki-kare=5,150					
*p=0,161					

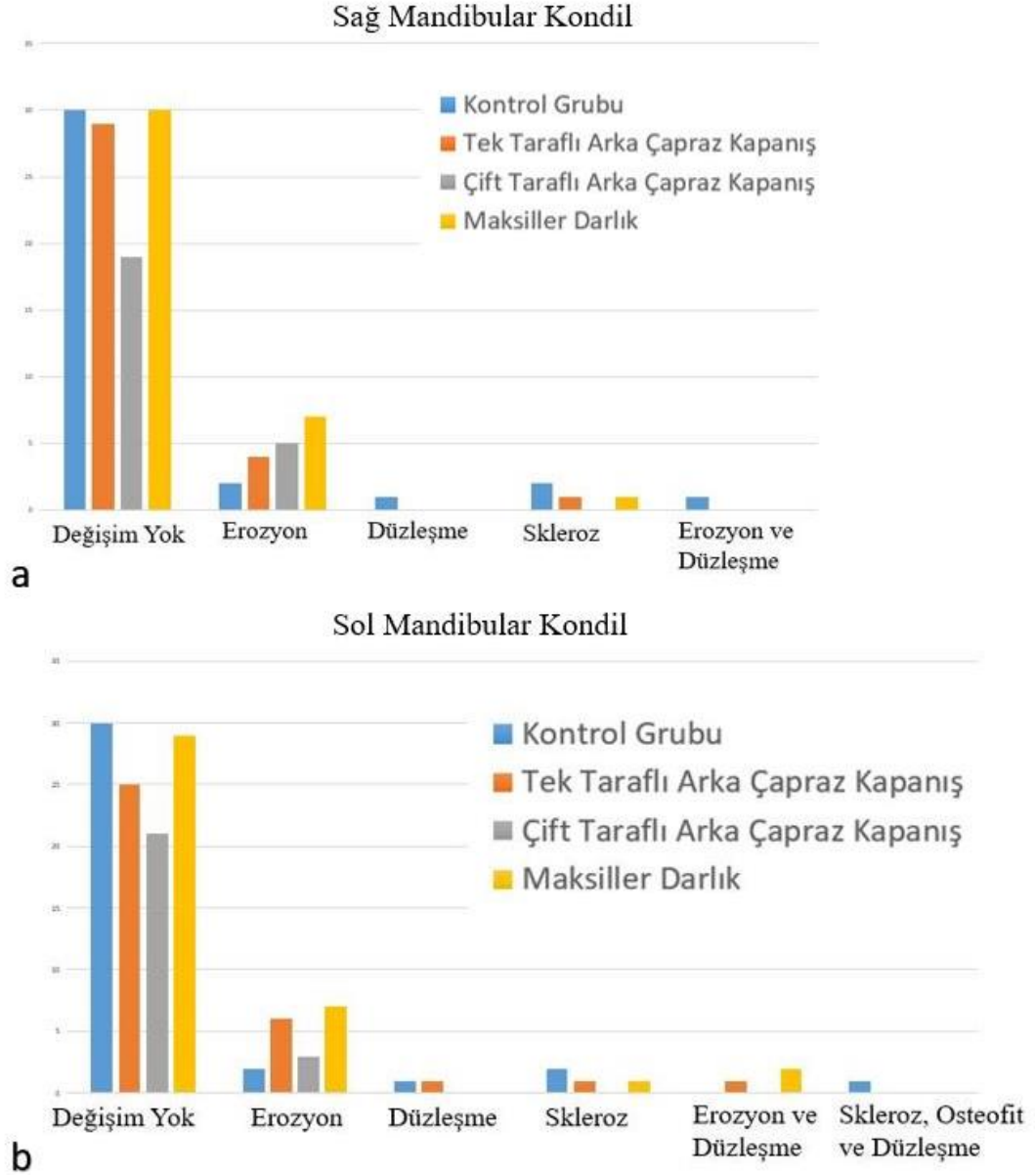
Tüm hastalara ait 266 TME bölgesinde, mandibular kondilde en sık görülen kemik değişimi erozyon idi. 41 (sağ 20, sol 21) kondilde erozyon görüldü. Bunu takiben 9 (sağ 3, sol 6) kondil bölgesinde düzleşme, 9 (sağ 4, sol 5) kondil bölgesinde skleroz mevcuttu. Bir hastada sol kondil bölgesinde osteofit formasyonu görüldü. Yalnızca bir hastada sağ artiküler eminensde skleroz mevcut iken incelenen diğer artiküler eminens bölgelerinde kemik değişimi gözlenmedi. (Tablo 4.3)

Tablo 4.3 Dejeneratif değişimlere ait genel dağılım.

		N	%
Sağ Mandibular Kondil	Değişim yok	108	%81,25
	Erozyon	18	%13,5
	Düzleşme	1	%0,75
	Skleroz	4	%3
	Düzleşme+Erozyon	2	%1,5
Sol Mandibular Kondil	Değişim yok	105	%78,95
	Erozyon	18	%13,55
	Düzleşme	2	%1,5
	Düzleşme+Erozyon	3	%2,25
	Skleroz	4	%3
	Düzleşme+Skleroz+Osteofit	1	%0,75
Sağ Artiküler Eminens	Değişim yok	132	%99,25
	Skleroz	1	%0,75

Kontrol grubunda, 72 TME bölgesinde, 5 (sağ 3, sol 2) mandibular kondilde erozyon, 5 kondilde skleroz (sağ 2, sol 3), 4 (sağ 2, sol 2) kondilde düzleşme ve 1 sol mandibular kondilde osteofit görüldü. Tek taraflı arka çapraz kapanış grubunda, 68 TME bölgesinde, 11 (sağ 4, sol 7) mandibular kondilde erozyon, 2 (sağ 1, sol 1) kondilde skleroz ve 2 (sol) kondilde düzleşme görüldü. Çift taraflı arka çapraz kapanış grubunda, 48 TME bölgesinde, 8 (sağ 5, sol 3) mandibular kondil bölgesinde erozyon görülürken, 1 artiküler eminens bölgesinde skleroz görüldü. Maksiller darlık grubunda, 78 TME bölgesinde, 17 (sağ 8, sol 9) mandibular kondilde erozyon, 3 (sağ 1, sol 2) kondilde düzleşme ve 2 (sağ 1, sol 1) kondilde skleroz görüldü (şekil 4.1).

Gruplara göre kemik değişimi varlığında hem sağ taraf hem de sol taraf mandibular kondiller için, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı (Tablo 4.4, Tablo 4.5).



Şekil 4.1 A) Sağ mandibular kondildeki değişimlerin gruplara göre dağılımı, B) Sol mandibular kondil bölgesindeki değişimlerin gruplara göre dağılımı.

Tablo 4.4 Sağ mandibular kondilde, dejeneratif değişikliklerin gruplara göre dağılımı.

			Gruplar				Toplam
			Kontrol Grubu	Tek Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Çift Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Maksiller Darlık	
Sağ Mandibular Kondil	Değişim Yok	N	30	29	19	30	108
		%	%27,8	%26,9	%17,6	%27,8	%100
	Erozyon	N	2	4	5	7	18
		%	%11,1	%22,2	%27,8	%38,9	%100
	Düzleşme	N	1	0	0	0	1
		%	%100	%0	%0	%0	%100
	Skleroz	N	2	1	0	1	4
		%	%50	%25	%0	%25	%100
	Erozyon ve Düzleşme	N	1	0	0	1	2
		%	%50	%0	%0	%50	%100
Toplam		N	36	34	24	39	133
		%	%27,1	%25,6	%18	%29,3	%100
Ki-kare=9,241 *p=0,682							

Tablo 4.5 Sol mandibular kondilde, dejeneratif değişikliklerin gruplara göre dağılımı.

			Gruplar				Toplam
			Kontrol Grubu	Tek Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Çift Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Maksiller Darlık	
Sol Mandibular Kondil	Değişim Yok	N	30	25	21	29	105
		%	%28,6	%23,8	%20	%27,6	%100
	Erozyon	N	2	6	3	7	18
		%	%11,1	%33,3	%16,7	%38,9	%100
	Düzleşme	N	1	1	0	0	2
		%	%50	%50	%0	%0	%100
	Skleroz	N	2	1	0	1	4
		%	%50	%25	%0	%25	%100
	Erozyon ve Düzleşme	N	0	1	0	2	3
		%	%0	%33,3	%0	%66,7	%100
	Skleroz, Osteofit ve Düzleşme	N	1	0	0	0	1
		%	%100	%0	%0	%0	%100
Toplam		N	36	34	24	39	133
		%	%27,1	%25,6	%18	%29,3	%100
Ki-Kare=12,113 *P=0,670							

Sağ ve sol TME bölgesinde görülen hasta grupları ve kontrol grubu arasındaki dağılımlar Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 de gösterilmiştir. Sağ TME bölgesinde toplam Muir Goss puanı 0, 1, 2 ve 4 olan hastalar mevcut iken sol TME bölgesinde toplam Muir Goss puanı 0, 1, 2 ve 3 olan hastalar bulunmaktaydı. Bu tablolara göre dejeneratif değişikliklerin şiddetini gösteren toplam Muir Goss puanları ile gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenememiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.6 Sağ TME bölgesi toplam Muir Goss puanlarının gruplara göre dağılımı.

			Gruplar				Toplam
			Kontrol Grubu	Tek Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Çift Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Maksiller Darlık	
Sağ TME Muir Goss	0	N	29	29	18	30	106
		%	%27,4	%27,4	%17	%28,3	%100
	1	N	6	5	6	8	25
		%	%24	%20	%24	%32	%100
	2	N	0	0	0	1	1
		%	%0	%0	%0	%100	%100
	4	N	1	0	0	0	1
		%	%100	%0	%0	%0	%100
Toplam		N	36	34	24	39	133
		%	%27,1	%25,6	%18	%29,3	%100
Ki-kare=6,288 *p=0,711							

Tablo 4.7 Sol TME bölgesi toplam Muir Goss puanlarının gruplara göre dağılımı.

			Gruplar				Toplam
			Kontrol Grubu	Tek Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Çift Taraflı Arka Çapraz Kapanış	Maksiller Darlık	
Sol TME Muir Goss	0	N	30	26	21	29	106
		%	%28,3	%24,5	%19,8	%27,4	%100
	1	N	4	7	3	8	22
		%	%18,2	%31,8	%13,6	%36,4	%100
	2	N	1	0	0	2	3
		%	%33,3	%0	%0	%66,7	%100
	3	N	1	1	0	0	2
		%	%50	%50	%0	%0	%100
Total		N	36	34	24	39	133
		%	%27,1	%25,6	%18	%29,3	%100
Ki-kare=6,596 *p=0,679							

83 kadın hastanın TME bölgesinde, 62'sinde (%74,6) herhangi bir değişim gözlenmezken, 21 (%25,4) kadın hastada sağ ve/veya sol TME bölgesinde dejeneratif kemik değişimi saptanmıştır. Kadınlarda 18 kondilde (sağ 7, sol 11) erozyon, 7 kondilde (sağ 3, sol 4) skleroz, 7 kondilde (sağ 2, sol 5) düzleşme görülmüştür.

50 erkek hastanın TME bölgesinde, 34'ünde (%68) herhangi bir kemik değişimi görülmemiş olup, 16 (%32) erkek hastada sağ ve/veya sol TME bölgesinde dejeneratif kemik değişimi saptanmıştır. Erkeklerde 23 kondilde (sağ 13, sol 10) erozyon, 2 kondilde (sağ 1, sol 1) düzleşme, 2 kondilde (sağ 1, sol 1) skleroz görülmüştür (Tablo 4.8 ,Tablo 4.9).

Tablo 4.8 Sağ kondildeki dejeneratif değişimlerin cinsiyet ile ilişkisi ve dağılımı.

			Cinsiyet		Toplam
			Erkek	Kadın	
Sağ Mandibular Kondil	Değişim Yok	N	36	72	108
		%	%33,3	%66,7	%100
	Erozyon	N	12	6	18
		%	%66,7	%33,3	%100
	Düzleşme	N	0	1	1
		%	%0	%100	%100
	Skleroz	N	1	3	4
		%	%25	%75	%100
	Erozyon ve Düzleşme	N	1	1	2
		%	%50	%50	%100
Toplam		N	50	83	133
		%	%37,6	%62,4	%100
Ki-kare=8,325 *p=0,080					

Tablo 4.9 Sol kondildeki dejeneratif değişimlerin cinsiyet ile ilişkisi ve dağılımı.

			Cinsiyet		Toplam
			Erkek	Kadın	
Sol Mandibular Kondil	Değişim Yok	N	39	66	105
		%	%37,1	%62,9	%100
	Erozyon	N	9	9	18
		%	%50	%50	%100
	Düzleşme	N	0	2	2
		%	%0	%100	%100
	Skleroz	N	1	3	4
		%	%25	%75	%100
	Erozyon ve Düzleşme	N	1	2	3
		%	%33,3	%66,7	%100
	Skleroz, Osteofit ve Düzleşme	N	0	1	1
		%	%0	%100	%100
Toplam		N	50	83	133
		%	%37,6	%62,4	%100
Ki-kare=3,291 *p=0,655					

Tüm bireylerde fraktal analiz sonucuna göre sağ ve sol eklem bölgelerinin fraktal boyut ortalamaları Tablo 4.10'daki gibidir.

Tablo 4.10. Tüm hastalara ait sagittal ve koronal kesitlerde ölçülen fraktal boyutun tanımlayıcı değerleri.

	Ortalama	Standart Dev.	En az	En çok
Sağ TME FB Koronal Kesit	1,15	0,12	0,75	1,59
Sağ TME FB Sagittal Kesit	0,96	0,12	0,62	1,18
Sol TME FB Koronal Kesit	1,15	0,11	0,81	1,50
Sol TME FB Sagittal Kesit	0,96	0,12	0,68	1,32
Sağ TME FB Ortalama	1,05	0,09	0,76	1,23
Sol TME FB Ortalama	1,06	0,09	0,78	1,26

Tablo 4.11, transvers yön anomalisi gruplarının ve kontrol grubunun sağ ve sol tarafta, koronal ve sagittal kesitlerden elde edilen fraktal boyutlarını göstermektedir. Bu tabloya göre sağ koronal kesitlerde çift taraflı arka çapraz kapanış grubunun fraktal boyutu en yüksek olup, 1,19 idi. Sağ koronal kesitlerden elde edilen fraktal boyut değerlerinde, kontrol grubunun, 1,09 olan fraktal değeri diğer gruplardan anlamlı olarak daha düşük bulundu ($p=0,012$). Diğer 3 grup arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı. Sağ sagittal kesitlerde en yüksek fraktal boyut, 0,98 değeri ile yine çift taraflı arka çapraz kapanış grubuna aitti.

Sol koronal kesitlerde en yüksek fraktal boyut değeri kontrol grubunda görülürken (1,18), en düşük fraktal boyut değeri maksiller darlık grubuna aitti (1,12). Sol sagittal kesitlerde koronal kesitlere paralel olarak en yüksek değer kontrol grubuna ait bulundu (0,97). Fakat en düşük fraktal boyut çift taraflı arka çapraz kapanış grubunundu (0,93).

Koronal ve sagittal kesitlerin ortalama fraktal boyut değerleri tablo 4.11’da gösterilmektedir.

Sağ tarafta FB ölçümlerinin ortalamasına ait değerler incelendiğinde, çift taraflı arka çapraz kapanış grubunun fraktal boyut ortalaması, diğer çalışma gruplarından anlamlı olarak daha yüksek görüldü ($p=0,031$). Kontrol grubu ve maksiller darlık grubunun sağ taraf ortalama FB değerleri benzerdir.

Tablo 4.11 Gruplara göre sağ ve sol fraktal boyut ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları.

		N	Ortalama	Std. Dev.	En az	En çok	*p.
Sağ TME FB Koronal Kesit	Kontrol Grubu	36	1,09 ^b	0,13	0,74	1,32	0,012
	Tek Taraflı A.Ç.K	34	1,16 ^a	0,11	0,93	1,59	
	Çift Taraflı A.Ç.K	24	1,19 ^a	0,08	0,94	1,33	
	Maksiller Darlık	39	1,15 ^a	0,10	0,85	1,32	
	Toplam	133	1,15	0,11	0,74	1,59	
Sağ TME FB Sagittal Kesit	Kontrol Grubu	36	0,95	0,12	0,62	1,13	0,096
	Tek Taraflı A.Ç.K	34	0,97	0,12	0,73	1,15	
	Çift Taraflı A.Ç.K	24	0,98	0,11	0,77	1,17	
	Maksiller Darlık	39	0,92	0,10	0,62	1,17	
	Toplam	133	0,95	0,12	0,62	1,17	
Sol TME FB Koronal Kesit	Kontrol Grubu	36	1,18	0,12	0,80	1,49	0,142
	Tek Taraflı A.Ç.K	34	1,15	0,13	0,82	1,34	
	Çift Taraflı A.Ç.K	24	1,14	0,08	0,98	1,31	
	Maksiller Darlık	39	1,12	0,09	0,95	1,28	
	Toplam	133	1,15	0,11	0,80	1,49	
Sol TME FB Sagittal Kesit	Kontrol Grubu	36	0,97	0,12	0,75	1,17	0,581
	Tek Taraflı A.Ç.K	34	0,96	0,11	0,74	1,14	
	Çift Taraflı A.Ç.K	24	0,93	0,15	0,68	1,31	
	Maksiller Darlık	39	0,94	0,11	0,67	1,26	
	Toplam	133	0,95	0,12	0,67	1,31	
Sağ TME FB Ortalama	Kontrol Grubu	36	1,02 ^b	0,11	0,76	1,20	0,031
	Tek Taraflı A.Ç.K	34	1,07 ^{ab}	0,08	0,86	1,20	
	Çift Taraflı A.Ç.K	24	1,09 ^a	0,08	0,87	1,23	
	Maksiller Darlık	39	1,03 ^b	0,08	0,83	1,22	
	Toplam	133	1,05	0,09	0,76	1,23	
Sol TME FB Ortalama	Kontrol Grubu	36	1,08	0,08	0,78	1,22	0,145
	Tek Taraflı A.Ç.K	34	1,05	0,09	0,86	1,22	
	Çift Taraflı A.Ç.K	24	1,04	0,09	0,89	1,24	
	Maksiller Darlık	39	1,03	0,08	0,86	1,26	
	Toplam	133	1,05	0,09	0,78	1,26	

5. TARTIŞMA

Fraktal, daha büyük ölçekli yapıya benzeyen alt birimlerin oluşturduğu, kendi kendine benzerlik veya ölçek değişmezliği olarak bilinen bir özelliktir (103, 109, 110). İnsan vücudunda, pulmoner dallanma ve trabeküler kemik gibi bir çok doğal ve biyolojik fraktal mevcuttur (84, 111). Fraktal analiz, fraktal yapıların karmaşıklığını ölçmek için kullanılır ve sayısal olarak FB şeklinde ifade edilir (112). Trabeküler kemiğin yoğunluğunu, karmaşıklık derecesini değerlendirmek için fraktal boyutunu hesaplayan pek çok çalışma mevcuttur (113-116).

Tek taraflı ve çift taraflı arka çapraz kapanış ve maksiller darlık gibi maksilla ile mandibulanın transvers yönde ilişkisindeki anomaliler, TME bölgesine anormal kuvvet iletilmesine neden olur. Bu nedenle mandibular kondilde trabeküler kemikte değişime neden olabilir. Bu çalışmada, arka çapraz kapanışı olan hastalarda, TME bölgesindeki kemik elemanlar, bu bölgenin ayrıntılı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan KIBT kullanılarak incelendi ve mandibular kondildeki trabeküler yapı, fraktal analiz yöntemi ile değerlendirildi.

Transvers yön anomali olan bireylerin FB değerlerinin hesaplanmasının yanı sıra, koronal ve sagittal kesitlerden elde edilen fraktal boyutun farklılıklarında hesaplandı.

Fraktal analiz yöntemi ile intraoral radyografiler üzerinde, trabeküler paterni ölçen çalışmalar mevcuttur. Jolley ve ark. (117) kVp ve kon açısının, FB üzerine etkisini intraoral radyografiler ile değerlendirmiştir. Chen ve ark. (118) endodontik tedavi sonrası, apikal lezyonların fraktal boyutlarındaki değişimi intraoral radyografiler ile değerlendirmiştir. İntraoral radyografiler panoramik radyografilere göre daha yüksek çözünürlüğe sahiptir ve daha kesin ve doğru sonuçlar elde edilir. Maksilla ve mandibulanın trabeküler kemik iç morfolojik özelliklerinin nasıl farklılaştığını karakterize etmek için yapılan bir çalışmada da benzer şekilde intraoral radyografilerden yararlanılmıştır (119). Trabeküler yapıyı değerlendirmek için yeterli olduklarından panoramik radyografiler üzerinde de fraktal boyut ölçülmüştür. Kemik metabolizmasını etkileyen çeşitli hastalıkların ve ilaçların etkilerini, panoramik radyografiler üzerinde fraktal analizle değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (120-124). Üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinden KIBT,

maksillofasiyal bölgeyi görüntülemek için tasarlanmıştır. Kafa kemiklerinin trabeküler yapısı ayrıntılı biçimde KIBT ile görüntülenebilir. KIBT ile, TME bölgesi süperpozisyonlar ve magnifikasyonlar olmadan incelenebilmektedir. Bu çalışmada, arka çapraz kapanışın TME bölgesine ve mandibuler kondilin trabeküler yapısına olan etkileri KIBT üzerinde fraktal analiz yapılarak değerlendirildi.

Önceki çalışmalara bakıldığında FB'nin, ROI'nin lokalizasyonundan ve ROI'nin sınırlarından büyük ölçüde etkilendiği fakat projeksiyon açısı ve X ışını parametrelerinden etkilenmediği gösterilmiştir ve ROI sınırlarına yalnızca trabeküler kemik alanının dahil edilmesi gerektiğine dair fikir birliği vardır (88, 91, 125). Güleç ve ark. (8) panoramik radyografiler üzerinde, mandibular kondil, gonial bölge ve dişli posterior bölge olmak üzere üç farklı ROI seçerek yaptıkları çalışmalarında, en yüksek FB'yi gonial bölgede hesaplamışlardır. Gaalaas ve ark. (126) KIBT görüntülerinde, farklı kemiklerin fraktal boyutunu hesapladıkları çalışmalarında, dört farklı bölgeden ROI seçtiler. Koronal kesitlerde maksillada 2.premolar ve 1. Molar dişler arası bölgedeki trabeküler kemikten, mandibulada aynı dişli bölgeden, mandibular kondilden ve sagittal kesitlerde de C2 (Axis) vertebranın trabeküler kemik bölgesinden ROI seçtiler. En yüksek fraktal boyutu Axis bölgesinde buldular, bunu sırasıyla kondil bölgesi ve maksilla takip etti. En düşük fraktal boyutu ise mandibula dişli bölgede buldular. Bu çalışmada her iki mandibular kondilde koronal kesitlerde 25x25 piksel boyutunda, sagittal kesitlerde ise 20x20 piksel boyutunda ROI seçildi. Aynı bölgede iki farklı kesitte fraktal analiz yapıldı. Hem sağ hem de sol taraf için koronal kesitte ölçülen fraktal değer ortalama 1,15 iken, sagittal kesitten elde edilen fraktal değer 0,96 olarak bulundu (Tablo 4.10). Sagittal kesitlerde fraktal değerinin daha düşük bulunmasının sebebi daha düşük pikselde ROI seçilmesi olabilir. ROI'nin boyutunun ve lokalizasyonunun fraktal boyuta etkisi olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (127).

Fraktal analiz yapılırken en sık kullanılan ölçüm yöntemi, kutu sayma metodudur (90, 128). Bu çalışmada da fraktal boyut hesaplanırken kutu sayma metodu kullanıldı.

Trabeküler kemik, kortikal kemikten daha yüksek metabolik aktiviteye sahiptir bu yüzden kemik yapısı değişiklikleri trabeküler kemik yapısı üzerinden anlaşılabilir

(129). Bu çalışmada, TME bölgesinde, mandibular kondildeki trabeküler kemik üzerinde fraktal analiz yapıldı. Koronal ve sagittal kesitlerde ROI seçiminde kortikal kemiğin sınırlara dahil edilmemesine özen gösterildi.

Mandibular kondilde, çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle görülen ve sürekli yapım ve yıkım olayları içeren yeniden şekillenme fizyolojik bir süreç olarak görülür. Fakat osteoartrit gibi patolojiler, travma veya anormal çiğneme kuvvetlerinin etkisi ile patolojik yeniden şekillenme oluşabilir ve radyografilerde gözle görülebilir şekil değişikliği gözlenebilir. Mandibuler kondilin kortikal tabakasında görülen skleroz, progresiv yeniden şekillenme sonucu, erozyon ise regresif yeniden şekillenme sonucu oluşur. Osteofitler ise periferik yeniden şekillenme sonucunda görülürler (108). Arsan ve ark. (70) temporomandibular eklem bozukluğu (TMB) olan hastalarda mandibular kondili inceledikleri çalışmalarında, yaşları 18-72 arasında değişen TMB teşhisi konmuş 100 hastaya ve 100 sağlıklı kontrol grubuna ait 400 eklem bölgesinin panoramik görüntülerini değerlendirdiler. Hasta grubunda 175 eklemde (%87,5) düzleşme, 71 eklemde (% 35,5) erozyon, 55 eklemde (%27,5) skleroz, 40 eklemde (%20) konkavite, 14 eklemde (%7) osteofit, 2 eklemde (%1) subkortikal kist olduğunu gördüler. Kontrol grubunda ise 133 eklemde (%66,5) düzleşme, 25 eklemde (%12,5) skleroz, 7 eklemde (%3,5) erozyon, 6 eklemde (%3) osteofit, 4 eklemde (%2) konkavite ve 2 eklemde (%1) subkortikal kist tespit ettiler. Kayıpmaz ve ark. (130) osteoartritin mandibular kondil trabekül yapısına etkisini araştırdıkları çalışmalarında; osteoartrit teşhisi konmuş, 21-57 yaş aralığında 35 kadın hastanın ve yaşları 20- 66 arasında sağlıklı 35 kadın hastanın KIBT görüntülerini değerlendirdiler. Osteoartrit grubunda 31 eklemde erozyon, 23 eklemde osteofit, 12 eklemde düzleşme, 4 eklemde skleroz görülürken, kontrol grubunda 31 eklemde skleroz, 23 eklemde düzleşme, 12 eklemde osteofit ve 4 eklemde erozyon tespit ettiler. Bu çalışmada yaşları 15-26 arasında değişen, 34 tek taraflı arka çapraz kapanışa sahip, 24 çift taraflı arka çapraz kapanışa sahip, 39 maksiller darlığı olan ve 36 Angle sınıf I kapanışa sahip kontrol grubunun KIBT görüntüleri incelendi. 133 hastanın 266 eklem bölgesinden 213 eklemde kemik değişimi gözlenmedi. Dejeneratif kemik değişimi diğer çalışmalara göre çok daha düşük oranda görüldü. 20 yaş altı bireylerde kemikte dejeneratif değişimler nadir görülürken, ileri yaş gruplarında neredeyse her eklemde bulunabilir

(108). Bizim çalışmamızda dejeneratif değişimlerin görülme sıklığının diğer çalışmalardan daha düşük bulunmasının sebebinin seçilen çalışma gruplarının genç olmasından kaynaklandığını düşünüyoruz.

Dejeneratif kemik değişimlerinin şiddeti, Muir ve Goss yönteminde olduğu gibi 0 ile 2 arasında skorlandı. Bu puanlamaya göre; 0 skoru belirgin bir değişimin olmadığını, 1 skoru hafif değişim görüldüğünü ve 2 skoru yaygın değişim görüldüğünü göstermektedir (108). Mandibular kondil ve artiküler eminenste görülen her bir kemik değişimi skorlandı ve o TME bölgesine ait toplam puan hesaplandı (Tablo 4.6 ve Tablo 4.7). Dejeneratif değişimlerin sıklığının az görülmesine paralel olarak değişimlerin şiddeti de literatürdeki benzer çalışmalardan daha düşük olarak bulundu (9, 130).

Trabeküler kemikte, tedavi sonrası operasyon bölgesinde iyileşme takip edilirken, erken evre radyolojik değişimleri ayırt etmede zorluklar ile karşılaşılmaktadır. Cerrahi ve endodontik tedavilerin akabinde iyileşmeyi fraktal analiz ile değerlendiren pek çok çalışma bulunmaktadır. Chen ve ark. (118) endodontik tedavi sonrasında ilgili dişin periapikal bölgesinden ölçülen FB değerlerinde artış saptadılar ve Heo ve ark. (98) ortognatik cerrahiden sonra operasyon alanında trabeküler kemikte FB'de basamaklı bir artış olduğunu hesapladılar.

Huang ve ark. (131) apikal radyolüsent lezyonu olan dişlere kök kanal tedavisi öncesi ve kök kanal tedavisinden 1 yıl sonrasında çekilmiş periapikal radyografiler üzerinde fraktal analiz ile iyileşmeyi değerlendirmişlerdir. Çalışmalarına, kronik apikal periodontitis görülen, kök kanal tedavisi veya kök kanal tedavisi ile birlikte apikal rezeksiyon tedavisi gördükten 3 yıl sonra klinik şikayeti olmayan ve radyografik olarak da iyileşmiş görülen, 26 hastanın periapikal radyografileri üzerinde fraktal analiz yaptılar. Diş kökünün apeksinden seçtikleri ROI'lerin FB değerlerinde, tedavilerden bir yıl sonra, 26 hastanın 24'ünde artış olduğu görüldü.

Mu ve ark. (132) 48 hastanın, implant tedavisi sonrası trabeküler kemik bölgesini fraktal analiz ile değerlendirdiler. İmplant üstü protez yerleşimi öncesinde ve 12 ay sonrasında alınan periapikal radyografilerde implantın mesialinden ve distalinden ROI seçimi yaptılar. Protezin yüklenmesinden önceki ortalama FB

değerini 1,42 olarak ölçtüler. 12. aydaki ortalama FB değerinin (1,43) anlamlı olarak yükseldiğini hesapladılar.

İmplant cerrahisinden önce ve implant cerrahisinden 3 ay sonra alınan panoramik radyografilerde fraktal boyutları karşılaştıran bir çalışmada, 33 hastanın 50 implant bölgesi (23 maksillada, 27 mandibulada) üzerinde fraktal analiz yaptılar. İmplant yerleşiminden sonra alınan panoramik radyografilerde implantın distalindeki bölgede trabeküler kemikten kare şeklinde ROI seçtiler. İmplant öncesi radyografide benzer bir bölgede ROI seçimi yaptılar. İki farklı gözlemci FB ölçümlerinde, cerrahi sonrası radyografilerde FB’de artış olduğunu hesapladılar (90).

Zeytinoğlu ve ark. (133) çalışmalarında 76 hastanın, implant üzeri protez yüklemesinden hemen sonra, 6 ay sonra ve 12 ay sonra alınan panoramik radyografilerde, implantın etrafındaki alveolar kemiğin FB değerini karşılaştırmayı amaçladılar. Panoramik radyografiler üzerinde implantın distalinden, mesialinden ve apikalinden olmak üzere üç farklı ROI seçimi yaptılar.

FB değerlerini başlangıçta apikal, mesial ve distal ROI’ler için sırasıyla; 1,20, 1,22 ve 1,19 olarak ölçtüler, 6 ay sonra; 1,12, 1,11 ve 1,12 olarak, 12 ay sonra; 1,12, 1,11 ve 1,12 olarak ölçtüler. 6. ayda ve 12. ayda ölçülen FB değerlerinde başlangıçtaki FB değerlerine göre anlamlı olarak düşüş gördüler. 6. ve 12. aylarda hesaplanan FB değerleri arasında anlamlı fark gözlemediler. Diğer çalışmalardan farklı olarak iyileşme takibinde, FB değerinde düşüş hesaplamalarının nedenini seçtikleri görüntüleme yöntemindeki, ROI’nin seçildiği bölgedeki ve ROI boyutundaki farklılıklar olabileceğini bildirdiler.

Fraktal analiz yöntemi, şekillerin veya süreçlerin komplekslik derecesinin ölçülmesini, sayısal olarak fraktal boyut şeklinde değer verilmesini sağlar (65, 67). Literatürde sağlıklı dokulardaki komplekslik derecesinin hastalık durumunda azaldığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Fakat osteoporoz hastalarında, mikro fraktürler nedeniyle fraktal boyutta artış olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır (140-143). Fraktal özelliğe sahip anatomik yapıların yapısal karmaşıklığında, yaşlanma ve hastalık ile birlikte bozulma gösterebilir (110). Hiperparatiroidizm, orak hücreli anemi, osteoporoz, periodontitis, osteoartrit gibi

patolojilerde, trabeküler kemiğin yoğunluğundaki değişimleri, hasta ve sağlıklı gruplar arasında karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır (86, 102, 104, 134).

Çakmak ve ark. (135) tip1 ve tip2 diabet hastalarının, panoramik radyografileri üzerinde trabeküler kemik yapısını değerlendirdiler. 26 tip1 diabet hastasına, 26 tip2 diabet hastasına ve 52 sistemik olarak sağlıklı bireye ait panoramik radyografiler üzerinde, mandibulada, anterior, premolar ve molar bölge olmak üzere üç farklı ROI seçtiler. Tip 1 diabetli hastaların ortalama FB değerleri (1,25) istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kontrol grubuna göre daha düşük bulundu (1,29). Tip 2 diabet grubu ile kontrol grubunu kıyasladıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmayan birbirine yakın sonuçlar elde etmişlerdir.

Bayrak ve ark. (124) 59 Talasemi Major (TM) hastasının ve 59 sistemik olarak sağlıklı bireylerin panoramik radyografileri üzerinde fraktal boyut değerlerini karşılaştırdıkları bir çalışma yürütmüşlerdir. Panoramik radyografiler üzerinde mandibulada, 4 farklı bölgeden ROI seçimini belirlediler: ROI 1; mandibular kondil, ROI 2; mandibular angulus, ROI 3; ikinci premolar dişin distali, ROI 4; mental foramenin anterioru. ROI 2 ve ROI 4'den ölçülen FB değerlerini, TM grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha düşük buldular. ROI 1 ve ROI 3'den elde edilen FB değerleri ise istatistiksel olarak anlamlı olmasa da TM grubunda daha düşük bulundu.

Demirbaş ve ark. (104) orak hücreli anemi hastalarında trabeküler kemikteki değişimi inceledikleri çalışmalarında, yaşları 11 ile 40 arasında değişen 35 orak hücreli anemi hastasının ve 26 sistemik olarak sağlıklı bireyin panoramik görüntülerini incelediler. Panoramik radyografiler üzerinde mandibulada ikinci premolar diş ile birinci molar diş arasındaki bölgeden 64x64 piksel boyutunda ROI seçtiler. Sağlıklı bireylere ait ortalama FB değerini 1,71 olarak, orak hücreli anemi grubunun ortalama FB değerini 1,68 olarak hesapladılar. Hastalık grubunun ortalama FB değerini, istatistiksel olarak anlamlı olmasada kontrol grubundan daha düşük buldular. Anlamlı fark bulunmamasının nedeni ile ilgili; hastalık grubunda FB'un, en az ve en çok değerleri arasında daha büyük fark olduğunu ve kontrol grubunun FB değerlerinin birbirine yakın olduğunu belirttiler.

Ergün ve ark. (136) geçmişte paratiroid adenomuna bağlı hiperparatiroid görülen 65 yaşındaki hastanın, paratiroidektomi ameliyatı öncesi ve sonrasındaki panoramik görüntüleri üzerinde fraktal analiz yapmışlardır. Ameliyat öncesi dönemde hesaplanan FB değerinin, hiperparatiroidizmin kemikteki eroziv etkileri nedeniyle daha düşük olduğunu ve ameliyattan iki yıl sonra FB değerinde artış olduğunu tesbit ettiler.

Demiralp ve ark. (137) bifosfanat tedavisi gören yaşları 38 ile 78 arasında değişen 33 kanserli hastanın trabeküler kemik yapısını, 33 sağlıklı birey ile karşılaştırdılar. Kemik metabolizmasında, osteoblastlar tarafından yeni kemik oluşumu ile osteoklastlar tarafından kemik yıkımı, dinamik ve dengeli bir süreç olarak devam eder. Bisfosfonatlar osteoklastları inhibe ederler ve kemik yıkımı dengesi bozuklarından ve metabolizmadaki değişimlerden ilk önce trabeküler kemik etkilendiğinden, trabeküler kemiğin yoğunluğunda artış görülür. Panoramik radyografiler üzerinde mandibulada, kondilin subkortikal tabakasından, angulus mandibuladan, ikinci premolar dişin distalinden ve mental foramenin anteriorundan olmak üzere 4 farklı bölgede trabeküler kemikte ROI seçimi yaptılar. Ortalama FB değerlerini, bifosfanat grubunda 1,39 olarak, kontrol grubunda 1,38 olarak buldular. Bifosfanat grubunun ortalama FB değeri daha yüksekti fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Bu sonuçlar benzer bir çalışma yürüten Torres ve ark. (138) ile farklılık göstermektedir. Torres ve ark. KIBT kesitleri üzerinde ve farklı bölgelerden ROI seçimi yaptılar. Bifosfanat ile ilgili osteonekroz en sık mandibular alveolar kemiği tuttuğundan, bifosfanat kullananlarda gerçekleşebilecek kemik değişimlerinin, alveolar bölgede daha yoğun olabileceği düşünülmektedir. Torres ve ark. alveolar kemiğe daha yakın olarak seçtikleri ROI'lerde, bifosfanat kullanan grubun FB değerlerini, benzer şekilde daha yüksek olarak hesapladılar.

Updike ve ark. (139) periodontal hastalıkların çevre kemik dokuya etkisini fraktal analiz ile değerlendirdiler. 36 adet periodontal olarak sağlıklı (cep derinliği <3mm) bireyi, 36 adet orta derecede periodontitis (dişlerin %66'sında 3-4 mm ataçman kaybı bulunan) hastasını, 36 adet şiddetli periodontitis (dişlerin %66'sında 5 mm ve üzeri ataçman kaybı) hastasını çalışmalarına dahil ettiler. Periapikal radyografilerde, 22 numaralı dişin mesialinden ve 27 numaralı dişin mesialinden,

yalnızca trabeküler kemik içeren ROI seçimi yaptılar. Anterior bölgede, kontrol grubunun ortalama FB değeri 1,74, orta derecede periodontitis grubunun ortalama FB değeri 1,66 ve şiddetli periodontitis grubunun ortalama FB değeri 1,64 olarak ölçüldü. Kontrol grubu ile periodontitis grupları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

Göller Bulut ve ark. (123) aromataz inhibitörleri ile tedavi gören meme kanserli kadınlarda trabeküler kemikteki değişimleri incelediler. 34 aromataz inhibitörü tedavisi gören hastanın ve 34 sağlıklı bireyin panoramik radyografilerinde fraktal analiz yaptılar. Aromataz inhibitörleri, östrojen hormonunun üretimini azaltmak için kullanılırlar. Bu ilaçların kemik metabolizması üzerine istenmeyen etkileri bulunmaktadır. Osteopeni veya osteoporoza yol açabilirler. Mandibular kondilden, angulus mandibuladan, mandibular ikinci premolar dişin distalinden ve mental foramenin anteriorundan olmak üzere dört farklı ROI seçimi yaptılar. Angulus mandibuladan ve anterior bölgeden ölçülen FB değerlerini, kontrol grubunda, tedavi grubundan anlamlı olarak daha yüksek buldular. Mandibular kondilden ve posterior bölgeden ölçülen FB değerlerinin ortalamasını, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kontrol grubunda, tedavi grubundan daha yüksek hesapladılar.

Osteoporoza bağlı trabeküler kemikteki değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında Güngör ve ark. (140) yaşları 48 ile 71 arasında değişen 26 osteoporoz hastasının, yaşları 35 ve 66 arasında olan 33 osteopeni hastasının ve yaşları 24 ile 63 arasında olan 31 sağlıklı bireyin KIBT görüntülerini incelediler. Sagittal kesitlerde maksilla anterior bölgeden ve koronal kesitlerde mandibular kondilden ROI seçtiler. Osteoporoz grubunun fraktal boyut değerlerini, osteopeni grubundan ve kontrol grubundan anlamlı olarak daha düşük buldular. Osteopeni grubu ile kontrol grubunun fraktal boyut değerlerini birbirine yakın buldular. Literatürde benzer çalışmalarda osteoporoz varlığında FB değerinin yüksek olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (141-144). Bu durumun nedeninin, osteoporoz hastalarının trabeküler kemiklerindeki, mikro kırıklarda artış ile ilişkili olduğunu söylemişlerdir.

Mostafa ve ark. (143) menapoz sonrası osteoporoz görülen kadınların trabeküler kemik yapısını, sağlıklı kadınların trabeküler kemik yapısıyla kıyasladılar. Yaşları 55-70 arasında değişen, 25 osteoporoz hastası ile 25 sağlıklı kontrol grubunun

KIBT görüntüleri üzerinde fraktal analiz yaptılar. Koronal kesitlerde, mental foramen bölgesinde, trabeküler kemikten dairesel ROI seçtiler. Osteoporoz grubunun ortalama FB değerini 1,19 olarak, kontrol grubunun ortalama FB değerini 1,17 olarak hesapladılar. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Sonuçları, osteoporozda düşük FB değeri bulunan çalışmalar ile çelişmektedir (87, 140). Yazarlar çelişen bu durumun nedeninin, karmaşık ve pürüzlü kemik yapısının demineralizasyon sonucunda düzleşmesi, daha az karmaşık hale gelmesi ile ilişkili olduğunu söylemektedir (87).

Arsan ve ark. (63) TME bölgesinde fraktal analiz yaptıkları çalışmalarında, mandibular kondilden 84x84 piksel kare şeklinde ROI seçtiler. TMB olan grubun, ortalama FB değerini 1,22 olarak ve kontrol grubunun ortalama FB değerini 1,25 olarak hesapladılar. Kontrol grubu ile TMB grubu arasındaki bu fark sol mandibular kondil FB değerleri ortalaması için anlamlı bulunurken, sağ mandibular kondil FB değerleri ortalaması için istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

Güleç ve ark. (8) bruksizm alışkanlığının mandibulada trabeküler kemiğe etkisini araştırdılar. Klinik muayene ve anamnez ile bruksizm tanısı koydukları 106 hastayı ve bruksizm alışkanlığı olmayan 106 kontrol grubu bireyi çalışmaya dahil ettiler. Tüm bireylerin yaş ortalaması $27 \pm 5,7$ idi. Yalnızca sağ taraf mandibular kondil bölgesinde bruksizm alışkanlığı olmayan grubun (1,42) FB değeri bruksizm alışkanlığı olan gruptan (1,40) anlamlı olarak daha yüksek bulundu. Tüm bireyler için; mandibular angulus bölgesinden hesaplanan FB değerlerini en yüksek ortalamaya, dişli bölgelerden hesaplanan FB değerlerini en düşük ortalamaya sahip olarak hesapladılar.

Dejeneratif eklem hastalığının, mandibular kondilde, trabeküler yapının mikromimarisine etkisini inceleyen diğer bir çalışmada, üç boyutlu fraktal analiz kullandılar. 58 eroziv dejeneratif eklem rahatsızlığı teşhisi konulan hasta ile 30 sağlıklı eklem bölgesine sahip bireyi çalışmaya dahil ettiler. Tüm hastaları üç gruba ayırdılar: grup 0; mandibular kondil normal görünümde olan, grup 1; orta derecede eroziv osteoartritlik değişim olan, grup 2; yaygın eroziv osteoartritlik değişim olan. KIBT görüntüleri kullanılarak, aksiyel kesitlerde, mandibular kondil trabeküler kemik seçilerek, üç boyutlu hacimsel ilgi alanı (VOI) seçimi yaptılar. Grup 0 ortalama FB

değerini 1,97, grup 1 ortalama FB değerini 1,91 ve grup 3 ortalama FB değerini 1,86 olarak hesapladılar. Her grubun FB değerleri için, istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu saptadılar (145).

Kayıpmaz ve ark. (130) KIBT görüntülerinde, koronal kesitlerde, mandibular kondilden 64x32 piksel boyutunda ROI seçimi yaptılar. Sağlıklı grubun FB değerleri ortalamasını (1,23), osteoartritli grubun FB değerleri ortalamasından (1,18) anlamlı olarak daha yüksek ölçtüler.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda genel olarak, trabeküler kemikte eroziv değişikliğe sebep olan patolojik durumlarda FB değerinin daha düşük, trabeküler kemik yoğunluğunun arttığı durumlarda daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda benzer durum sol mandibular kondil bölgesi için geçerlidir. Fakat bu tez çalışmasında sağ tarafta kontrol grubunun koronal kesitlerden elde edilen FB değerleri ortalaması daha düşük olarak hesaplanmıştır. Sağ taraf mandibular kondildeki bu farklılık seçilen örneklem grubunun çiğneme alışkanlıkları ile ilgili olabilir. TME bölgesi, yaşam boyunca aktif olarak yeniden şekillenme kabiliyetine sahiptir. Hem kartilaj doku hem de subkortikal kemik dokular, mekanik kuvvetlere oldukça hassastır ve gelen çiğneme kuvvetlerine karşı rekonstrüktif cevap potansiyeli yüksektir. Oklüzyondaki düzensizlikler, tek taraflı ısırma, diş kaybı ve mandibulanın sürekli ileri itimi gibi kötü alışkanlıklar, TME'nin biyomekanik ortamını etkileyerek patolojik veya fizyolojik olarak mandibular kondilde yeniden şekillenmeye yol açar (146). İdeal oklüzyonda ve ideal çiğneme paterninde mandibular kondilin kartilajında ve subkortikal kemik dokusunda, anabolik ve katabolik aktiviteler arasında bir denge vardır. Transvers yön anomalileri ve tek taraflı çiğneme alışkanlığı bu dengeyi bozabilir. Bu çalışmada transvers yön anomalisi olan grupların sağ kondil bölgesi FB değerleri, sol tarafa göre daha yüksek olarak hesaplandı. Bu durumun, aktif *remodeling* dengesinin, sağ taraf için rejenerasyon faaliyetlerinde artış yönünde değişmiş olabileceğinden kaynaklanabileceğini düşünüyoruz.

Sol mandibular kondil bölgesinde, kontrol grubunun FB değerleri, çapraz kapanış gruplarından ve maksiller darlık grubundan daha yüksek bulundu. Kontrol grubunda, sol mandibular kondil için her iki kesitin FB değeri ortalaması 1,08 idi. Transvers yön anomalileri, büyüme paterninde değişikliklere neden olabilir ve bu

durum kraniyofasiyal yapıları olumsuz etkileyebilir. Asimetrilere neden olabilir. TME nin fonksiyonunu olumsuz etkileyebilir (147). Ayrıca transvers yön anomalilerinde, ideal olmayan oklüzyon sonucu TME bölgesine anormal kuvvet iletimi söz konusudur. Mandibular kondilde, anormal kuvvetlere karşı adaptif yeniden şekillenme görülebilir. Eroziv değişimlerin, trabeküler kemiğin yapısında karmaşıklık kaybına ve daha pürüzsüz, basit bir forma dönüşmesine neden olduğuna dair bir görüş vardır (9). Maksiller darlık grubunda, sol mandibular kondil için, FB değerinin en düşük (1,03) olmasının sebebinin bu durum olduğunu düşünmekteyiz. Fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,145$).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, maksiller transvers yön anomalisi olan gruplar ile ideal oklüzyona sahip bireylerin TME bölgelerinin incelendiği, mandibular kondil üzerinde fraktal boyutun ölçüldüğü bir karşılaştırma çalışmasıdır. Bu değerlendirmenin sonucunda;

1. TME bölgesindeki dejeneratif değişimlerin 2. dekatta nadir görüldüğü tespit edildi.

2. Maksiller transvers yön anomalisi olan gruplar ile kontrol grubu arasında dejeneratif değişimlerin sıklığı açısından önemli bir fark bulunmadı.

3. TME bölgesinin kemik elemanlarının anatomisi ve patolojileri, KIBT kullanılarak süperpozisyonlar olmadan kolayca değerlendirilebilir.

4. Maloklüzyonlar tedavi edilmediğinde TME bölgesinde kalıcı dejeneratif rahatsızlıklara neden olabilirler. Fraktal analiz yöntemi, TME'deki eroziv değişimlerin erken safhada fark edilebilirliğini artırır.

5. Bu tez çalışmasının, eroziv ve sklerotik değişimlere neden olabilen patolojik *remodeling* sürecini araştırarak çalışmalara yol gösterici nitelikte olduğunu düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. **Bordoni B,Varacallo M.** Anatomy, Head and Neck, Temporomandibular Joint, StatPearls Publishing.**2019**.
2. **Scapino RP, Obrez A,Greising D.** Organization and function of the collagen fiber system in the human temporomandibular joint disk and its attachments. *Cells Tissues Organs*,**2006**; 182201-225.
3. **Okeson JP.** Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion in Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion 7th ed: Mosby.**2019**: p. 2-11, 62-63
4. **Merigue LF, Conti AC, Oltramari-Navarro PV, Navarro Rde L,Almeida MR.** Tomographic evaluation of the temporomandibular joint in malocclusion subjects: condylar morphology and position. *Braz Oral Res*,**2016**; 30.
5. **Mallya S, Lam E.** White and Pharoah's Oral Radiology: Principles and Interpretation in White and Pharoah's Oral Radiology: Principles and Interpretation. Mosby.**2018**: p. 1674-1675
6. **Piancino MG, Kyrkanides S.** Understanding masticatory function in unilateral crossbites: Wiley Blackwell.**2016**: p. 100-140
7. **Kadioglu O, Currier GF.** Craniofacial 3D Imaging: Current Concepts in Orthodontics and Oral and Maxillofacial Surgery,1st ed: Springer.**2019**: p. 11,28-29
8. **Gulec M, Tassoker M, Ozcan S, Orhan K.** Evaluation of the mandibular trabecular bone in patients with bruxism using fractal analysis. *Oral Radiol*,**2020**.
9. **Arsan B, Kose TE, Cene E,Ozcan I.** Assessment of the trabecular structure of mandibular condyles in patients with temporomandibular disorders using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*,**2017**; 123382-391.
10. **Dinesh K. Kumar SPA, Aliahmad B.** Fractals Applications in Biological Signalling and Image Processing,1st ed: CRC Press.**2017**: p. 1-20
11. **Bayrak S, Goller Bulut D, Orhan K, Sinanoglu EA, Kursun Cakmak ES, Misirli M, et al.** Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiol*,**2020**; 3618-24.
12. **Barngkgei I, Halboub E,Almashraqi A.** Effect of bisphosphonate treatment on the jawbone: an exploratory study using periapical and panoramic radiographic evaluation. *Oral Radiol*,**2019**; 35159-170.
13. **Goller Bulut D, Bayrak S, Uyeturk U,Ankarali H.** Mandibular indexes and fractal properties on the panoramic radiographs of the patients using aromatase inhibitors. *Br J Radiol*,**2018**; 9120180442.

14. **Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayrakdar IS.** Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. *Dentomaxillofac Radiol*,**2016**; 4520150389.
15. **Apolinario AC, Sindeaux R, de Souza Figueiredo PT, Guimaraes AT, Acevedo AC, Castro LC, et al.** Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofac Radiol*,**2016**; 4520150400.
16. **Marshall SD, Southard KA, Southard TE.** Early Transverse Treatment. *Semin Orthod*,**2005**; 11130-139.
17. **Martyn T, Cobourne ATD.** Handbook Of Orthodontics. Elsevier, **2010**.
18. **Eustáquio A, Araújo PHB.** Recognizing and correcting developing malocclusions: A problem-oriented approach to orthodontics. John Wiley & Sons, **2016**.
19. **Anttila A, Finne K, Keski-Nisula K, Somppi M, Panula K, Peltomaki T.** Feasibility and long-term stability of surgically assisted rapid maxillary expansion with lateral osteotomy. *Eur J Orthod*,**2004**; 26391-395.
20. **Ülgen M.** Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme ve Gelism, Tanı İstanbul: Yeditepe Üniversitesi Yayınları. **2000**.
21. **William R, Proffit HWF, Larson BE.** Contemporary Orthodontics. 6th ed.: Elsevier, **2019**.
22. **Pinto AS, Buschang PH, Throckmorton GS, Chen P.** Morphological and positional asymmetries of young children with functional unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*,**2001**; 120513-520.
23. **van Keulen C, Martens G, Dermaut L.** Unilateral posterior crossbite and chin deviation: is there a correlation? *Eur J Orthod*,**2004**; 26283-288.
24. **Leonardi R, Caltabiano M, Cavallini C, Sicurezza E, Barbato E, Spampinato C, et al.** Condyle fossa relationship associated with functional posterior crossbite, before and after rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*,**2012**; 821040-1046.
25. **Langberg BJ, Arai K, Miner RM.** Transverse skeletal and dental asymmetry in adults with unilateral lingual posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*,**2005**; 1276-15.
26. **Castelo PM, Gavião MBD, Pereira LJ, Bonjardim LR.** Evaluation of Changes in Muscle Thickness, Bite Force and Facial Asymmetry during Early Treatment of Functional Posterior Crossbite. *J Clin Pediatr Dent*,**2010**; 34369-374.
27. **Piancino MG, Debernardi CL, Bracco P.** Epidemiological study of crossbite. Classification and postero-anterior cephalometric evaluation. *Eur J Orthod*,**2006**; 28.
28. **Başçiftçi FA, Sarı Z, Uysal T.** Prevalence Of Orthodontic Malocclusions On School Children In Konya: An Epidemiologic Study. *Turk J Orthod*,**2002**; 15 92-98
29. **Bishara SE, Burkey PS, Kharouf JG.** Dental and facial asymmetries: a review. *Angle Orthod*,**1994**; 6489-98.

30. **Thilander B, Lennartsson B.** A study of children with unilateral posterior crossbite, treated and untreated, in the deciduous dentition--occlusal and skeletal characteristics of significance in predicting the long-term outcome. *J Orofac Orthop*,**2002**; 63371-383.
31. **Kennedy DB, Osepchook M.** Unilateral posterior crossbite with mandibular shift: a review. *J Can Dent Assoc*,**2005**; 71569-573.
32. **Ngan P,Fields H.** Orthodontic diagnosis and treatment planning in the primary dentition. *ASDC J Dent Child*,**1995**; 6225-33.
33. **Secchi AG,Wadenya R.** Early orthodontic diagnosis and correction of transverse skeletal problems. *N Y State Dent J*,**2009**; 7547-50.
34. **Trpkova B, Major P, Nebbe B, Prasad N.** Craniofacial asymmetry and temporomandibular joint internal derangement in female adolescents: a posteroanterior cephalometric study. *Angle Orthod*,**2000**; 7081-88.
35. **Primozic J, Ovsenik M, Richmond S, Kau CH, Zhurov A.** Early crossbite correction: a three-dimensional evaluation. *Eur J Orthod*,**2009**; 31352-356.
36. **Moghaddam MB, Brown TM, Clausen A, DaSilva T, Ho E,Forrest CR.** Outcome analysis after helmet therapy using 3D photogrammetry in patients with deformational plagiocephaly: the role of root mean square. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*,**2014**; 67159-165.
37. **Hwang HS, Hwang CH, Lee KH, Kang BC.** Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*,**2006**; 130779-785.
38. **Allen D, Rebellato J, Sheats R, Ceron AM.** Skeletal and dental contributions to posterior crossbites. *Angle Orthod*,**2003**; 73515-524.
39. **Nowak AJ, Christensen JR, Mabry TR, Townsend JA, Wells MH.** Pediatric Dentistry: Infancy through Adolescence. 6th ed.:Saunders **2018**
40. **Keçik BD, Çehreli B.** Süt ve karma dislense döneminde transvers yön sorunları. *Cumhuriyet Dent J*,**2007**; 1050-57.
41. **Sandikcioglu M, Hazar S.** Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*,**1997**; 111321-327.
42. **Yavuz İ, Çakmak G.** Diagnostic Methods of Maxillary Transversal Deficiency and Mandibular Asymmetry. *Sağlık Bilimleri Dergisi*,**2017**; 26169 - 174.
43. **da Silva Filho OG, Montes LA,Torelly LF.** Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*,**1995**; 107268-275.
44. **Gungor AY, Turkkahraman H.** Effects of airway problems on maxillary growth: a review. *Eur J Dent*,**2009**; 3250-254.
45. **Katz ES, D'Ambrosio CM.** Pediatric obstructive sleep apnea syndrome. *Clin. Chest Med*,**2010**; 31221-234.

46. **Yengin E.** Temporomandibular Rahatsızlıklarda Teşhis Ve Tedavi.İstanbul:İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Yayınları,2000.
47. **Paulsen F, Waschke J.** Sobotta Atlas of Anatomy, Head, Neck and Neuroanatomy. 16th ed.:Elsevier,2018.
48. **Heffez LB, Heffez J, Mafee MF, Rosenberg HM.** Imaging atlas of the temporomandibular joint.1st ed: Williams & Wilkins.1995: p. 21-55
49. **Neil S, Norton FHN.** Netter's Head and Neck Anatomy for Dentistry. 2nd ed.,Philadelphia,:Elsevier,2012.
50. **Moore KL, Dalley AF, Agur AM.** Clinically Oriented Anatomy. 7th ed.:Williams & Wilkins
51. **Yalçın S, Aktaş İ.** Diş Hekimliğinde Temporomandibular Eklem Hastalarına Yaklaşım.Vestiyer Yayın Grubu,2010.
52. **Alomar X, Medrano J, Cabratosa J, Clavero JA, Lorente M, Serra I, et al.** Anatomy of the temporomandibular joint. *Semin. Ultrasound CT MR*,2007; 28170-183.
53. **Roy W.** Temporomandibular Disorders: An Evidence-Based Approach to Diagnosis and Treatment. *Phys Ther*,2006; 861451a-1452.
54. (2015) Functional Anatomy and Biomechanics of the Masticatory System. <https://pocketdentistry.com/1-functional-anatomy-and-biomechanics-of-the-masticatory-system/> (10.02.2020).
55. **Laskin DM, Greene CS, Hylander WL.** Temporomandibular disorders: an evidence-based approach to diagnosis and treatment. 1st ed:Quintessence Publishing Company,2006.
56. **Xu Y, Zhan JM, Zheng YH, Han Y, Zhang ZG,Xi C.** Computational synovial dynamics of a normal temporomandibular joint during jaw opening. *J Formos Med Assoc*,2013; 112346-351.
57. **Hill A, Duran J,Purcell P.** Lubricin protects the temporomandibular joint surfaces from degeneration. *PLoS One*,2014; 9e106497.
58. **Bracco P, Piacino MG** Unilateral crossbite: elctromyographic evidence of loss of masticatory muscle coordination during mastication. *Eur J Orthod*,2002; 2488.
59. **Mercuri LG, Jacobs JJ.** Temporomandibular Joint Total Joint Replacement – TMJ TJR.Springer International Publishing,2016.
60. **Kadioglu O, Currier GF.** Craniofacial 3D Imaging, Current Concepts in Orthodontics and Oral and Maxillofacial Surgery.Springer,2019.
61. **Alexiou K, Stamatakis H, Tsiklakis K.** Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*,2009; 38141-147.
62. **Sarment D.** Cone Beam Computed Tomography Oral and Maxillofacial Diagnosis and Applications.Wiley & Sons,2014.

63. **Arsan B, Köse TE, Çene E,Özcan İ.** Assessment of the trabecular structure of mandibular condyles in patients with temporomandibular disorders using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*,**2017**; 123382-391.
64. (2020). Menger sponge-Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Menger_sponge (12.2.2020)
65. **Lopes R, Betrouni N.** Fractal and multifractal analysis: a review. *Med Image Anal*,**2009**; 13634-649.
66. **Bollen AM, Taguchi A, Hujoel P, Hollender L.** Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*,**2001**; 30270-275.
67. **Sanchez-Molina D, Velazquez-Ameijide J, Quintana V, Arregui-Dalmases C, Crandall JR, Subit D, et al.** Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys*,**2013**; 35576-582.
68. **Sánchez I, Uzcátegui G.** Fractals in dentistry. *J Dent*,**2011**; 39273-292.
69. **Smith TG, Lange GD, Marks WB.** Fractal methods and results in cellular morphology--dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Methods*,**1996**; 69123-136.
70. **Arsan B, Köse T, Cene E, Özcan İ.** Assessment of the Trabecular Structure of Mandibular Condyles in Patients with Temporomandibular Disorders Using Fractal Analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*,**2016**; 123.
71. **Esgiar A, Chakravorty PK.** Electrocardiogram signal classification based on fractal features.**2004**.
72. **Turcott R, Teich M.** Fractal character of the electrocardiogram: Distinguishing heart-failure and normal patients. *Ann Biomed Eng*,**1996**; 24269-293.
73. **Raghav S.** Local fractal dimension based ECG arrhythmia classification. *Biomedical Signal Processing and Control*,**2010**; 5114-123.
74. **Gitter JA, Czerniecki MJ.** Fractal analysis of the electromyographic interference pattern. *J Neurosci Methods*,**1995**; 58103-108.
75. **Paramanathan P,Uthayakumar R.** Application of fractal theory in analysis of human electroencephalographic signals. *Comput Biol Med*,**2008**; 38372-378.
76. **Arjunan SP, Kumar DK, Jung TP.** Estimation of alertness levels with changes in decibel scale wavelength of EEG during dual-task simulation of auditory sonar target detection. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*,**2010**; 20104444-4447.
77. **Klonowski W, Jernajczyk W, Niedzielska K, Rydz A,Stepien R.** Quantitative measure of complexity of EEG signal dynamics. *Acta Neurobiol Exp*,**1999**; 59315-321.
78. **Azemin MZ, Kumar DK, Wong TY, Kawasaki R, Mitchell P,Wang JJ.** Robust methodology for fractal analysis of the retinal vasculature. *IEEE Trans Med Imaging*,**2011**; 30243-250.

79. **Abramoff MD, Garvin MK, Sonka M.** Retinal imaging and image analysis. *IEEE Rev Biomed Eng*,**2010**; 3169-208.
80. **Liew G, Wang JJ, Cheung N, Zhang YP, Hsu W, Lee ML, et al.** The retinal vasculature as a fractal: methodology, reliability, and relationship to blood pressure. *Ophthalmology*,**2008**; 1151951-1956.
81. **Masters BR.** Fractal analysis of the vascular tree in the human retina. *Annu Rev Biomed Eng*,**2004**; 6427-452.
82. **Azemin M, Kumar D, Wong TY, Wang J, Mitchell P, Kawasaki R, et al.** Age-related rarefaction in the fractal dimension of retinal vessel. *Neurobiol Aging*,**2012**; 33194.e191-194.
83. **Raguso G, Ancona A, Chieppa L, L'Abbate S, Pepe ML, Mangieri F, et al.** Application of fractal analysis to mammography. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*,**2010**; 20103182-3185.
84. **Losa GA, Merlini D, Nonnenmacher TF, Weibel ER.** Fractals In Biology And Medicine. Birkhäuser,**2005**.
85. **Ergun S, Saracoglu A, Guneri P, Ozpinar B.** Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofac Radiol*,**2009**; 38281-288.
86. **White SC, Rudolph DJ.** Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**1999**; 88628-635.
87. **Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA.** Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Me Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**1996**; 82569-576.
88. **Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB.** Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone. A possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,**1992**; 7498-110.
89. **Baksi BG, Fidler A.** Fractal analysis of periapical bone from lossy compressed radiographs: a comparison of two lossy compression methods. *J Digit Imaging*,**2011**; 24993-998.
90. **Sansare K, Singh D, Karjodkar F.** Changes in the fractal dimension on pre- and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiol*,**2012**; 2815-23.
91. **Jolley L, Majumdar S, Kapila S.** Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*,**2006**; 35393-397.
92. **Fazzalari NL, Parkinson IH.** Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *J Bone Miner Res*,**1997**; 12632-640.
93. **Pothuaud L, Benhamou CL, Porion P, Lespessailles E, Harba R, Levitz P.** Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture. *J Bone Miner Res*,**2000**; 15691-699.

94. **Kraus VB, Feng S, Wang S, White S, Ainslie M, Brett A, et al.** Trabecular morphometry by fractal signature analysis is a novel marker of osteoarthritis progression. *Arthritis Rheum*,**2009**; 603711-3722.
95. **Sparsa L, Kolta S, Briot K, Paternotte S, Masri R, Loeuille D, et al.** Prospective assessment of bone texture parameters at the hand in rheumatoid arthritis. *Joint Bone Spine*,**2013**; 80499-502.
96. (2020). Breast cancer and osteoporosis Breast Cancer Now. <https://breastcancer.org/information-support/facing-breast-cancer/going-through-treatment-breast-cancer/side-effects/bone-health-osteoporosis> (15.2.2020)
97. (2020). Biomarkers – QUIBIM. <https://quibim.com/biomarkers/> (15.02.2020).
98. **Heo MS, Park KS, Lee SS, Choi SC, Koak JY, Heo SJ, et al.** Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**2002**; 94763-767.
99. **Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, Hollender L.** Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**2005**; 100467-472.
100. **Yu YY, Chen H, Lin CH, Chen CM, Oviir T, Chen SK, et al.** Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**2009**; 107283-288.
101. **Ugur Aydin Z, Toptas O, Goller Bulut D, Akay N, Kara T, Akbulut N.** Effects of root-end filling on the fractal dimension of the periapical bone after periapical surgery: retrospective study. *Clin Oral Investig*,**2019**; 233645-3651.
102. **Oliveira M, Pedrosa E, Cruz A, Haiter-Neto F, Albuquerque de Paula F, Watanabe P.** Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clin Oral Investig*,**2012**; 17.
103. **Geraets WG, Verheij JG, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al.** Osteoporosis and the general dental practitioner: reliability of some digital dental radiological measures. *Community Dent Oral Epidemiol*,**2007**; 35465-471.
104. **Demirbaş A, Ergün S, Güneri P, Aktener B, Boyacioglu H.** Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**2008**; 106e41-48.
105. **Wolski M, Podsiadlo P, Stachowiak G, Lohmander L, Englund M.** Differences in trabecular bone texture between knees with and without radiographic osteoarthritis detected by directional fractal signature method. *Osteoarthritis and cartilage / OARS*, **2010**; 18684-690.

106. **Veli İ, Ozer T, Uçar FI, Eruz M.** Mandibular asymmetry in unilateral and bilateral posterior crossbite patients using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod*,**2011**; 81 6966-974.
107. **Scarfe WC, Azevedo B, Toghyani S, Farman AG.** Cone Beam Computed Tomographic imaging in orthodontics. *Aust Dent J*, **2017**; 62133-50.
108. **Muir CB, Goss AN.** The radiologic morphology of asymptomatic temporomandibular joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*,**1990**; 70349-354.
109. **Sánchez I, Uzcátegui G.** Fractals in dentistry. *J Dent*,**2011**; 39273-292.
110. **Goldberger AL.** Fractal Variability Versus Pathologic Periodicity: Complexity Loss and Stereotypy in Disease. *Perspect Biol Med*, 40543 - 561.
111. **Sanchez-Molina D, Velazquez-Ameijide J, Quintana V, Arregui-Dalmases C, Crandall J, Subit D, et al.** Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys*,**2012**; 35.
112. **Lopes R, Betrouni N.** Fractal and multifractal analysis: A review. *Med Image Anal*,**2009**; 13634-649.
113. **Koh K-J, Park H-N, Kim K-A.** Prediction of age-related osteoporosis using fractal analysis on panoramic radiographs. *Imaging Sci Dent*,**2012**; 42231-235.
114. **Tosoni GM, Lurie AG, Cowan AE, Burleson JA.** Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**2006**; 102235-241.
115. **Yasar F, Akgunlu F.** The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofac Radiol*,**2006**; 351-9.
116. **Yu YY, Chen H, Lin CH, Chen CM, Oviir T, Chen SK, et al.** Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**2009**; 107283-288.
117. **Jolley L, Majumdar S, Kapila S.** Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*,**2006**; 35393-397.
118. **Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, Hollender L.** Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2005**; 100467-472.
119. **Amer ME, Heo MS, Brooks SL, Benavides E.** Anatomical variations of trabecular bone structure in intraoral radiographs using fractal and particles count analyses. *Imaging Sci Dent*,**2012**; 425-12.
120. **Apolinário AC, Sindeaux R, Figueiredo PT, Guimarães ATB, Acevedo AC, Castro LC, et al.** Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofac Radiol*,**2016**; 4520150400.

121. **Camargo AJo, Cortes ARG, Aoki EM, Baladi MG, Arita ES, Watanabe PCA.** Analysis of Bone Quality on Panoramic Radiograph in Osteoporosis Research by Fractal Dimension. *Applied Mathematics*,**2016**; Vol.07No.0412.
122. **Sindeaux R, Figueiredo PT, de Melo NS, Guimarães ATB, Lazarte L, Pereira FB, et al.** Fractal dimension and mandibular cortical width in normal and osteoporotic men and women. *Maturitas*,**2014**; 77142-148.
123. **Bulut DG, Bayrak S, Uyeturk U,Ankarali H.** Mandibular indexes and fractal properties on the panoramic radiographs of the patients using aromatase inhibitors. *Br J Radiol*, **2018**; 9120180442.
124. **Bayrak S, Göller Bulut D, Orhan K, Sinanoğlu EA, Kurşun Çakmak EŞ, Mısırlı M, et al.** Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiol*,**2020**; 3618-24.
125. **Shrout M, Potter B, Hildebolt C.** The effect of image variation on fractal dimension calculations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*,**1997**; 8496-100.
126. **Gaalaas L, Henn L, Gaillard P, Ahmad M, Islam M.** Analysis of trabecular bone using site-specific fractal values calculated from cone beam CT images. *Oral Radiol*,**2013**; 30179-185.
127. **Pauwels R, Sessirisombat S,Panmekiate S.** Mandibular Bone Structure Analysis Using Cone Beam Computed Tomography vs Primary Implant Stability: An Ex Vivo Study. *The Int J Oral Maxillofac Implants*, **2017**; 321257-1265.
128. **Smith TG, Lange GD, Marks WB.** Fractal methods and results in cellular morphology — dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Methods*,**1996**; 69123-136.
129. **Wilding RJ, Slabbert JC, Kathree H, Owen CP, Crombie K, Delport P.** The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Arch Oral Biol*,**1995**; 4061-72.
130. **Kayipmaz S, Akçay S, Sezgin ÖS,Çandirli C.** Trabecular structural changes in the mandibular condyle caused by degenerative osteoarthritis: a comparative study by cone-beam computed tomography imaging. *Oral Radiol*,**2018**; 351-8.
131. **Huang CC, Chen JC, Chang YC, Jeng JH, Chen CM.** A fractal dimensional approach to successful evaluation of apical healing. *Int Endod J*,**2012**; 46.
132. **Mu TJ, Lee DW, Park KH,Moon IS.** Changes in the fractal dimension of peri-implant trabecular bone after loading: a retrospective study. *J Periodontal Implant Sci*,**2013**; 43209-214.
133. **Zeytinoğlu M, İlhan B, Dünder N, Boyacioğlu H.** Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. *Clin Oral Investig*,**2015**; 19519-524.

134. **Kavitha MS, An SY, An CH, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, et al.** 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*, **2015**; 119346-356.
135. **Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S.** 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*, **2018**; 126184-191.
136. **Ergün S, Saraçoğlu A, Güneri P, Özpınar B.** Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofac Radiol*, **2009**; 38281-289.
137. **Demiralp KÖ, Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S, Akbulut N, Atakan C, Orhan K.** Trabecular structure designation using fractal analysis technique on panoramic radiographs of patients with bisphosphonate intake: a preliminary study. *Oral Radiol*, **2019**; 3523-28.
138. **Torres S, Chen C, Leroux B, Lee P, Hollender L, Schubert M.** Fractal dimension evaluation of cone beam computed tomography in patients with bisphosphonate-associated osteonecrosis. *Dentomaxillofac Radiol*, **2011**; 40501-505.
139. **Updike S, Nowzari H.** Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *J Periodontal Res*, **2008**; 43658-664.
140. **Güngör E, Yildirim D, Çevik R.** Evaluation of osteoporosis in jaw bones using cone beam CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Oral Sci*, **2016**; 58185-194.
141. **Yaşar F, Akgünlü F.** The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofac Radiol*, **2006**; 351-9.
142. **Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB.** Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone: A possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol*, **1992**; 7498-110.
143. **Mostafa RA, Arnout EA, Fotouh MMA.** Feasibility of cone beam computed tomography radiomorphometric analysis and fractal dimension in assessment of postmenopausal osteoporosis in correlation with dual X-ray absorptiometry. *Dentomaxillofac Radiol*, **2016**; 4520160212.
144. **Tosoni GML, Alan G. Cowan, Ann E. Burleson, Joseph A.** Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2006**; 102-2 235-241.
145. **Gumusoy I, Duman SB.** Alternative cone-beam CT method for the analysis of mandibular condylar bone in patients with degenerative joint disease. *Oral Radiol*, **2020**; 36177-182.

146. **Kuang B, Dai J, Wang Q-Y, Song R, Jiao K, Zhang J, et al.** Combined degenerative and regenerative remodeling responses of the mandibular condyle to experimentally induced disordered occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*,**2013**; 14369-76.
147. **Farronato G, Giannini L, Galbiati G, Maspero C.** Comparison of the dental and skeletal effects of two different rapid palatal expansion appliances for the correction of the maxillary asymmetric transverse discrepancies. *Minerva Stomatol*,**2012**; 6145-55.



8. EKLER

EK-1: Bilgilendirilmiş Olur Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

Verilerin kullanıldığı bu çalışma (retrospektif) geriye dönük bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı “Arka çapraz kapanışı olan hastalarda mandibuler kondil bölgesinin fraktal analizi ve TME bölgesinin kemik komponentlerinin KIBT ile değerlendirilmesi” dir.

Bu araştırmanın amacı, arka çapraz kapanışı olan hastaların temporomandibular eklem bölgesindeki kemik değişimi varlığının konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile değerlendirilmesi, kondil bölgesinin trabeküler yapısındaki değişikliklerin fraktal analizi ile incelenmesidir.

Bu araştırma esnasında gönüllülere ait herhangi bir tedavi uygulanmayacak, herhangi girişimsel bir işlem yapılmayacak yalnızca radyografik verileri incelenecektir.

Araştırma esnasında gönüllüye dair herhangi bir gelişme, etki, zarar, risk, rahatsızlık, alternatif işlem, yarar vs söz konusu olmayacağından herhangi bir bilgilendirilmeye ihtiyaç duyulmayacak dolayısıyla gönüllüye ve/veya temsilcisine bildirilmesi gereken herhangi bir durum açığa çıkmayacak ve araştırma hakkında bilgi alınmasına gerek duyulmayacaktır.

Bu araştırmada verileri kullanan kişilere size hiçbir ödeme yapılmayacaktır; ayrıca, bu araştırma kapsamındaki bütün muayene, tetkik, testler ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunulan sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

Bu araştırmada yer almak gönüllü isteğine bağlı değildir hastaların sadece radyografik verileri kullanılacak olup hastalara ait kimlik bilgileri gizli tutulacaktır. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır. Hastalara 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.

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda açıklanan gerekçelerden ötürü çalışmanın tamamen geriye dönük inceleme olması hastaya uygulanacak herhangi bir işlemin bulunmaması nedeniyle hastalardan katılım onayı alınmamıştır.

Gönüllünün, Adı-Soyadı: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:	Açıldamaları yapan araştırmacının, Adı-Soyadı: Görevi: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:
Velayet veya vesayet altında bulunanlar için veli veya vasisin, Adı-Soyadı: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:	Olur alma işlemine başından sonuna kadar tanıdık eden kuruluş görevlisinin/görüşme tanığının, Adı-Soyadı: Görevi: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza: