



**RADYOLOJİK OLARAK OSTEOARTRİT BULGUSU GÖSTEREN
HASTALARIN TEMPOROMANDİBULER EKLEM BÖLGESİNE AİT
KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNİN
HİSTOGRAM VE FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ömer Onur GÜMÜŞ

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

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

ARALIK 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ömer Onur GÜMÜŞ

12/12/2022

RADYOLOJİK OLARAK OSTEOARTRİT BULGUSU GÖSTEREN HASTALARIN
TEMPOROMANDİBULER EKLEM BÖLGESİNE AİT KONİK IŞINLI
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNİN HİSTOGRAM VE FRAKTAL
ANALİZ YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(Uzmanlık Tezi)

Ömer Onur GÜMÜŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Aralık 2022

ÖZET

Temporomandibular eklem (TME), mandibular kondil ile temporal kemik arasında yer alan, vücuttaki en karmaşık eklemlerden biridir. Osteoartrit (OA) ise özellikle kuvvet taşıyan vücut eklemlerinde gözlenebilen yaygın bir kas-iskelet sistemi hastalığıdır. Temporomandibular Eklem Osteoartrit (TME-OA) 'nın radyografik bulguları; yüzey erozyonu, osteofit, generalize skleroz, subkortikal kist ve serbest kalsifiye cisimler nedeniyle oluşan kondildeki deformasyondur. Radyolojik TME-OA bulgusu mevcut hastaların, morfolojik kemik değişikliklerinin incelendiği çalışmalarda, ilgi gören parametrelerden biri fraktal analiz (FA)'dır, diğeri ise histogram analizi (HA)'dır. Çalışma maksilla ve mandibulanın tümünün görüntülendiği, 160x92 cm FOV'a sahip, 90 kVp, 8 mA, 13.5 sn, 0.4 mm³ voksel boyutlu Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) görüntülerinin retrospektif olarak arşiv incelenmesi ile yapıldı. Çalışmaya dahil edilen 90 hastanın kondilleri, TME-OA'nın tek taraflı ve çift taraflı gözlenmesi, hiç gözlenmemesine göre üç gruba ayrılarak incelendi. FA, Image j (1.53) programı kullanılarak yapılan bir geometrik şekil analizidir. Histogram, görüntüdeki piksellerin grilik miktarını gösteren sayısal bir değerdir. Fraktal analiz ve histogram analizi için mandibular kondillerin en geniş olduğu koronal kesitler seçildi ve görüntüler TIFF formatında kaydedildi. Analiz ölçümlerinde 20x20 ROİ alanı seçildi ve bu alanın medullar kemik sınırlarında kalmasına özen gösterildi. Seçilen alan üzerinden Fraktal ve Histogram analizleri yapıldı ve istatistiksel olarak değerlendirildi. Tek taraflı etkilenmiş grupta; etkilenmiş kondillerin Fraktal değeri etkilenmemiş kondillerin Fraktal değerinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşük bulundu. Tek taraflı etkilenmiş grupta, etkilenmiş kondil Fraktal değeri- etkilenmemiş kondil Fraktal değeri istatistiksel olarak anlamlı negatif sonuç verdi. Tek taraflı etkilenmiş grupta; etkilenmiş kondil Histogram analizi değeri- etkilenmemiş kondil Histogram analizi değeri istatistiksel olarak anlamlı negatif sonuç verdi. Çalışmamızda; hasta yaşı arttıkça OA görülme sıklığı artarken, hasta yaşları ile etkilenmiş Fraktal değer arasında istatistiksel olarak zayıf düzeyde negatif anlamlı ilişki belirlendi. Çalışmamızın amacı; KIBT görüntüleri üzerinden radyolojik OA bulgusu olan ve olmayan olarak sınıflandırılan TME'lerde, kondilin trabeküler yapısının FA ve HA yöntemleri ile incelenerek, OA'nın kemikte neden olduğu muhtemel niceliksel değişimleri belirlemektir.

Bilim Kodu : 10101.02
Anahtar Kelimeler : Konik ışınli bilgisayarlı tomografi, Temporomandibular eklem, Osteoartrit, Fraktal analiz, Histogram analizi
Sayfa Adedi : 92
Danışman : Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR

EVALUATION OF CONE-BEAM COMPUTERIZED TOMOGRAPHY IMAGES OF
THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT REGION OF PATIENTS WITH
RADIOLOGICAL SIGN OF OSTEOARTHRITIS BY HISTOGRAM AND FRACTAL
ANALYSIS METHOD

(Speciality Thesis)

Ömer Onur GÜMÜŞ

GAZİ UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

December 2022

ABSTRACT

The temporomandibular joint (TMJ) is one of the most complex joints in the body, located between the mandibular condyle and the temporal bone. Osteoarthritis (OA) is a common musculoskeletal disease that can be observed especially in force-bearing body joints. The radiographic findings of TME-OA are the deformation of the condyle caused by surface erosion, osteophyte, generalized sclerosis, subcortical cyst, and free calcified bodies. One of the parameters of interest in studies examining morphological bone changes in patients with radiological TME-OA findings is fractal analysis (FA) and the other one is histogram analysis (HA). The study was performed by retrospectively analyzing CBCT images of the entire maxilla and mandible, with a FOV of 160x92 cm, 90 kVp, 8 mA, 13.5 sec, 0.4 mm³ voxel size. The condyles of 90 patients included in the study were analyzed by dividing them into three groups according to the unilateral and bilateral observation of TMEO or not. FA is a geometric shape analysis using Image j (1.53) program. A histogram is a numerical value that indicates the amount of grayness of pixels in an image. Coronal sections with the widest mandibular condyles were selected for fractal analysis and histogram analysis, and images were saved in TIFF format. In the analysis measurements, 20x20 ROI area was selected. The selected area needed to remain within the medullary bone boundaries. Fractal and Histogram analyzes were performed on the selected area. It was evaluated statistically. In the unilaterally affected group; The Fractal value of the affected condyles was statistically significantly lower than the Fractal value of the unaffected condyles. In the unilaterally affected group, the Fractal value of the affected condyle versus the unaffected condyle Fractal value gave a statistically significant negative result. In the unilaterally affected group; the affected condyle Histogram analysis value- unaffected condyle Histogram analysis value gave a statistically significant negative result. In our study; While the incidence of OA increased as the patient's age increased, a statistically weak negative significant correlation was determined between the patient's age and the affected fractal value. The aim of our study; By applying FA and histogram analysis to the condyle area, it aims to have an idea about the risk of developing TMJ disease for patients who do not have clinical signs of OA.

Science Code : 10101.02
Key Words : Cone beam computed tomography, Temporomandibular joint, Osteoarthritis, Fraktal analysis, Histogram analysis
Page Number : 92
Supervisor : Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında ve uzmanlık eğitimim boyunca gerek bilimsel çalışmalarda gerek ise hayata dair tecrübeleriyle yol göstericim ve her konudaki danışman hocam sayın Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR'e,

Çalışmalarında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen Anabilim Dalı Başkanımız sayın Prof. Dr. Meryem TORAMAN'a ve diğer öğretim üyelerimiz, sayın Prof. Dr. Cemile Özlem ÜÇÖK, sayın Prof. Dr. İlkey PEKER'e, Prof. Dr. Zühre AKARSLAN,

Bölümdeki ilk gününden itibaren desteğini esirgemeyen, akademik tecrübesi ve güler yüzü ile bana yol gösteren Doç. Dr. Gülsün AKAY'a, bana hem abilik hem arkadaşlık hem hocalık yapan, her zaman yolumu aydınlatan, sevgi ve emeklerini asla esirgmeden her daim bana destek olan, hakkını asla ödeyemeyeceğim Dr. Öğr. Üyesi Umut PAMUKÇU'ya,

Bilgi ve tecrübelerini bizlerle paylaşmaktan asla çekinmeyen Dr. Öğr. Gör. Nuray BAĞCI'ya;

Uzmanlık eğitiminde beraber yola çıktığım, Uzm. Dt. Hatice TETİK'e, Dt. Ceyda Gizem TOPAL'a, Dt. Kübra TAKA'ya;

Uzmanlık süreci boyunca birlikte görev yaptığım tüm asistan arkadaşlarıma,

Bölümümüzün teknik ve idari personeline,

Bu zorlu süreçte her zaman yanımda olduklarını bildiğim, Uzm. Dt. Necib Fazıl GÜN'e, Dt. Kemal BİNİCİ'ye, Dt. Zeki Mert ÇEVİK'e, Uzm. Dt. Cemre ALTAY'a,

Çocukluğumdan beri her daim yanımda olan, hiçbir konuda yardımını esirgemeyen değerli dostum Opr. Dr. Emre Berat AKÇAY'a

Bu günlere gelmemde maddi ve manevi tüm emekleri için canım aileme, varlığıyla hayatımı anlamlandıran, hayatımın her aşamasında gücünü, sevgisini, desteğini hissettiğim biricik eşim Dt. Nursel Arpay GÜMÜŞ'e teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Temporomandibular eklem	5
2.1.1. Temporomandibular eklem kemik bileşenleri	5
2.1.2. Temporomandibular eklem yumuşak doku bileşenleri	6
2.1.3. Artiküler boşluklar	10
2.1.4. Temporomandibular eklem damarlanması	11
2.1.5. Temporomandibular eklem innervasyonu	11
2.2. Temporomandibular eklem biyomekaniği	11
2.3. Temporomandibular Eklem Hastalıkları Sınıflaması	12
2.4. Osteoartrit	15
2.4.1. Temporomandibular eklem osteoartriti klinik özellikleri	17
2.4.2. Temporomandibular eklem osteoartriti görüntüleme yöntemleri	17
2.4.3. Temporomandibular eklem osteoartriti tedavileri.....	18
2.5. TME'in radyolojik değerlendirmesi.....	18
2.5.1. Temporomandibular eklem görüntüleme teknikleri	20

	Sayfa
2.6. Radyografik Analiz Yöntemleri.....	22
2.6.1. Histogram analiz yöntemi	22
2.6.2. Fraktal analiz yöntemi.....	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM	35
3.1. Çalışmaya Dahil Edilen Görüntülerin Seçilmesi	35
3.2. Çalışmaya Dahil Edilen Görüntülerin Elde Edilmesi	35
3.3. Çalışmaya Dahil Edilen Görüntülerin Değerlendirilmesi	36
3.4. Radyolojik Analiz Yöntemlerinin Uygulanması	40
3.4.1. Histogram analizinin uygulanması.....	41
3.4.2. Fraktal boyut analizinin uygulanması	42
3.5. Verilerin İstatiksel Analizi	44
4. BULGULAR	47
5. TARTIŞMA	65
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	73
EKLER.....	89
EK-1. Etik Kurul Onayı	90
ÖZGEÇMİŞ	92

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. TME-OA açısından incelenen üç grup hastanın kondillerinin ortalama FD (Sağ ve sol FD ortalaması) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.2. TME-OA açısından incelenen üç grup hastanın kondillerinin ortalama OGD (Sağ ve sol OGD ortalaması) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları	48
Çizelge 4.3. TME-OA açısından etkilenmemiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.4. TME-OA açısından etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.5. TME-OA açısından Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.6. TME-OA açısından Toplam etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları	55
Çizelge 4.7. TME-OA açısından incelenen araştırma grupları arasında kondillerin ortalama FD/OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.8. TME-OA açısından unilateral hastalarda kondiller arasındaki FD farkına göre dağılımı (n, %) ve istatistiksel analizi	56
Çizelge 4.9. TME-OA açısından unilateral hastalarda kondiller arasındaki OGD farkına göre dağılımı (N %) ve istatistiksel analizi.....	58
Çizelge 4.10. Hasta yaşları ile etkilenmemiş ve etkilenmiş FD ve OGD değerleri arasındaki Spearman korelasyon analizi bulguları	60
Çizelge 4.11. Araştırma gruplarının kendi içerisinde hasta yaşları ile FD ve OGD değerleri arasındaki Spearman korelasyon analizi bulguları.....	61
Çizelge 4.12. TME-OA açısından kadın ve erkekler arasında etkilenmiş ve etkilenmemiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları	63
Çizelge 4.13. TME-OA açısından kadın ve erkeklerde etkilenmiş ve etkilenmemiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları.....	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. TME'nin genel görünümü.....	5
Şekil 2.2. Mandibula kondilindeki mediyal ve lateral kutuplar	6
Şekil 2.3. TME diski, glenoid fossa ve mandibula kondilinin görüntüsü	7
Şekil 2.4. A, Masseter kasın derin ve yüzeysel bölümleri. B, Fonksiyon: Mandibulanın kapanışı	8
Şekil 2.5. A, Temporal kasın, anterior, mediyal ve posterior bölümleri B, Fonksiyon: mandibulanın kapanışı	9
Şekil 2.6. A, Mediyal pterigoid kas. B, Fonksiyon: Mandibulanın kapanışı	9
Şekil 2.7. A, İnferiyor ve süperiyor lateral pterigoid kaslar. B, İnferiyor lateral pterigoid kas fonksiyonu: Mandibula protrüzyonu	10
Şekil 2.8. Koch kar tanesi fraktali kullanılarak elde edilen desen	25
Şekil 2.9. Düz bir çizgi ve Koch kar tanesinin fraktal boyutları	25
Şekil 2.10. Kutu sayma metodunun şematik gösterimi	27
Şekil 2.11. Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan metodlar.....	28
Şekil 3.1. Fraktal analiz basamakları.....	43
Şekil 4.1. Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol FD ortalaması) FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği (boxplot).....	47
Şekil 4.2. Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol OGD ortalaması) OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği	48
Şekil 4.3. Kontrol ve Unilateral grupları arasında etkilenmemiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	50
Şekil 4.4. Kontrol ve Unilateral grupları arasında etkilenmemiş kondillerin OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	50
Şekil 4.5. Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	52
Şekil 4.6. Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş kondillerin OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	52
Şekil 4.7. Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği	54

Şekil	Sayfa
Şekil 4.8. Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği	54
Şekil 4.9. Unilateral farklara göre negatif ve pozitif gruplar arasında FD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	57
Şekil 4.10. Etkilenmiş ve etkilenmemiş FD değerleri için Bland-Altman grafiği	58
Şekil 4.11. Unilateral farklara göre negatif ve pozitif gruplar arasında OGD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği	59
Şekil 4.12. Etkilenmiş ve etkilenmemiş OGD değerleri için Bland-Altman grafiği.....	60
Şekil 4.13. Bilateral grupta yaş ile etkilenmiş FD değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafiği ve regresyon eğrisi	61
Şekil 4.14. Araştırma grupları arasında kadın ve erkeklerin FD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	62
Şekil 4.15. Araştırma grupları arasında kadın ve erkeklerin OGD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği.....	63

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. KIBT cihazında hasta pozisyonu.....	36
Resim 3.2. Kondil başında düzleşme	37
Resim 3.3. Artiküler eminens posteriyor duvarında düzleşme.....	37
Resim 3.4. Kondilde subkortikal skleroz	38
Resim 3.5. Kondil başında erozyon.....	38
Resim 3.6. Glenoid fossada dejenerasyon.....	39
Resim 3.7. Osteofit formasyonu.....	39
Resim 3.8. Subkortikal kist	40
Resim 3.9. Serbest eklem cismi.....	40
Resim 3.10. Seçilen ROI alanı ve histogram analiz sonucu.....	41
Resim 3.11. Fraktal boyut analizi sonucu	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
°	Açı
mm	Milimetre
Kısaltmalar	Açıklamalar
BT	Bilgisayarlı Tomografi
FA	Fraktal Analiz
FD	Fraktal Değer
FOV	Field of View
HA	Histogram Analizi
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
N	Örneklem Büyüklüğü
OA	Osteoartrit
OGD	Ortalama Gri Değer
Ort.	Ortalama
ROI	Regions of Interest (İlgili Bölge Seçimi)
TME	Temporomandibular eklem
TMED	Temporomandibular eklem disfonksiyonu
TME-OA	Temporomandibular eklem osteoartriti
USG	Ultrasonografi

*Latince sözcüklerin yazılışında Türkçe ve Yabancı Tıp Terimleri Sözlüğü (Dökmeci, 20014) kaynak olarak kullanılmıştır.

1. GİRİŞ

Temporal kemik ile mandibula arasında Temporomandibular Eklem (TME) olarak bilinen sofistike bir eklem sistemi vardır. TME'yi oluşturan kemik yapılar; mandibular kondil, kondilin süperiorunda glenoid fossa ve anteriorunda artiküler eminensdir. Kemik yapılar arasındaki fibröz yapıdaki eklem diski, ligamentler ve çiğneme kasları gibi yumuşak dokuların katkısıyla, mandibular kondilin artiküler eminens üzerinde kayması sonucu çene hareketleri oluşmaktadır [1].

Temporomandibular rahatsızlıklar, çiğneme kasları ve TME'yi zayıflatan, ağrı meydana getiren ve işlevde bozukluğa (disfonksiyon) sebep olan, çene ve yüz bölgesinde dış kaynaklı ağrılardan sonra en sık görülen, çok yönlü patolojilerden biridir [2, 3]. Temporomandibular rahatsızlıkların etiyolojisi tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte, genetik [4], anatomik [5, 6] ve hormonal faktörlerin [7, 8] eklem hastalıklarının temelini oluşturduğu görülmektedir [4, 9]. Bazı araştırmalar travma, habitüel aktiviteler ve oklüzal varyasyonların süreci hızlandıran faktörler olduğunu göstermiştir [10, 11].

Geçmiş literatürlerde, TME hastalıkları için 'TME disfonksiyonu', 'temporomandibular rahatsızlıklar', 'temporomandibular disfonksiyon' ve 'TME rahatsızlığı' gibi terimler kullanılmaktadır, bunlar arasındaki farklar tam olarak belirlenmemiştir. Bu tez çalışmasında TME disfonksiyonu (TMED) terimi tercih edilmiştir.

TMED; TME'yi ve çevresel kaslarını, kemik yapılarını etkileyen, eklemde ağrı, eklem sesi, ağız açıklığında kısıtlılık, deviasyon ve defleksiyon, çevresel kaslara dokunmada hassasiyet ve ağrı, baş ağrısı ve maloklüzyon gibi değişik bulgu veya semptomları içeren bir terimdir [12, 13].

TMED, sık görülen bir hastalıktır ve hastalarda dejeneratif bozukluklar görülür. Bu dejeneratif değişiklikler TMED'na öncülük edebilir [1, 14].

TMED genelde, TME yapılarını oluşturan kemiklerde dejeneratif değişikliklerle ilişkilidir [15]. TMED subkondral kemik, kıkırdak ve eklem diski dahil olmak üzere, yumuşak ve sert dokuları etkiler [16]. TMED, ikincil olarak sinoviyal inflamasyona, TME'in yeniden şekillenmesine, eklem kıkırdığının aşınmasına ve ilerleyen zamanda osteoartrit (OA)

bulguları ile karakterize kemik değışikliklerine neden olur [17, 18]. OA TME’de en sık görülen yaşla görölme sıklığı artan ve kadınlarda daha çok görölün bir patolojidir. OA, bozulmuş proteolitik enzimlerin ve proteoglikanların eklem kıkırdağını dejenerasyona uğratması ile karakterizedir. Bu dejenerasyon, inflamasyonu tetikler [19-21]. Etiyolojik faktörler arasında çiğneme kuvvetlerinin aşırı olması, eklem içi düzensizlikler [22, 23], gece diş sıkma gibi travmalar yer alır. TME-OA'daki kemiksel bozukluklar; 1) kondil başında düzleşme, 2) glenoid fossada ve kondil başında kortikal kemik miktarının artması skleroz, 3) kondilin kemik yapısında oluşan çıkıntılar olarak tanımlanan osteofitlerin oluşumu, 4) glenoid fossanın ve kondilin kemik yapısında yoğunluk azalması olarak tanımlanan erozyon, 5) kondil kortikal sınırlarında olan kistler şeklindedir [24-30]. Dejenerasyonların teşhis edilmesi için bu kriterlerin doğru değerdendirilmesi çok önemlidir [15]. Dejenerasyonların doğru değerdendirilmesi TME hastalıklarının tedavi planlamasında kritik öneme sahiptir [31].

TMED teşhisi, klinik muayenenin yanında detaylı bir radyolojik incelemeyle yapılır. Son yıllarda geliştirilen konik-ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) sistemi, baş-boyun bölgesinin sert dokularını en ayrıntılı şekilde görüntülemeyi sağlar. KIBT ile daha az radyasyon ile üç boyutlu görüntü elde etmek mümkündür.

KIBT, OA’yı teşhis etmek için kullanılabilecek altın standart görüntüleme yöntemidir [32-34]. KIBT'nin bu kemik değışikliklerini tespit etmedeki tanısai etkinliği, panoramik radyografi, lineer tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'den üstündür [35, 36]. Kemik değışiklikleri en çok kondilde görülür, ancak aynı zamanda glenoid fossa veya artiküler eminensi de içerebilir. Bu değışiklikleri göstermesine ek olarak, KIBT bulguları hastalığın teşhisi, tedavi planlaması ve tedavi sonrası oluşacak değışikliklerin izlemesine olanak sağlar [21].

Osteoporozun KIBT ile değerdendirildiğı hasta grubu ile yapılan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Radyografik görüntü üzerindeki gri değerdinin rakama dönüştürölmesiyle gerçekteştirilen Histogram Analiz (HA) yöntemi tıp ve diş hekimliği alanında birçok araştırmada kullanılmaktadır [37-41].

Kemiği temsil eden görüntüdeki voksel ve piksellerin logaritmik matematiksel işlemlerle rakamlara dönüştüren Fraktal Boyut (FB) analizi yöntemiyle radyograflarda kemik yapının değerlendirildiği çalışmalar da vardır [42-45].

Fraktaller, farklı ölçeklerde görüntülendiğinde her yönden birbirine benzeme özelliği gösteren karmaşık geometrik şekillerdir. 1960 ve 70'lerde matematikçi Benoit Mandelbrot, bu karmaşık geometriye sahip objeleri tanımlamak için ve biyolojik sistemlerin birlikte uyumlu ve düzenli çalışmasına yönelik fraktal kavramını kullanmıştır [46, 47]. Trabeküler kemik mimarisi gibi doğal fraktalleri, klasik fraktallerden ayıran özellik, farklı yönlerden bakıldığında, farklı özellik göstererek, anizotropik özelliğe sahip olmasıdır [3].

Literatürde iki boyutlu görüntülerin, kemiğin üç boyutlu yapısına yönelik bilgi taşıdıda gösterilerek, fraktal analiz gibi dijital görüntü işleme tekniklerinin geliştirilmesi sayesinde, radyografilerde gözle görülemeyen detaylar belirlenebilir hale gelmiştir [48]. Alveol kemiğinin trabeküler iç yapısına yönelik yapılan çalışmalarda fraktal analiz ile kemikteki değişimler gösterilmiştir. Kemiğin iç yapısını etkileyen osteoporoz, hiperparatiroidi gibi hastalıklar değerlendirildiğinde, hasta ve sağlıklı grup arasında fraktal analiz yöntemi ile anlamlı sonuçlar elde edilmiştir [49, 50].

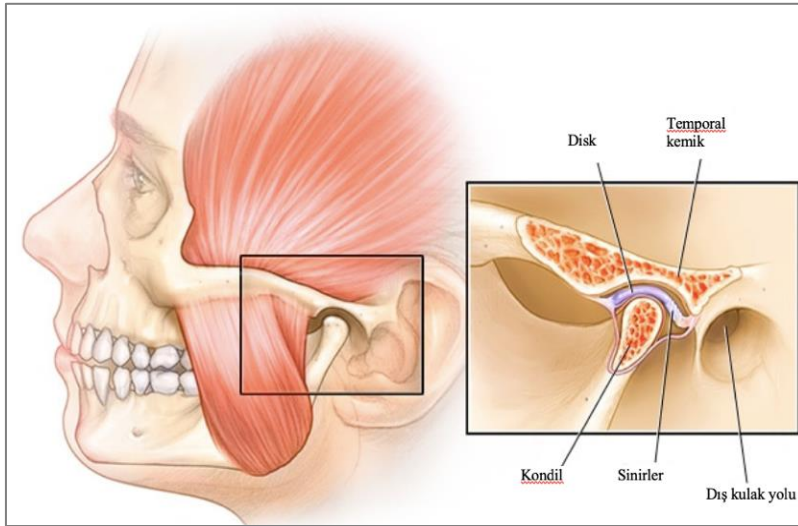
Son yıllarda fraktal analiz yönteminin tıp alanında kullanılmaya başlanması ve radyografiler üzerinde potansiyel anomalilerin ve mevcut hastalığın şiddetinin teşhisinde kullanımının artması nedeniyle, osteoartrit hastaları üzerinde mandibular kondilin trabeküler yapısını inceleyen bu tez çalışması planlanmıştır.

Çalışmanın amacı, KIBT görüntüleri üzerinden radyolojik OA bulgusu olan ve olmayan olarak sınıflandırılan TME'lerde, kondilin trabeküler yapısının FA ve HA yöntemleri ile incelenerek, OA'nın kemikte neden olduğu muhtemel niceliksel değişimleri belirlemektir. Ayrıca radyolojik belirteçlerin şiddeti ve eklem yüzeylerinde radyolojik olarak görülen değişiklikleri histogram değerleri ve fraktal boyutları ile birlikte değerlendirilerek, hastalık ile korelasyonu incelenecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Temporomandibular eklem

Mandibulanın kranyum ile birleşim yeri olan TME, vücuttaki en karmaşık eklemlerden biridir. Bir düzlemde menteşe hareketi yapar ve bu nedenle ‘ginglimoid’ eklem olarak kabul edilir. Aynı zamanda, başka bir düzlemde artrodial eklemlerde gözlenen kayma hareketlerini de sağladığı için ‘ginglimoartrodial’ eklem olarak adlandırılır [1]. TME’yi oluşturan yapılar maksillofasiyal bölgedeki çeşitli kemik ve yumuşak dokulardır (Şekil 2.1).

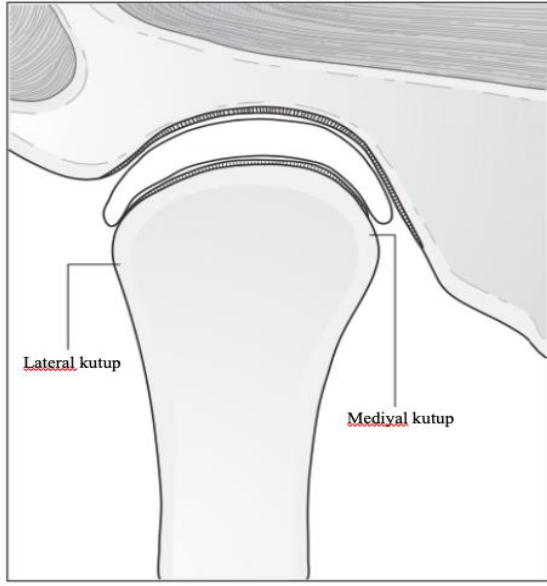


Şekil 2.1. TME'nin genel görünümü

2.1.1. Temporomandibular eklemin kemik bileşenleri

Mandibula kondili

Kondil, kranyum ile eklem oluşturan mandibula bölümüdür. Anteriordan bakıldığında ‘kutup’ olarak adlandırılan mediyal ve lateral çıkıntıları vardır. Mediyal kutup genellikle lateralden daha belirgindir (şekil 2.2). Kondilin toplam mediyolateral uzunluğu 18-23 mm ve anteroposteriyör genişliği 8-10 mm arasındadır. Kondilin gerçek eklem yüzeyi, anterior ve posteriyöründen kondilin en süperiyör yönüne uzanır. Kondilin eklem yapısına katılan posteriyör yüzeyi anteriordan daha büyüktür ve eklem yüzeyi, anteroposteriyör yönde daha konveks iken, mediyolateral yöndeki konveksitesi daha azdır [1].



Şekil 2.2. Mandibula kondilindeki mediyal ve lateral kutuplar

Temporal kemik

Mandibular kondil, kranyumun tabanında temporal kemiğin skuamöz kısmı ile birleşir. Temporal kemiğin bu kısmı, kondilin yerleştiği artiküler veya glenoid fossa olarak adlandırılan konkav şekilli mandibular fossadan oluşur. Glenoid fossanın arka kısmı mediyolateral olarak uzanan skuamotimpanik fissürdür. Bu fissür mediyal yönde anterior petroskuamöz ve posterior petrotimpanik fissüre ayrılır. Glenoid fossanın anteriorunda konveks bir kemik çıkıntısı olan artiküler eminens bulunur. Artiküler eminensin konvekslik derecesi değişken olmakla birlikte önemlidir, çünkü bu yüzeyin dikliği, mandibula anterior olarak yer değiştirdiğinde kondil yolunu belirler. Glenoid fossanın arka çatısı oldukça incedir ve bu durum, temporal kemiğin bu bölgesinin ağır kuvvetleri karşılamak için tasarlanmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, artiküler eminensin kalın ve yoğun yapısı nedeniyle, bu tür kuvvetleri tolere etme olasılığı daha yüksektir [1].

2.1.2. Temporomandibular eklemin yumuşak doku bileşenleri

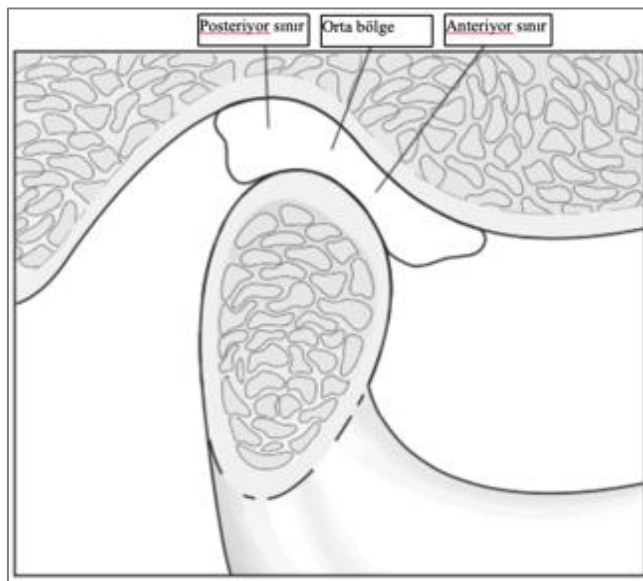
Artiküler kıkırdak

Artiküler kıkırdak, kemiğin yüke maruz kalan yüzeylerini bir matriks gibi örterek sürtünmeyi önleyici düzgün bir artiküler yüzey oluşturur ve üzerine gelen yükleri subkondral kemiğe dengeli olarak dağıtır. Bu dengeyi sağlamak için kafes şeklinde kollajen fibriller

içeren ve merkezde yer alan büyük proteoglikan molekülleri sayesinde basınç durumunda su çekerek matriksin içinde tutan, artiküler kıkırdığa biyomekanik özellik kazandıran özel bir yapısı vardır. Kıkırdak içinde az sayıda hücre (kondrosit) gömülü olarak bulunur. Bunların görevi organize matrisi sentezlemek, döşemek ve yavaş bir tamir işlemi ile yenilenmeyi sürdürmektir [14].

Artiküler disk

TME, kranyumda yer alan temporal kemikteki glenoid fossaya oturan mandibular kondil tarafından oluşturulur. Artiküler disk, bu iki kemiğin doğrudan temasını engeller. Artiküler diskin, çoğu bölgesi herhangi bir kan damarından veya sinirden yoksun olan yoğun fibröz bağ dokusundan oluşur. Bununla birlikte, diskin en uç bölgelerinde az da olsa innervasyon vardır [51, 52]. Sagittal düzlemde kalınlığa göre üç bölgeye ayrılabilir. Orta bölüm en incedir ve ‘intermediate zone’ olarak adlandırılır. Diskin anterior ve posterior bölgeleri ortasından oldukça kalındır. Posterior sınır genellikle anterior sınırdan biraz daha kalındır. Normal fonksiyon gören TME’de kondilin eklem yüzeyi, daha kalın ön ve arka bölgelerle sınırlanan diskin orta bölgesinde yer alır (Şekil 2.3). Disk, eklemde yıkıcı kuvvetler veya yapısal değişiklikler meydana gelmedikçe morfolojisini korur. Çeşitli nedenlerle diskin morfolojisi geri dönüşümsüz olarak değişebilir ve işlev sırasında biyomekanik değişiklikler meydana gelebilir [1].



Şekil 2.3. TME diski, glenoid fossa ve mandibula kondilinin görüntüsü

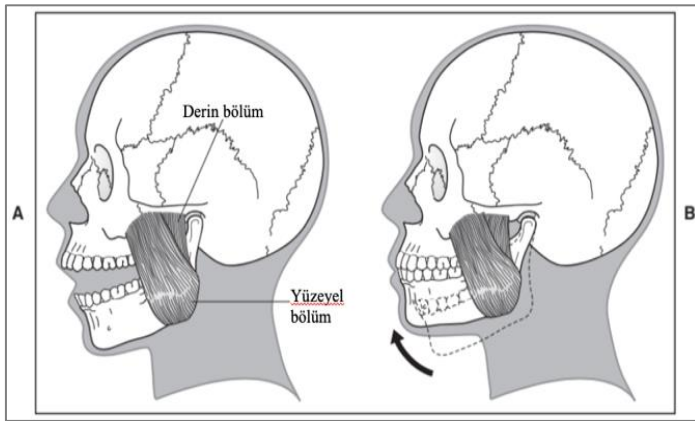
Ligamentler

Herhangi bir eklem sisteminde olduğu gibi, ligamentler yapıların korunmasında önemli bir rol oynar. TME'in ligamentleri, belirli uzunluklara sahip kollajen bağ dokusundan oluşur. Esneme özellikleri yoktur ancak, ligamente aniden veya uzun süre aşırı kuvvet uygulanırsa, uzayabilir. Bu durumda, ligamentin işlevi bozularak TME işlevinde değişiklik meydana gelir [1].

Çiğneme kasları

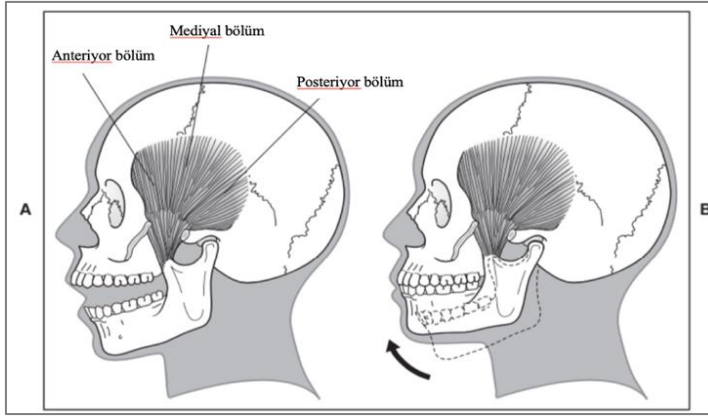
Çiğneme kasları dört çift kasta oluşur: masseter, temporal, mediyal ve lateral pterigoid kaslar [1].

- **Masseter kas:** Zigomatik arkta çıkan ve aşağı doğru mandibulada ramusun alt kenarının lateraline kadar uzanan dikdörtgen şeklinde bir kıştır. Liflerinin kontraksiyonu sonucu, mandibula yükselir ve dişler temas eder. Bu kas, çiğnemenin etkili bir şekilde yapılabilmesi için gerekli kuvveti sağlayan güçlü bir kıştır [1] (Şekil 2.4).



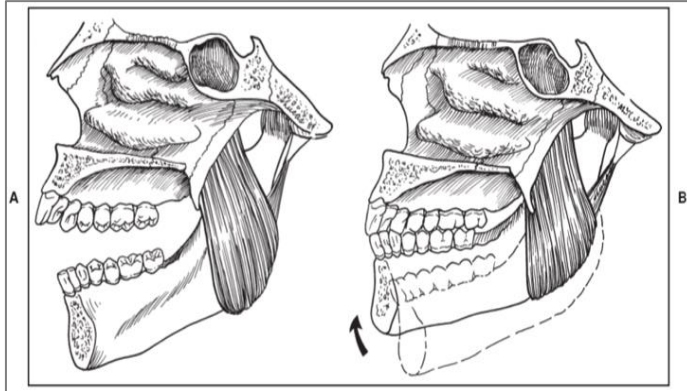
Şekil 2.4. A, Masseter kasının derin ve yüzeysel bölümleri. B, Fonksiyon: Mandibulanın kapanışı

- **Temporal kas:** Temporal kas, lifleri temporal fossadan ve kafatasının lateral yüzeyinden başlayıp, zigomatik arka uzanan geniş, yelpaze şeklinde bir kıştır. Temporal kasın kontraksiyonu, mandibulayı kaldırır ve dişler temasa geçer. Kas liflerinin açıları farklılık gösterdiği için, temporal kas kapanış hareketlerini koordine edebilir. Bu kas, mandibulanın doğru konumlandırılmasını sağlayan önemli bir kıştır [1] (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. A, Temporal kasın, anterior, medial ve posterior bölümleri B, Fonksiyon: mandibulanın kapanışı

- Medial (internal) pterigoid kas: Pterigoid fossadan başlayıp, aşağı, geriye ve dışa doğru uzanarak angulus mandibulanın medial yüzeyine yapışan bir kastır. Lifleri kontrakte olduğunda, mandibula yükselir ve dişler temas eder. Mandibulanın protrüzyonunda aktiftir, tek taraflı kasılması, mandibulada mediotrüsif bir harekete yol açar [1] (Şekil 2.6).

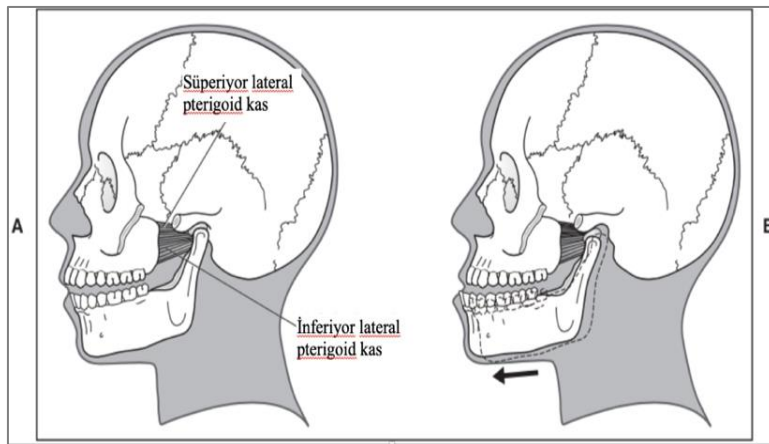


Şekil 2.6. A, Medial pterigoid kas. B, Fonksiyon: Mandibulanın kapanışı

- Lateral (eksternal) pterigoid kas: Lateral pterigoid kas inferior lateral ve superior lateral olmak üzere iki ayrı karına sahiptir. Bunların farklı işlevleri olduğu kabul edilmektedir [1].
- İnferiyor lateral pterigoid kas: Lateral pterigoid proçesin dış yüzeyinden başlar ve kondil boynuna yerleştiği için geriye, yukarıya ve dışa doğru uzanır. Sağ ve sol inferiyor lateral pterigoid kaslar eşzamanlı olarak kontrakte olduğunda, kondiller artiküler eminens boyunca aşağıya doğru hareket eder ve mandibulaya protrüzyon hareketi yaptırır. Tek

tarafli kontraksiyon, kondili mediyale dogru hareket ettirir ve mandibulanin karşı tarafta lateral hareketine neden olur [1] (Şekil 2.7).

- Süperiyor lateral pterigoid kas: İnferior lateral pterigoid kasta daha küçüktür ve sfenoid kemiğin büyük kanadının infratemporal yüzeyinden başlayıp, yatay, geri ve dışa doğru eklem kapsülüne, diske ve kondil boynuna yapışır (Şekil 2.7). Bununla birlikte, diske tam olarak bağlanıp bağlanmadığı tartışmalıdır. Bazı yazarlar [53] hiçbir bağlanmanın olmadığını savundukları halde, çoğu çalışma kas-disk bağlantısının varlığını ortaya koymuştur [54, 55].



Şekil 2.7. A, İnferiyor ve süperiyor lateral pterigoid kaslar. B, İnferiyor lateral pterigoid kas fonksiyonu: Mandibula protrüzyonu

2.1.3. Artiküler boşluklar

Eklem diski, eklemi iki boşluğa ayırır ve bu boşluklar arasında normalde bağlantı yoktur [1].

- Üst boşluk: Artiküler eminensin birkaç milimetre (mm) ön yüzeyinden başlayıp glenoid fossanın arka ve üst kısmında sonlanır.
- Alt boşluk: Kondil başının ön tarafından başlar, kondil başını geçer ve arka kısımda bir miktar aşağıya giderek sonlanır.

Antero-posterior yönden bakıldığında, üst boşluğun alt boşluğu aşağı doğru sarmış olduğu gözlenir. Bu boşlukların iç yüzünü, seröz yapıdaki sinoviyal zar döşer [1].

2.1.4. Temporomandibular eklemin damarlanması

TME, çevresindeki zengin damar ağı ile beslenir. Bu damarların başında eksternal karotid arter ve venin dalları (posteriyordan superfisiyal temporal arter, anteriyyordan orta meningiyal arter ve inferiyordan internal maksiller arter) gelir. Bunun dışında derin auriküler, anteriyyor timpanik ve assendes farengiyal arter diğer kaynaklardır. Kondil, inferiyyor alveoler arter yoluyla kemik iliği boşluğundan kendi vasküler desteğini sağlar [56, 57].

2.1.5. Temporomandibular eklemin innervasyonu

TME'nin duysal sinirleri trigeminal sinirin mandibular dallarıdır. Eklemdede duyu innervasyonu aurikulotemporal sinirin termal dalları ile sağlanır. Masseterik ve posteriyyor derin temporal sinir ilave innervasyon sağlar [58].

2.2. Temporomandibular eklemin biyomekaniği

TME son derece karmaşık bir eklem sistemidir. Bilateral TME'lerin aynı kemiğe (mandibula) bağlanması, tüm çiğneme sisteminin işlevini daha da karmaşıktırmaktadır. Her bir eklem eş zamanlı olarak ayrı ayrı hareket edebilir, ancak bu hareket esnasında iki TME birbirinden etkilenir. TME'in biyomekaniğinin anlaşılması, çiğneme sisteminde fonksiyon ve disfonksiyonun araştırılması, ayırt edilmesi ve anlaşılabilmesi için temel oluşturur [1].

TME'deki rotasyon, eklemin alt boşluğunda, kondilin üst yüzeyi ve artiküler diskin alt yüzeyi arasındaki dönme hareketidir. Mandibulaya ait rotasyonel hareket, üç referans düzlemde görülebilir: yatay, frontal (dikey) ve sagittal [1].

Translasyon, hareket eden bir nesnenin her noktasının aynı hız ve aynı yöne doğru yaptığı hareket kayma hareketi olarak tanımlanabilir. Çiğneme sisteminde, mandibulanın protrüzyonundaki ortaya çıkan harekettir. Dişler, mandibular kondiller ve ramus hepsi aynı yönde ve aynı hızda hareket eder. Translasyon, artiküler diskin üst yüzeyi ile glenoid fossanın (yani, disk-kondil kompleksi ve glenoid fossa arasındaki) alt yüzeyi arasındaki eklemin üst boşluğu içinde gerçekleşir [1].

Mandibulanın normal hareketlerinde hem rotasyon hem de translasyon eşzamanlı olarak gerçekleşir. Mandibula, eksenlerin bir veya daha fazlasının etrafında dönerken, her bir eksen translasyona uğramakta ya da uzayda oryantasyonunu değiştirmektedir [59]. Bu, görselleştirilmesi çok zor olan karmaşık hareketlerle sonuçlanır.

Translasyon hareketi sırasında, disk morfolojisi ve interartiküler basınç kombinasyonu, kondili diskin orta bölümünde konumlandırır ve disk, kondili translasyona zorlar. Bu nedenle, diskin morfolojisi, fonksiyon sırasındaki uygun pozisyonun korunmasında son derece önemlidir. Uygun morfoloji ile birlikte interartiküler basınç, diskin kendi kendini konumlandırmasında etkili başka bir özellik olarak öne çıkar. Sadece diskin morfolojisi büyük ölçüde değiştiğinde, diskin ligament bağlantısı eklem fonksiyonunu etkiler. Böylece eklem biyomekaniği değişir ve disfonksiyon belirtileri ortaya çıkar.

2.3. Temporomandibular Eklem Hastalıkları Sınıflaması

American Academy of Orofacial Pain ile International Headache Society'in birlikte yaptığı sınıflamaya göre [60];

I. TEMPOROMANDİBULAR EKLEM BOZUKLUKLARI

1. Eklem ağrısı
 - a) Artralji
 - b) Artrit
2. Eklem bozuklukları
 - a) Disk bozuklukları
 - i. Redüksiyonlu disk deplasmanı
 - ii. Redüksiyonlu disk deplasmanı-aralıklı kilitlenme ile
 - iii. Redüksiyonsuz disk deplasmanı-ağız açma kısıtlılığı ile
 - iv. Redüksiyonsuz disk deplasmanı-ağız açma kısıtlılığı yok
 - b) Disk bozuklukları dışında hipomobilitate bozuklukları
 - i. Adezyonlar/ Yapışıklık
 - ii. Ankiloz
1. Fibröz
2. Ossöz
- c) Hiper-mobilitate bozuklukları

i. Dislokasyonlar

1. Subluksasyon
2. Luksasyon
3. Eklem hastalıkları
 - a) Dejeneratif eklem hastalığı
 - i. Osteoartrit
 - ii. Osteoartroz
 - b) Sistemik artritler
 - c) Kondiloz/ İdiopatik kondil rezorbsiyonu
 - d) Osteokondritis dissekans
 - e) Neoplazm
 - f) Sinoviyal kondromatozis
4. Kırıklar
5. Konjenital/ gelişimsel bozukluklar
 - a) Aplazi
 - b) Hipoplazi
 - c) Hiperplazi

II. ÇIĞNEME KAS BOZUKLUKLARI

1. Kas ağrısı
 - a) Miyalji
 - i. Lokal miyalji
 - ii. Myofasiyal ağrı
 - iii. Yansıyan myofasiyal ağrı
 - b) Tendinit
 - c) Myozit
 - d) Spazm
2. Kontraktür
3. Hipertrofi
4. Neoplazm
5. Hareket bozuklukları
 - a) Orofasiyal diskinezi
 - b) Oromandibular distoni
6. Sistemik/ santral ağrı bozukluklarına bağlı çiğneme kas ağrısı
 - a) Fibromiyalji / yaygın ağrı

III. Baş Ağrısı

1. Temporomandibular bozukluklara bağlı baş ağrısı

Okeson JP, Welden Bell tarafından geliştirilen temporomandibular bozukluklar (TMB) sınıflamasını modifiye ederek çiğneme kası bozuklukları, TMB'ler, kronik mandibular hipomobilitate ve gelişimsel bozukluklar olmak üzere benzer klinik özelliklere sahip dört kategoriye ayırmıştır. Bu kategorilerin her birini uygun tedavinin belirlenebilmesi için klinik farklılıklarına göre ayırmıştır [61].

I. ÇİĞNEME KASI BOZUKLUKLARI

1. Koruyucu Kasılma
2. Lokal Kas Ağrısı
3. Miyofasiyal Ağrı
4. Myospazm
5. Santral Etkili Miyalji

II. TEMPOROMANDİBULAR EKLEM BOZUKLUKLARI

1. Kondil-Disk Kompleksinde Düzensizlik
 - a) Disk Deplasmanı
 - b) Redüksiyonlu Disk Deplasmanı
 - c) Redüksiyonsuz Disk Deplasmanı
2. Eklem Yüzeyi Yapısal Bozuklukları
 - a) Şekil Değişiklikleri
 - i. Disk
 - ii. Kondil
 - iii. Fossa
 - b) Adezyon
 - i. Disk-Kondil
 - ii. Disk-Fossa
 - c) Subluksasyon (Hiper-mobilitate)
 - d) Spontan Dislokasyon
3. TME'nin İnflamatuvar Hastalıkları
 - a) Sinovit / Kapsülit
 - b) Retrodiskit
 - c) Artrit

- i. Osteoartrit
- ii. Osteoartroz
- iii. Poliartrit
- d) İlgili Yapıların İltihabi Rahatsızlıkları
 - i. Temporal Tendinit
 - ii. Stylomandibular ligament inflamasyonu

III. KRONİK MANDİBULAR HİPOMOBİLİTE

1. Ankiloz
 - a) Fibröz
 - b) Kemik
2. Kas Kontraktürü
 - a) Miyostatik
 - b) Miyofibrotik
3. Koronoid Engellemesi

IV. GELİŞİMSEL BOZUKLUKLAR

4. Konjenital ve Gelişimsel Kemik Bozukları
 - a) Agenezis
 - b) Hipoplazi
 - c) Hiperplazi
 - d) Neoplazi
5. Konjenital ve Gelişimsel Kas Bozuklukları
 - a) Hipotrofi
 - b) Hipertrofi
 - c) Neoplazi

2.4. Osteoartrit

Osteoartrit; sıklıkla el, ayak veya omurga gibi ağırlık taşıyan eklemler başta olmak üzere tüm eklemlerde görülebilen, kartilaj, disk, sinoviyum ve subkondral kemikte değişikliğe yol açan kronik dejeneratif bir eklem hastalığıdır. Temporomandibular eklem OA'sı TME'de görülen en yaygın artrit şeklidir. Ağrı, krepitasyon, fonksiyon kaybı, sinoviyal sıvıda azalma, eklem boşluğunun daralması, kartilaj kaybı, subkondral kemik ve disk değişiklikleri, ağız açıklığında kısıtlılık ve osteofit oluşumu ile karakterizedir. En sık görülen semptom ağrıdır. OA'nın gelişimi genellikle yavaş başlar ve zamanla hızlanır [21, 62, 63].

Osteoartrit, dünya çapında en yaygın kas iskelet sistemi hastalığıdır. 40 yaşından önce insidansı düşüktür ve genellikle travma sonrası görülür. Prevalans 40 ile 60 yaş arasında artar. Dünya çapında 60 yaş ve üzeri erkeklerin % 9,6'sında, kadınların % 18'inde semptomatik osteoartrit görülür. Kuzey Amerika ve Avrupa'da 65 yaş ve üzeri yetişkinlerin % 60'ında elde, % 33'ünde dizde, % 5'inde kalçada yapısal OA görüldüğü bildirilmiştir [64].

Osteoartrit, primer ve sekonder olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Travma veya herhangi bir hastalığın eşlik etmediği idiyopatik OA'lar, primer OA olarak adlandırılır. Travma, eklem cerrahileri, konjenital ve gelişimsel hastalıklar, metabolik hastalıklar, endokrin hastalıklar, kalsiyum depo hastalıkları, diğer kemik ve eklem hastalıkları, endemik bozukluklar nedeniyle görülen OA'lar sekonder OA olarak adlandırılır [65].

Amerikan Orofasiyal Ağrı Akademisi etiyolojisinde herhangi bir lokal veya sistemik faktörün olmadığı TME-OA'yı birincil, önceki bir travmatik olay veya hastalık ile ilişkili TME-OA'yı ikincil olarak kategorize etmiştir [18].

Temporomandibular eklem artritleri, düşük enflamatuvar (osteoartrit, posttravmatik artrit) veya yüksek enflamatuvar (romatid artrit, yetişkin ve juvenil artrit, Gout artrit, psöriatik artrit, lupus eritematozus, ankilozan spodilit, Reiter sendromu, ülseratif kolit ile ilişkili osteoartrit) tip olarak sınıflandırılabilir. Osteoartrit gibi düşük enflamatuvar tip artritler, eklem yüzeyinin matriksinde başlar ve subkondiler kemik ve kapsülü etkiler. Fonksiyonel aşırı yüklenme nedeniyle eklem kartilajının dejenerasyonu sonucu oluşur. Düşük enflamatuvar tip artritli olan hastalar, sinoviyal sıvıda düşük lökosit sayılarına ve düşük seviyeli inflamatuvar aktivite ile uyumlu laboratuvar bulgularına sahiptir. Etkilenen eklemlerde radyolojik görüntülemelerde fokal dejenerasyon gözlenir. TME'nin düşük inflamatuvar artritlik rahatsızlıkları erken evrelerde uygun şekilde yönetilirse nadiren cerrahi müdahale gerektirir [21].

Osteoartritin kesin nedeni bilinmemekle birlikte, genellikle eklem mekanik olarak aşırı yüklenmesine bağlı olduğu düşünülmektedir. TME OA'nın etiyolojisinde fonksiyonel aşırı yük, parafonksiyon, stabil olmayan oklüzyon, travma ve internal bozukluklar yer alır. Temporomandibular eklem, fonksiyon ve oklüzyon arasındaki dengeyi sağlayan remodelasyon kapasitesinin azalması, eklem yüzeylerinde dejeneratif değişikliklere neden olur. Osteoartrit, yaygın olarak redüksiyonsuz disk deplasmanı ve disk perforasyonu ile

ilişkilidir. Diskin perforasyonu veya deplasmanı sonucu kondil ve fossanın sürtünmesi eklem yüzeylerinin yıkımına neden olur. Yaş ve sistemik hastalıklar (otoimmün bozukluklar, beslenme bozuklukları, hormonal faktörler, enfeksiyon hastalıkları, endokrin bozukluklar) gibi faktörlerde eklem adaptasyon kapasitesini azaltır [21, 63].

2.4.1. Temporomandibular eklem osteoartriti klinik özellikleri

Temporomandibular eklemlerdeki dejeneratif değişikliklerin en yaygın semptomu periauriküler bölgede görülen ağrıdır. Ağrı genellikle sabittir, ancak öğleden sonra veya akşamları ağrının şiddeti artar. Ağrı, eklemi çevreleyen yumuşak dokulardan, çiğneme kaslarının bir savunma mekanizmasını olan koruyucu refleks spazmından ve eklem kartilajının hemen altındaki bölgedeki kemik hasarından kaynaklanır. Kondilin palpasyonu ve eklem manuel yüklenmesi ağrıyı artırır. Temporomandibular eklem osteoartritin diğer yaygın ve önemli semptomları; fonksiyon kaybı, ankiloz, eklem stabilitesinin azalması, patolojik kemik yıkımı nedeniyle kondil yüksekliğinin azalması sonucu oluşan aperiognati ve fasiyal deformitedir. Osteoartritin uzun süre devam etmesi sonucu krepitasyon görülebilir. Ayrıca osteoartritin asemptomatik ilerleyeceği unutulmamalıdır [66].

2.4.2. Temporomandibular eklem osteoartriti görüntüleme yöntemleri

Temporomandibular eklem osteoartritin tanı genellikle geç evrede belirgindir. Dejeneratif eklem bozukluğu olan hastalarda ilk semptomun TME ağrısı ve mandibular disfonksiyon olması tanıyı zorlaştırır. Klinik muayene ve öykü (alışkanlıklar, parafonksiyon) TME OA tanısında etkilidir ancak semptomlar ile arasında herhangi bir korelasyon bulunmadığında radyolojik görüntülemeler tanıya yardımcı olabilir [20].

Panoramik radyografiler, TME OA teşhisi için kullanılan basit ve düşük maliyetli bir yöntem olmasına rağmen hastalığın erken aşamalarında çok az bilgi sağlarlar [63].

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), TME kemik yapılarının değerlendirilmesinde etkilidir. TME OA radyografik bulguları; osteofitler (kondil yüzeyinde kemik büyümeleri), psödokistler (subkortikal bölgede lokalize osteolitik, iyi sınırlı lezyonlar), erozyon (korteks ve subkortikal kemikte yoğunluğu azalmış alanlar), skleroz ve konveks kondil başının düzleşmesidir [67].

Manyetik rezonans görüntüleme TME diskinin pozisyonunu ve morfolojisini belirlemede altın standart olarak kabul edilmektedir. TME OA'lı hastalarda eklem diskinde perforasyon, dehidratasyon nedeniyle küçülme, bikonveks yapının değişmesi görülebilir [67].

Tempromandibular eklem osteoartritinde radyografik belirtiler genellikle 6 aydan uzun süre semptomları bulunan hastalarda görülür. Bu nedenle erken aşama osteoartrit vakalarında radyografiler normal görünebilir ve tanıyı doğrulamada yardımcı olmayabilir [61].

2.4.3. Temporomandibular eklem osteoartriti tedavileri

Temporomandibular eklem OA'sının tedavi yöntemleri arasında non-invaziv, minimal invaziv, cerrahi müdahale ve kurtarma prosedürleri bulunur. TME-OA tedavisinin amaçları; fonksiyonu sağlamak, eklem ve kas ağrılarını azaltmak, hasarının ilerlemesini ve hastalıkla ilişkili morbiditeyi önlemek, hastaların yaşam kalitelerini iyileştirmektir. TME OA'nın cerrahi yönetimine ilişkin karar hastaların non-invaziv tedaviye yanıtına ve mandibula form ve fonksiyonun hastaların yaşam kalitesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesine dayanmaktadır [21].

2.5. TME'in radyolojik değerlendirmesi

Çoğu radyografik yöntemde TME'in kemik yapıları görüntülenir. Kemik yapıların karakteristik formu eklem patolojisi hakkında fikir verebilir. Bununla birlikte, klinisyen kemik yapıların formundaki değişimin her zaman patoloji anlamına gelmediğini bilmelidir [1].

Kemik yapıların değerlendirilmesi

TME'in kemik yüzeylerinin radyografik görünümü normalde pürüzsüzdür ve devamlılık gösterir. Herhangi bir kesinti ve düzensizlik, kemik değişikliklerinin meydana geldiğinin işaretidir. Hem glenoid fossa hem de kondil incelenmelidir [1].

Kondil ve fossanın subartiküler yüzeylerinde sıklıkla değişiklikler meydana gelir. Erozyonlar kemik yüzeylerinin çukurlu ve düzensiz konturlara sahip olmasıdır ve ilerledikçe daha geniş konkaviteler görülebilir. Bazı durumlarda kemik yapıların yüzeyleri düzleşir. Kondil düzleşirse, anteriyor veya posteriyorunda küçük kemik çıkıntıları (osteofit) oluşabilir

[68]. Bazen, subartiküler kemik kalınlaşır ve yüzeye yakın kemik bölgelerinde osteoskleroz görülür. Subkondral kistler de subartiküler kemikte radyolusent alanlar olarak izlenir.

Bu radyografik bulguların tümü yaygın olarak eklemdaki osteoartritik değişikliklerle ilişkilidir [68, 69].

TME, maruz kaldığı kronik kuvvetlere göre değişim gösterir. Bu değişiklikler, kemik yoğunluğunda artış şeklinde progresif veya kemiğin yoğunluğunda ve hacminde azalma şeklinde regresif karakterde olabilir [68]. TME’de izlenen bu değişikliklerin, OA’e bağlı olup olmadığını belirlemek zordur.

TME’deki yeniden şekillenme, uzun süre boyunca uygulanan hafif kuvvetler nedeniyle meydana gelir. Bu kuvvetler çok büyük olursa, OA ile ilgili yıkıcı değişiklikler görülür. Genellikle bu değişikliklere ağrı eşlik eder. Sürecin aktif OA veya önceden oluşup ve sonlanmış osteoartroz olduğu her zaman belirlenemeyebilir [70]. Bu durumda periyodik takip ile elde edilen radyograflar değerlendirilmelidir.

Artiküler eminensin dikliği, transkraniyal radyografide kolayca değerlendirilebilir. Eminensin açısı ne kadar fazla ise, ağzın açılması sırasında diskin kondil üzerindeki dönme hareketi o kadar büyük olur. Bazı yazarlar [71, 72] bu durumun, disk dejenerasyonları ile ilgili olduğunu belirtirken, bazıları [73, 74] ise ilgili olmadığını savunmuşlardır.

Kolayca tanımlanabilen bir başka kemik anomalisi, kondilin fossadaki göreceli büyüklüğüdür. Küçük bir kondil ağır kuvvetlere daha az tolerans gösterebilir ve bu nedenle osteoartritik değişiklikler ortaya çıkar. Bununla birlikte, sadece kondilin küçük olması patolojik bir durum değildir, klinik bulgular ile ilişkilendirilmesi gerekir [1].

Radyografik görüntüler, TMED’a benzer semptomları ayırt etmede faydalıdır. İlgili bölgede dental ve kemik kaynaklı lezyonlar bulunabilir. Ayrıca, maksiller sinüsler de görüntülenebilir. Uzamış stiloid proses normal kafa hareketleri sırasında komşu boyun yumuşak dokularını zorladığında ağrılı semptomlara neden olabilir. Bu duruma ‘eagle sendromu’ denir ve TMED semptomları ile karıştırılabilir [1].

Bazı yazarlar, kondilin glenoid fossa içinde ortalanmış olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir [75]. Bu, radyografik eklem boşluğunun ön, orta ve arka bölgelerde eşit boyutlarda olması

gerektiği anlamına gelir. Eklem boşlukları eşit olmadığında, hastalara eklem konsantrikliğine ulaşılabilmesi için bir tedavi uygulanması gerektiği önerilmiştir [75]. Bununla birlikte, eşit eklem boşluğunun normal olduğunu destekleyen bir kanıt yoktur. Çalışmalar, kondilin eklem yüzeyini kaplayan yoğun fibröz dokuların kalınlığının, önemli ölçüde değişebileceğini göstermektedir [76-78]. Ayrıca, hastalar arasında anatomik varyasyonların var olabileceği görülmektedir [79], bu da kondilin fossadaki pozisyonunun her zaman bir patolojiye sebep olamayacağını doğrulamaktadır.

Radyograflar tanı koymak için değil, belirlenmiş bir klinik tanıyı doğrulamak için kullanılmalıdır [80].

2.5.1. Temporomandibular eklem görüntüleme teknikleri

Günümüzde TME görüntülemesinde sıklıkla kullanılan yöntemler, panoramik radyografi KIBT, MRG ve ultrasonografi (USG)'dir.

Panoramik radyografi

Panoramik radyografi, diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Standart teknikteki küçük farklılıklar ile, kondillerin görüntülenmesini sağlayabilir. Panoramik radyografi infrakraniyal bir görüntüleme tekniği olduğundan kondilin lateral kutbu kondil başının üzerine süperpoze olur. Bu nedenle görüntüde kondilin mediyal yöndeki subartiküler yüzeyi izlenir [1].

Panoramik radyografi görüntüleri ile şunlar belirlenebilir:

- Baş konumundaki değişikliklere ve ısırma bloğunun kullanımına bağlı oluşan distorsiyonlara rağmen kondil-fossa ilişkisinin incelenmesi [81, 82],
- Kondil, ramus ve korpusun çift taraflı olarak tek bir film üzerinde görüntülenmesi [83],
- Kondiller asimetri teşhisi [84]

Manyetik rezonans görüntüleme

MRG, TME'nin yumuşak dokusunu, özellikle de diskin pozisyonunu değerlendirmede altın standarttır. Yumuşak doku bileşenlerinin enerji seviyelerinde değişiklik yapmak için güçlü

bir manyetik alan kullanılır. MRG ile TME'in yumuşak dokularının BT taramalarından daha iyi görüntülendiği gösterilmiştir ve hasta, iyonize radyasyona maruz kalmaz. MRG ile elde edilen yüksek düzeydeki yumuşak doku kontrastı ile TME'i destekleyici yapılar, çiğneme kasları, eklem diskinin şekli, pozisyonu ve patolojiler incelenir. Ayrıca sinoviyal sıvı kalitesi hakkında bilgi sağlanır. Radyolojik muayenede TME'in kemik yapısı kadar yumuşak dokular ve eklem diskinin görüntülenmesi de çok önemlidir. MRG ile diskin pozisyon ve morfolojisindeki değişiklikler görülebilir [85]. MRG'nin dezavantajları, pahalı olması ve erişilebilirliğin kısıtlı olmasıdır.

Ultrasonografi

TME'in yumuşak dokularının; eklem diskinin lokalizasyonu ve enflamatuvar efüzyon gibi değişimlerin saptanmasında kullanılır. TME USG'si hasta için rahat, kullanışlı, taşınabilir, hızlı ve ucuzdur. Bununla birlikte, çok düzlemli inceleme yapmak mümkün değildir. TME USG'sinin başlıca yetersizliklerinden biri, eklem mediyal yüzünün izlenememesidir. Bu amaçla geliştirilen üç boyutlu USG'ler çok düzlemde incelemeye olanak sağlar. Üç boyutlu USG'nin dezavantajı ise kesitsel görüntüler elde edilemediği için tüm kondil ve eklem diskinin iyi değerlendirilemesidir [86].

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi

KIBT sistemleri, maksillofasiyal bölgenin sert dokularının görüntülenmesi için tasarlanmıştır, kondil, glenoid fossa ve artiküler eminens gibi TME'i oluşturan kemik yapıların birden fazla düzlemde görüntülenmesini ve üç boyutlu görüntülerin rekonstrüksiyonunu sağlayabilir.

KIBT, TME-OA'i teşhis etmek için gerekli temel bilgileri sağlar [32]. KIBT'nin bu kemik değişikliklerini tespit etmedeki tanısallık etkinliği, panoramik radyografi, lineer tomografi ve MRG'den üstündür [35, 36]. KIBT ile TME'in kemik yüzeylerindeki değişiklikler görüntülenebilir. Aynı zamanda, dejenerasyonların şiddetinin [21] ve zaman içinde veya tedaviye yanıt olarak oluşan değişikliklerin izlenmesine de katkıda bulunur.

2.6. Radyografik Analiz Yöntemleri

Diş hekimliğinde kullanılan periapikal radyografi, panoramik radyografi ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi gibi görüntüleme yöntemlerinde çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak osteoartrite ait bulguların belirlenmeye çalışıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda çeşitli görüntü analiz yöntemleri kullanılmıştır. Panoramik radyografilerle belirlenen mandibula alt kenarının görünürlüğüne göre mandibular kortikal indeks (MCI), mandibula kortikal kalınlığına göre mandibular kortikal kalınlık (MI) ve mandibular kortikal kalınlığının ölçümünün mental foramen ile inferior mandibular kortikal arasındaki uzaklığa olan oranı olan panoramik mandibular indeksleri (PMI) osteoartritin çene kemiklerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalarda kullanılmıştır [87].

2.6.1. Histogram analiz yöntemi

Histogram analizi (HA), açı ölçümleri, uzunluk ölçümleri, mapping yöntemi gibi diş hekimliğinde farklı amaçlarla kullanılan radyomorfometrik yöntemler bulunmaktadır. HA için farklı firmaların farklı versiyonları bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda HA'nın kullanıldığı markalar UTHSCSA San Antonio, Tex imaging yazılım, Zeiss Axiovision yazılım, AxioVision ASSAY builder, Adobe Photoshop, Image J 1.34s, Zeiss Axioskop II, AxioVision 4.7 yazılım, ImageJ 1.41'dir. Bu programların diş hekimliği ve tıpta geniş bir kullanım alanı olabileceği, hastalar hakkında faydalı bilgiler sunabileceği araştırma sonuçlarında belirtilmiştir. Ayrıca HA yöntemlerinde kullanılan programların ücretsiz ve kolay kullanımı, hastaya ekstra film çekimi ve laboratuvar işlemi gerektirmemesi bu analiz yöntemine ilgiyi artırmıştır [38-41, 54].

Dijital görüntüler piksel olarak adlandırılan çok sayıdaki küçük kare resim elemanlarının bir birleşimidir. Dijital görüntü, multi sayıda pikselin birleşmesinden oluşmaktadır. Her piksel oluşturduğu görüntüye ait parlaklık ve renk bilgisini taşıyan bir numara içerir. HA çalışılan bölgenin farklı niteliklerini tek tek belirleyebilme kapasitesine sahiptir. Yani çalışılan bölgedeki nesneleri ayırt ederek parlaklık ve renk bilgileriyle rakamsal ifadelendirilmesini sağlar. Radyografilerde radyoopak bölgeler beyaz ve beyaza yakın renk tonların piksel sayısı artarak rakamsal değer artar, radyolusent bölgelerde siyah ve siyaha yakın renk tonlarında artış olarak rakamsal değer düşer [88]. Histogram analizi değeri ortalama grilik değerini (OGD) vermektedir.

HA yöntemi diş hekimliğinde ortodontide farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Sunku ve arkadaşları yaptıkları retrospektif araştırmada external kök rezeksiyonu ile ortodontik tedavi arasındaki ilişkiyi diş kökleri ve çevre dokulardaki densite değişimlerini ImageJ programını kullanarak değerlendirmiştir. Araştırma sonucunda ortodontik tedavi sırasında oluşan kök rezeksiyonu önlemek için tedavi süresi boyunca ImageJ programı kullanarak kökteki ve çevre dokulardaki densite değişimlerin belirlenebileceği, böylece kök rezeksiyonu oluşmadan gerekli tedbirlerin alınabileceği belirtilmiştir [40]. Başka bir araştırmada maxillanın hızlı genişletilmesinde düşük enerji düzeyli lazer tedavisi kullanılmıştır. Tedavi sonrası median palatal sutur ve yeni oluşan kemiğin durumunu belirlemek için okluzal radyografiler üzerinde UTHSCSA, San Antonio, Tex. Markalı morfometrik analiz yöntemi kullanarak kemik densite değerleri incelenmiştir [89]. Başarılı bir dolgu adezyonu için oldukça önemli olan dentin kanallarının morfolojisinin belirlenmesinde AxioVision 4.7 yazılımında uygulanan mapping yöntemi başarılı bulunmuştur [41].

Egan ve arkadaşları ImageJ ve Adobe Photoshop yazılım programlarının histomorfik incelemede kullanılan kemik hacmi, doku hacmi, kemik densitesi, kemik genişliğini belirlemedeki başarısını mikroskopla elde edilen görüntüler üzerinde değerlendirmiştir. Araştırma sonucuna göre her iki programda kemik densitesinin ölçümü dahil kemik ve doku histomorfolojisinin incelenmesinde oldukça kesin ve faydalı sonuçlar verdiği rapor edilmiştir [90].

ImageJ yazılım programının kemik densitesini belirlemedeki başarısı hayvan deneylerinde de belirlenmiştir. Yapılan bir araştırmada tavşanlara önce overektomi uygulanıp osteoporoz oluşması sağlanmıştır. Bir süre sonra osteoporoz tedavisinde kullanılan zolendronik asit verilmiştir. Alınan radyografik görüntüler üzerinde Image J yazılım programıyla HA yapılmıştır. Araştırma sonucunda osteoporozlu tavşanlarda HA değeri düşük olurken, Zolendronik asit uygulanan tavşanlarda HA değeri normal seviyede görülmüştür [91].

Başka bir hayvan deneyi çalışmasında bifosfonat alan ratların kemik densiteleri mikroskopla elde edilen görüntüler üzerinde HA kullanarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda kontrol grubu ve bifosfonat kullanan grubun kemik densiteleri arasında fark bulunmamıştır [92].

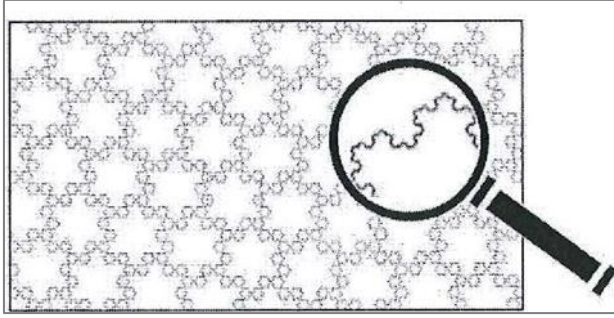
HA tıpta çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Eritrositin sedimentasyon hızı arttıkça plazmanın altında toplanan eritrosit yoğunluğu artmaktadır. Enfeksiyon hastalığı olan bireylerden farklı zamanlarda kan örneği alınarak mikroskopik incelemeyle elde edilen görüntüler üzerinde gri değerlerine bakılarak sedimentasyon hızını belirlemede HA başarısı değerlendirilmiştir. Araştırma sonucuna göre HA yönteminin eritrosit kümelenmesini belirlemede oldukça faydalı olduğu belirtilmiştir [93].

Yapılan başka bir araştırmada meme kanserli bireylerin kan örneklerindeki DNA yoğunluğu immunofloresans inceleme yöntemiyle elde edilen mikroskopik görüntülerin gri değerine ImageJ programıyla bakılarak DNA yoğunluğundaki artma değerlendirilmiştir. Araştırma sonucuna göre ImageJ programıyla HA yöntemi DNA yoğunluğunu belirlemede başarılı bulunmuştur [39]. HA yöntemi farmakoloji alanında ilaçların içeriklerinin belirlenmesi için Axiovisionun ASSAY builder yazılım programıyla kullanılmıştır. Araştırma testleri için başarılı bulunmuştur [38].

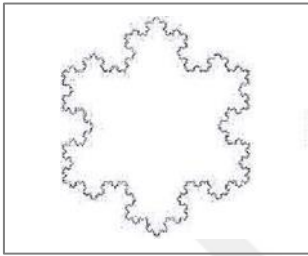
2.6.2. Fraktal analiz yöntemi

1960 ve 1970'lerde matematikçi Benoit Mandelbrot tam olarak boyutu belirlenemeyen, karmaşık geometriye sahip objeleri tanımlamak için ve biyolojik sistemlerin birlikte uyumlu ve düzenli çalışmasına yönelik olarak fraktal kavramını kullanmıştır. 'Fraktal' kelimesi Latince 'fractus' yani kırık anlamına gelmekle birlikte; eğriler, bağımsız noktalar, yüzeyler ve benzeri olmayan şekillerden oluşan karmaşık yapıları tanımlamak için kullanılmaktadır [94, 95].

Fraktaller, geometrideki klasik kare, daire, üçgen gibi basit şekillerle tanımlanamayan, karmaşık ama kendine benzeme özelliği gösteren geometrik şekillerdir (Şekil 2.8.) Fraktal analiz, şekillerin veya yapıların karmaşıklık derecesini gösteren bir metod olup, değeri sayısal olarak fraktal boyut (FB) ile belirtilir [96, 97] (Şekil 2.9.).



Şekil 2.8. Koch kar tanesi fraktali kullanılarak elde edilen desen



Şekil 2.9. Düz bir çizgi ve Koch kar tanesinin fraktal boyutları

Topolojik boyut ise, yapının içerisindeki birbirinden bağımsız değişkenlerin sayısıdır. Klasik geometrik şekillerin topolojik boyutu sabit olmakla birlikte, topolojik boyutları şeklin iç yapısının karmaşıklığına dair bir bilgi vermemektedir. Örneğin, topolojik boyutu 1 olan bir çizginin, eğri ya da düz çizgi olup olmadığını ayırt edemeyiz. Fraktalin klasik geometrik şekillerden diğer bir farkı da, boyutunun tam sayı değeri almamasıdır. Klasik geometrik şekillerin boyutlarına örnek olarak düz bir çizginin 1, dikdörtgen gibi düzlemsel bir şeklin 2 ve belli bir hacme sahip, küp veya prizma gibi bir şeklin 3 boyutlu olması örnek olarak gösterilebilir. Fraktal boyut, hem bir yapının boşlukta kapladığı alanı hem de yapının karmaşıklığını temsil etmektedir, Mandelbrot, İngiltere'nin sahil kenarının boyutunu fraktal analiz ile ölçtüğünde 1,25'e yakın bir değer bulmuştur. Değerin 1 ve 2 tam sayıları arasında bulunması, tek boyutu olan düz bir çizgiden daha fazla alan kapladığını ve daha karmaşık bir yapıya sahip olduğunu ancak 2 boyutu olan bir düzlemin tamamını dolduracak kadar bir yer ihtiva etmediğini göstermektedir [46, 95, 98].

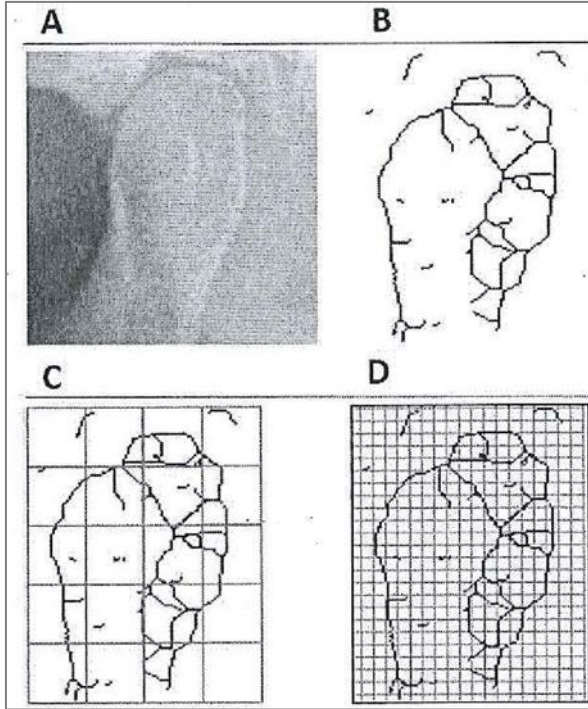
Fraktaller, farklı ölçeklerde izlendiğinde kendine benzeme özelliği gösteren şekillerdir. Matematiksel fraktaller, farklı ölçeklerde ve farklı yönlerden izlendiğinde kendine benzeme özelliği gösteren izotropik yapılardır. Trabeküler kemik ve akciğerler gibi pulmoner

dallanma gösteren doğal ve biyolojik fraktaller, farklı yönlerden incelendiğinde farklı özelliğe sahip olan anizotropik yapılar oldukları gözükür [44].

Fraktal boyutun hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmakla birlikte, kullanılan her yöntemde takip edilen belli basamaklar vardır. Yöntemlerde incelenecek yapının ölçülebilir özelliği ve uygulanan yöntemin basamaklarının logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Elde edilen değerlere en iyi uyan doğru çizilerek, bu doğrunun eğimi hesaplanır. Eğimin değeri incelenen yapının fraktal boyutunu vermektedir [46, 95, 98]. Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan yöntemler genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. En sık kullanılan yöntem olan ilk grupta fraktal boyut hesaplaması, görüntü sınırına ait noktalar arasındaki mesafenin ölçümüne bağlı olarak yapılmaktadır. Yöntemde piksellerin bir kenarı uzunluk birimi olmaktadır. İkinci grupta ise, fraktal boyutun ölçümü hacim ölçümüne göre yapılmaktadır. Yöntemde çeşitli çaplardaki daireler, merkezi görüntü sınırında olacak şekilde rastgele dizilerek, dairelerin içerisindeki görüntü sınırına ait pikseller sayılmaktadır. Yöntemde pikselin çevresi hacim birimi olmaktadır [98].

Fraktal boyutu mesafe ölçümüne bağlı olarak hesaplayan ilk grup içerisinde Richardson, kutu sayma "box counting" ve piksel genişletme "dilatasyon" olmak üzere üç metod bulunmaktadır. Richardson metodunda incelenecek yapının çevresi çeşitli uzunluklardaki cetvellerle ölçülür, Yapının ölçülen çevresi ile her bir ölçümün yapıldığı cetvel uzunluğunun logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Grafikteki noktalar birleştirildiğinde fraktal boyutu veren, eğimi eksi olan düz bir çizgi elde edilir [98].

Yöntemler arasında en fazla kullanılan kutu sayma "box counting" yöntemidir [98]. Trabeküler kemik ve kemik iliği alanları da kutu sayma algoritması ile değerlendirilebilir. Kutu sayma algoritmasında kutular içeren bir kılavuz, yapısı değerlendirilecek olan trabeküler kemik üzerine yerleştirilir. Boyutları 2-64 piksel arasında değişen kutulardan oluşturulan kılavuzlarda trabeküler kemiğin bulunduğu kutular sayılır. Trabeküler kemik içeren toplam kutu sayısı, kılavuzun içerdiği kutu boyutuna bağlı olup, birbirine bağlı bu iki değişkenin logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Grafikteki noktalara uyan doğrunun eğimi fraktal boyutu verir. Küçük değerlerdeki fraktal boyut kemiğin içerisindeki boşlukların daha yüksek oranda, daha porozlu olduğunu göstermektedir. Yüksek değerlerdeki fraktal boyutlar ise kemik mimarisinin daha karmaşık, daha yoğun ve kemik içerisindeki boşlukların daha az miktarda olduğunu göstermektedir [99] (Şekil 2.10.).

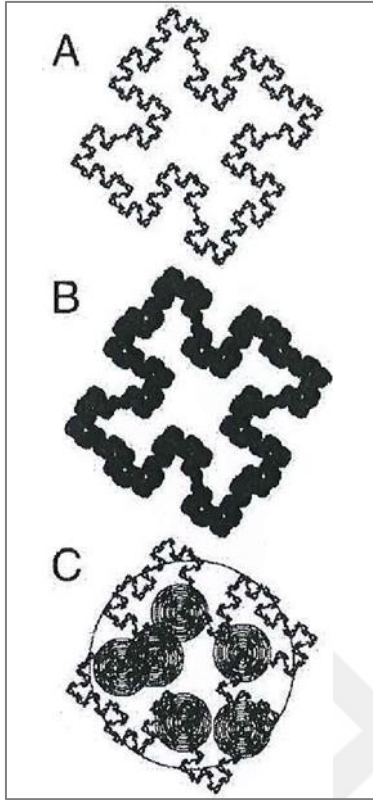


A: Panoramik grafide sol mandibular kondil, B: Görüntünün işlenmesiyle, mandibular kondilin tek pikseli ana hattının belirlenmesi, C ve D: Çeşitli boyutlardaki kutuların görüntü sınırına uygulanması.

Şekil 2.10. Kutu sayma metodunun şematik gösterimi

Piksel genişletme "dilatasyon" metodunda, görüntü ana hattının sınırları genişletilir. Metodda öncelikle incelenecek olan görüntünün bir piksel genişliğinde olan ana haftı oluşturulur. Sonrasında görüntü sınırlarına rastgele olarak dizilen çeşitli çaplardaki daireler kullanılarak, görüntü sınırları genişletilir. Görüntü sınırındaki genişleme miktarı, dairenin çapına bağlı olup, birbirine bağlı bu iki değişkenin logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Elde edilen noktalara uyan doğrunun eğimi eksi değerde olup, fraktal boyutu verir [94, 98] (Şekil 2.11.).

Fraktal boyutu hacim ölçümüne bağlı olarak hesaplayan ikinci grupta, görüntü sınırına rastgele yerleştirilen değişik çaptaki dairelerin içerdiği görüntü sınırına ait pikseller sayılır, Yöntem kutu sayma yönteminin bir varyasyonu olup, kum havuzu "sandbox" yöntemi olarak da bilinmektedir. Dairelerin içerdiği görüntü sınırına ait piksellerin sayısı dairenin çapına bağlı olup, bu iki değişkenin logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Elde edilen noktalara uyan doğrunun eğimi, fraktal boyutu vermektedir [98] (şekil 2.11.).



A: Koch fraktalinin ana hattı, B: Genişletme "dilatasyon" metodu ile görüntü üzerindeki değişiklik: Görüntünün ana hattı çeşitli çaplardaki daireler kullanılarak, uniform bir şekilde genişletilir. Fraktal boyut hesaplamasında, görüntü ana hattını genişletmek için kullanılan dairenin çapı ve ana hattın genişleme miktarının logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Fraktal boyut, elde edilen grafikteki doğrunun eğimidir. C: Hacim ölçümüne göre fraktal boyutun hesaplanmasında görüntü sınırlarına yerleştirilen daireler: Bu metotta fraktal boyut, görüntü ana hattı üzerine yerleştirilen farklı çaplardaki dairelerin içerisindeki görüntü ana hattına ait toplam piksel sayısı hesaplanır. Dairenin çapı ve o çaptaki dairenin içerisindeki görüntü piksel sayısının logaritmik ölçekte grafiği çizilir. Fraktal boyut, elde edilen grafikteki doğrunun eğimidir.

Şekil 2.11. Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan metodlar

Literatürde fraktal boyut arttıkça yapının karmaşıklığının arttığı belirtilse de bu konu üzerinde fikir birliği sağlanamamıştır. Fraktal boyut üzerine yapılan çalışmalarda farklı sonuçların elde edilmesi anatomik varyasyonlara, fraktal boyutun elde edilmesinde çeşitli tekniklerin kullanılmasına ve alveolar kemikte farklı bölgelerin incelenmesine bağlanmaktadır. Alveolar kemik fizyolojik adaptasyon kapasitesi sayesinde maruz kaldığı kuvvetleri karşılayacak şekilde iç yapısında değişiklikler göstermektedir. Trabeküler kemiğin anizotropik özelliğinin ve trabeküler dizilim ile trabeküler kalınlıkta meydana gelen değişimlerin de fraktal boyut üzerine yapılan çalışmalarda farklı sonuçların ortaya çıkmasına neden olduğu görüşüne varılmaktadır [44, 47, 50, 100, 101].

Fraktal analiz, genel olarak görüntü analizinde ve özellikle tıp alanında radyografiler üzerinde, potansiyel anomalilerin ve mevcut hastalığın şiddetinin teşhisinde kullanılmaktadır. Akciğerlerde pulmoner dallanma, kalp atışı, temporomandibular eklem sesleri ve hareketinin karakterini tanımlamak için fraktal analiz kullanılmıştır [102, 103]. Radyografiler üzerinden tespit edilen fraktal boyutun, kemik yoğunluğundaki değişimler ile ilişkilendirildiği ve kemikte mineral kaybını yansıttığı belirtilmiştir. Fraktal analiz yönteminin projeksiyon açısı ve alveolar kemikte incelenecek bölgenin seçiminden etkilenmemesi, tekniğin klinik koşullarında uygulanabilirliğini arttırarak, klinisyen için radyografileri değerlendirmede kolaylık sağlamaktadır [104].

Fizyoloji alanında yapılan çalışmalarda kalpte iletim sinyalleri, elektrokardiogramda QRS dalgalanması, akciğerlerde pulmoner dallanma, vasküler ve nöral ağ yapıları incelendiğinde, giderek artan detayların izlenmesi ve en küçük parçanın şeklin geneline benzerlik göstermesi ile fraktal özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Pulmoner sistemi oluşturan büyükten küçüğe doğru bronş, bronşiyol ve alveollerin yapısal olarak birbirine benzerlik göstermesi yapının fraktal özelliğini göstermektedir. Pulmoner sistemin fraktal özelliğine fonksiyonel açıdan bakıldığında, gaz alışverişi için yüzey alanının giderek arttığı izlenmektedir. 3 boyuta ve belli bir hacime sahip gazın, 2 boyutlu yüzey alanına sahip pulmoner damarlarda değişimine olanak sağlayan trakeobronşiyal yapılar, fraktal analiz ile değerlendirildiğinde yapıların fraktal boyut değerinin 2 ile 3 arasında olduğu belirtilmektedir [102, 105, 106].

Patoloji alanında yapılan çalışmalarda fraktal analizin bazı tümör ve vasküler patolojilerin belirlenmesinde tanıya yardımcı olarak kullanıldığı görülmüştür. Düzensiz sınırlı tümörler fraktal analiz yöntemiyle incelendiğinde, bazı tümörlerin fraktal boyutunun kendi topografik boyutundan daha büyük olduğu belirlenmiştir. Malign melanomun eksize edilmeden önce çekilen fotoğrafı fraktal analiz ile incelendiğinde lezyon sınırlarının fraktal boyutunun, lezyonun topolojik boyutundan daha büyük olduğu görülmüştür. Aynı lezyona ait histopatolojik görüntüsünün fraktal analizde yine lezyon sınırlarının fraktal boyutunun, lezyonun topolojik boyutundan daha büyük olduğu bulunmuştur. Tubulovillöz adenom, metastatik polip ve iltihabi polipleri içeren kolorektal poliplerin fraktal analizinde, bütün olgularda lezyona ait fraktal boyut değerinin, topolojik boyuttan daha büyük olduğu görülmüştür. İki durumda da fraktal boyut değerlerinin, topolojik boyuttan daha yüksek olması, patolojik bir durum varlığına işaret etmektedir. Proliferatif diabetik retinopati gelişen

hastalar ile sağlıklı hastalar arasında retinanın damarlanması fraktal analiz ile değerlendirildiğinde, hasta grubuna ait fraktal boyut değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Fraktal boyuttaki bu artışın, optik disk yakınındaki bölgede yeni damar oluşumuna bağlı olduğu ve panretinal lazer tedavi ihtiyacı olan hastaların belirlenmesine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Oral kavitede yapılan çalışmalarda, displastik ve malign epitelyal lezyonların epitel ve stromal doku arasındaki sınırı fraktal analiz ile incelenmiştir. Epitel ve stromal doku arasındaki sınırın düzensizliği arttıkça fraktal boyutun arttığı saptanmıştır. Fraktal boyuttaki bu artış, oral kavite lezyonlarının displastik değişikliği ve invaziv karsinoma gelişimi ile ilişkilendirilmiştir [106, 107].

1990'lardan beri radyoloji alanında mamografilerde, glandüler mimarinin değerlendirilmesi ve takibinde, neoplastik dokuların ve mikrokalsifikasyonların belirlenmesinde fraktal analiz yönteminden faydalanılmıştır. Fraktal analizde dikkat edilmesi gereken nokta ve aynı zamanda yöntemin kullanımını sınırlayan nokta; yalnızca görüntülenen bölge üzerinden fraktal boyut hesaplanmasıyla elde edilen fraktal boyut değerinin bize tanı koyduracak kadar net bilgi sağlamamasıdır. Hesaplanan fraktal boyut değeri yalnızca yapının normalden ne kadar saptığını, yapı içerisinde değişikliklerin meydana gelip gelmediğini göstererek, mevcut tanının konulmasına yardımcı olmaktadır. Örneğin, aynı fraktal boyuta sahip iki yapının, morfolojik özellikleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle fraktal boyut, yapının karmaşıklığına dair net bir değerlendirme sağlamamakla birlikte, meydana gelen değişiklikleri saptayabilmekte ve böylelikle tanı konmasına destek sağlamaktadır [108].

Kemiğin sağlamlık, kalite ve direnç gibi mekanik özellikleri, kortikal kemik kalınlığı, trabeküler kemik yoğunluğu, trabeküllerin dizilimine yani kemik mimarisine bağlıdır. Kemik mimarisi, trabeküler arası boşlukların varlığı (porozite), trabeküler kalınlık, trabeküler arası bağlantı ve anizotropi ile karakterize edilir. Kemik mimarisindeki bir değişiklik, osteoporoz ve olası kırık riskinin teşhis edilmesi için bilgi sağlamaktadır [109].

Trabeküler kemiğin iç yapısı, kemiğin fonksiyonel olarak karşılayacağı yüklere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kemik yoğunluğu ve trabeküllerin dizilimindeki değişikliklerle kemik, gelen fonksiyonel yükleri düzgün bir şekilde karşılayabilmektedir. Trabeküler yapı, radyografilerde belli çözünürlükte görüntülendiğinde kendine benzeme özelliği göstermesi nedeniyle fraktal yapı karakterine sahiptir [110].

Trabeküler kemik içerisinde, birbiri ile bağlantılı trabeküllerin bulunması ve bu trabeküler bağlantıların karmaşık bir geometriye sahip olması nedeniyle, trabeküler kemiğin mimarisinin değerlendirilmesinde fraktal analiz yönteminin uygun olduğu belirtilmiştir. Fraktal boyut değeri, kortikal ve trabeküler kemik gibi boşluklu yapıların karakterize edilmesinde, dolayısıyla kemik mimarisinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Trabeküler kemik, kortikal kemikten daha yüksek metabolik aktiviteye sahip olması nedeniyle kemik yapısında meydana gelen değişikliklerin değerlendirilmesinde belirleyici olmaktadır [43, 47].

Kemiğin morfolojik değerlendirilmesinde en doğru bilgi, kemik biyopsisi sonrasındaki histomorfometrik analiz veya üç boyutlu görüntülerin elde edildiği yüksek çözünürlüklü bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme tarafından sağlanır [109, 111]. Kemik biyopsisinin invaziv bir yöntem olması, üç boyutlu görüntülerin, kolay elde edilebilirliği ve klinikte rutin kullanımı olmaması nedeniyle, son yıllarda araştırmacılar iki boyutlu görüntüler üzerinden kemik mimarisinin belirlenmesine yönelik çalışmalara yoğunlaşmıştır. İki boyutlu radyografilerde, kortikal ve trabeküler kemik yapıları çeşitli gri tonlarında görüntülenmektedir, Fraktal analizde görüntünün işlenmesiyle görüntüye ait farklı gri tonları kendilerine en yakın olan siyah veya beyaz renklerine indirgendiğinde, trabeküller arası boşluklar ve trabeküllerin dizilimi netlik kazanır. Ortaya çıkan şekilde tekrarlayan geometrik düzene göre fraktal boyut hesaplanır. Elde edilen fraktal boyut değeri ile kemiğin iç yapısı (kemik mimarisi) karakterize edilir. Literatürdeki çalışmalarda fraktal boyut ile trabeküler yapı içerisindeki porozite ve trabeküler dizilim yani kemik mimarisi arasında korelasyon olduğu gösterilmiştir [100, 111].

Fraktal analiz ile elde edilen fraktal boyut değerlerinin, röntgene ait parametrelerden radyasyon dozu ve -10 ile +30 derece arasındaki projeksiyon açısından etkilenmediği belirtilmiştir [101, 112].

Fraktal boyutun ilgili bölge seçimine (region of interest: ROI) ait parametrelerden, boyut, şekil ve yerleştirildiği bölgeden etkilendiği literatürde yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Görüntü analizinde kullanılacak bölge seçiminde çizgisel ROI kullanımının trabeküler yapının karakterize edilmesinde yetersiz kaldığı gösterilmiştir. Fraktal boyutun radyasyon dozundan etkilenmediği bildirilmiş olsa da, periapikal grafilerde kVp değeri, ekspozür süresi

ve projeksiyon açısındaki minimal değişikliklerin, fraktal boyut değerlerini etkileyebileceği belirtilmiştir [43].

Periapikal grafilerde elde edilen fraktal boyutun, diş köklerini çevreleyen trabeküler kemik mimarisini yansıttığı rapor edilmiştir. Aynı hastaya ait periapikal ve panoramik grafilerde elde edilen fraktal boyut değerleri karşılaştırıldığında, panoramik grafilere ait fraktal boyut değerlerinin periapikal grafilerden elde edilen değerlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Panoramik grafilerde çözünürlüğün periapikal grafilere göre daha düşük olması nedeniyle, panoramik grafilerde daha az detay görüntülenmekte olup, yalnız kalın trabeküler yapılar belirlenebilmektedir, Panoramik grafilerden elde edilen fraktal boyut değerlerinin periapikal grafilerden daha düşük olmasına rağmen, trabeküler kemikteki osteoporotik değişimlerin belirlenmesinde yeterli olduğu belirtilmiştir [97].

Alveolar kemiğin kalitesi, implant cerrahisinin başarısında ve osteointegrasyonun değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir. Literatürde fraktal analiz yöntemiyle, implant cerrahisi sonrasında osseointegrasyon başarısı ve kemik iyileşmesi değerlendirilmiştir. İmplant cerrahisi sonrasında, implant çevresindeki kemiğin fraktal boyutunda artma olması, osseointegrasyonun başarılı olduğunu ve trabeküler kemik yapısının iyileştiğini göstermiştir (3). İmplant cerrahisi öncesi ve sonrasında alman panoramik grafilerin fraktal analizinde, fraktal boyut değerleri arttıķa implant stabilitesinin arttığı ve mandibular implantlar için bu korelasyonun istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur [113].

İmplant cerrahisini takiben protetik yüklemenin yapıldığı implantların çevresindeki kemik fraktal analiz ile değerlendirildiğinde, protetik yükleme sonrasında fraktal boyutta ilk 6 aya kadar düşüş olduğu ve 6-12 ay arasında anlamlı değişiklik olmadığı bulunmuştur. Protetik yüklemeyi takiben 6 ay sonrasında implant çevresinde stabil trabeküler kemik yapısının olduğu ve osseointegrasyonun başarılı olduğu gösterilmiştir [100].

İmplant çevresindeki trabeküler kemiğin fraktal boyutu değerlendirildiğinde, cerrahiye takiben ilk iki yıl içerisinde kemik yoğunluğunda ve fraktal boyutta artış olduğu, 3-8 yıl arasında implant boynunu çevreleyen trabeküler kemikte kayıp ve fraktal boyutta düşüş olduğu görülmüştür [110].

Ortognatik cerrahiyi takiben osteotomi yapılan bölgelerde, iyileşme aşamasının radyografik takibinde fraktal boyutun artması, kemik oluşumu ile birlikte kemik mimarisinin de karmaşık hale geldiğini göstermiştir [48].

Endodonti alanında yapılan çalışmalarda, apikal lezyonlu dişlerde kök kanal tedavisini takiben fraktal boyut değerlerinde artış olduğu ve iyileşmenin izlendiği rapor edilmiştir [114]. Radyografilerde, apikallerinde reaktif kemik yoğunluğu izlenen enfekte veya nekrotik pulpası olan dişlerin kök kanal tedavisine verdiği yanıt, fraktal analiz ile incelendiğinde apikal bölgede fraktal boyutun kanal tedavisi öncesine göre azalmış olduğu görülmüştür. Fraktal boyuttaki bu azalmanın gerçekleştirilen başarılı kök kanal tedavisi sonrasında, reaktif kemik yoğunluğunun çözülmesiyle, normal yoğunlukta kemik oluşumuna bağlı olduğu belirtilmiştir [115].

Osteoporoz, erişkinlerde sıklıkla görülen, düşük kemik yoğunluğu, kemik mimarisinde zayıflama ve artmış kırık riski ile karakterize sistemik bir hastalıktır. Osteoporoz, vücuttaki tüm kemikleri etkilediği gibi çene kemiklerini de etkilemektedir, Osteoporoz alanında yapılan çalışmalarda, dental radyografilerde çene kemiklerinin trabeküler iç yapısı fraktal analiz ile değerlendirilmiş olup, yöntemin osteoporoz riskinin belirlenmesindeki etkinliğinin yüksek olduğu gösterilmiştir [116].

Orak hücreli anemi tanılı hastalarda, eritrositlerin yapısındaki değişiklik nedeniyle dolaşım sırasında prematür kayıplar oluşmaktadır. Eritrositlerin prematür kaybı nedeniyle kemik iliği alanlarında hiperplazi olduğu için genişleyerek trabeküllerde kalınlaşmaya neden olur. Orak hücreli anemi tanılı hasta grubunda elde edilen fraktal boyutun, sağlıklı kontrol grubuna göre daha düşük olduğu gösterilmiştir. Bu durum, orak hücreli anemi tanılı hastaların alveolar trabeküler alanın daha boşluklu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir [44].

Hiperparatiroidi; lamina duranın kaybolduğu, kemik içerisinde fibröz dev hücreli lezyonlar ve alveolar kemikte demineralizasyon sonrasında buzlu cam görüntüsü ile karakterize bir hastalıktır. Paratiroid adenomuna bağlı hiperparatiroidinin tedavisi paratiroidektomidir. Paratiroidektomi ameliyatı öncesi ve sonrasında kemikteki değişimler fraktal analiz ile incelendiğinde, paratiroidektomi ameliyatına kadar olan dönemde fraktal boyutta düşüş

olduğu gözlenirken, ameliyatı takiben 2 yıl içerisinde fraktal boyutta artış olduğu gösterilerek durum DEXA ile teyid edilmiştir [50].

Literatürde osteoartritik değişikliklerin subkondral kemiği etkilediği ve hastalığın seyrinin fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilebileceği çalışmalarda gösterilmiştir [117-119].

Subkondral kemikte oluşan morfolojik değişiklikler ve dejenerasyon miktarı belirlenebilmektedir. Maruz kalınan kuvvetlere bağlı olarak, kemiğin biyomekanik özelliği sayesinde, eklem yüzeylerinde yapım veya yıkımın artmasıyla, trabeküler kemiğin iç mimarisinin karmaşıklığı değişmektedir. İlerlemiş kalça osteoartriti bulunan bir hastanın radyografisi fraktal analiz ile değerlendirildiğinde, fraktal boyutun daha düşük olduğu, fraktal boyuttaki azalmanın, trabeküler iç yapı içerisinde osteoskleroz ve trabeküllerde kalınlaşma nedeniyle daha düzleşmiş, karmaşıklığı azalmış trabeküler yapıya dönüşmesine bağlı olduğu vurgulanmıştır [117].

TMED en ilerlemiş döneminde, eklemi oluşturan kemik yüzeylerinde dejeneratif değişiklikler meydana gelmektedir, Bu dejeneratif değişiklikler genellikle mandibular kondilin lateral kutbunda izlenmiştir [120, 121].

Panoramik grafilerde belirgin dejeneratif değişiklikler olarak artiküler yüzeylerde skleroz, düzleşme, osteofit oluşumu, erozyon ve subkortikal kist izlenmektedir [122].

Geniş erozyonlar ve büyük osteofitlerin panoramik grafilerde belirlenebilirliği yüksektir [123].

Klinik olarak krepitasyon ile radyolojik bulguların yalnızca dejeneratif eklem hastalıklarının ilerleyen döneminde görüldüğü göz önüne alındığında panoramik gafilere bu durumu belirlemedeki güvenilirliği, eklem içi düzensizlikler ve ağrının eşlik ettiği TMED'na göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir [121].

Belirtilen nedenlerle çalışmamızda TME-OA olan hastalarda mandibular kondilin trabeküler kemik yapısı fraktal analiz yöntemi ile değerlendirilerek, osteoartritik değişiklikleri belirlemedeki etkinliğine bakılmış ve fraktal boyut değerleri korele edilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma, Helsinki Bildirgesi'ndeki tüm düzenleme ve revizyonları içerecek şekilde tanımlanan prensiplere uygun olarak yapıldı. Kullanılan verilere erişim sadece sorumlu araştırmacı ile sınırlandırıldı.

Bu çalışmaya Gazi Üniversitesi Etik Komisyon'unun 05.04.2022 tarihli toplantısında onay alındıktan sonra başlandı (Araştırma Kod No: 2021-1117). Etik kurul onayı ekte sunuldu (Ek 1: Etik kurul onayı).

3.1. Çalışmaya Dahil Edilen Görüntülerin Seçilmesi

Bu retrospektif çalışma; Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı (Ankara, Türkiye) arşivinde yer alan, 2017-2021 yılları arasında alınan konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri kullanılarak yapıldı.

Çalışma için TME-OA bulgusu tek taraflı kondilde mevcut olan 30 hasta, çift taraflı kondillerinde mevcut 30 hasta ile mevcut olmayan 30 hasta olmak üzere toplam 90 hastanın 180 kondilinin değerlendirildi.

Aşağıdaki listelenen kriterlerden en az bir tanesine sahip olan görüntüler çalışma dışı bırakıldı:

- 20 yaşından küçük hastalar.
- 50 yaşından büyük hastalar.
- Konjenital veya gelişimsel malformasyona sahip olan hastalar.
- Ölçüm yapılacak alanlarda; travma ve cerrahi operasyon hikayesi, patoloji varlığı.
- Anatomik yapıların değerlendirilmesini engelleyecek artefaktların bulunduğu görüntüler (Örneğin; hareket, saçılma artefaktı vb.).

3.2. Çalışmaya Dahil Edilen Görüntülerin Elde Edilmesi

KIBT görüntüleri, Planmeca Promax 3D Mid (Planmeca, Helsinki, Finlandiya) cihazı kullanılarak elde edildi. Çalışmada kullanılan görüntüler; TME'lerin görüntüleme alanına girdiği, maksilla ve mandibulanın tümünün görüntülediği, 160x92 cm FOV'a sahip, 90

kVp, 8 mA, 13.5 sn, 0.4 mm³ voksel boyutuna sahip idi. KIBT görüntüleri hasta ayaktaiken, başı sagittal ve vertikal düzlemler yere dik, orbito-meatal düzlem ise yere paralel olarak pozisyonlandırıldı.

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde rutin prosedür olarak KIBT görüntüleme işlemi öncesi kurşun önlük giydirilmektedir. Radyasyondan korunma yöntemleri düzenli olarak uygulanmaktadır.



Resim 3.1. KIBT cihazında hasta pozisyonu

3.3. Çalışmaya Dahil Edilen Görüntülerin Değerlendirilmesi

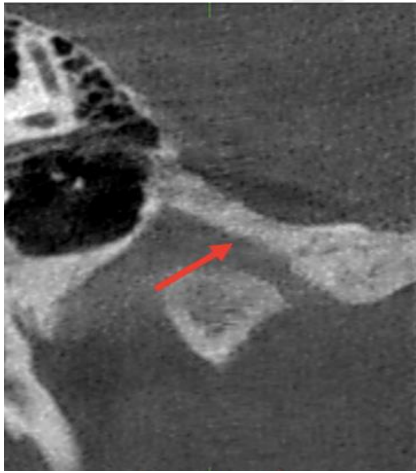
KIBT görüntülerinde yapılacak değerlendirmeler araştırma görevlisi Ö.O.G tarafından uygun fiziksel koşullar altında ve görüntüleme kalitesi uygun monitörlerde yapıldı. İncelenecek tüm görüntülerin yeterli diagnostik kaliteye sahip olma şartı arandı.

KIBT görüntülerinde her hastanın iki kondili sagittal kesitlerde ayrı ayrı değerlendirilerek, TME-OA teşhisi Ahmad ve ark.'nın yaptığı sınıflamaya göre radyolojik olarak yapıldı. Bu sınıflamaya göre, radyolojik osteoartrit bulguları olarak TME kemik yapılarında düzleşme, skleroz, yüzey erozyonu, glenoid fossada dejenerasyon, osteofit, subkortikal kist veya serbest eklem cismi varlığı araştırıldı.

Düzleşme: Normalde konveks şekilli kondil başı (Resim 3.9) düzleşmesi ve artiküler eminens posteriyor duvarının düzleşmesi (Resim 3.10) ayrı ayrı değerlendirildi. Düzleşme varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.2. Kondil başında düzleşme



Resim 3.3. Artiküler eminens posteriyor duvarında düzleşme

- Subkortikal skleroz: TME'in kondil ve/veya temporal kemik bileşenlerinin herhangi bir bölümünde kortikal tabakanın kalınlığındaki artışı değerlendirildi (Resim 3.11). Subkortikal skleroz varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.4. Kondilde subkortikal skleroz

- Kondilde erozyon: Kondil başında kemik korteksinin devamlılığında bozulma değerlendirildi (Resim 3.12). Erozyon varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.5. Kondil başında erozyon

- Glenoid fossada dejenerasyon: Glenoid fossa kortikal kemik yapısındaki erozyon, şekil değişikliğine izlenen yıkım alanları değerlendirildi (Resim 3.13). Glenoid fossada dejenerasyon varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.6. Glenoid fossada dejenerasyon

- Osteofit: Kondil başında kemiğin mineralize yüzeyinde lokalize kemik hipertrofisi değerlendirildi (Resim 3.14). Osteofit varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.7. Osteofit formasyonu

- Subkortikal kist (Ely kisti): Kortikal tabakanın hemen altında veya daha derinlerde trabeküler kemikte yuvarlak radyolusent alan değerlendirildi (Resim 3.15). Subkortikal kist varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.8. Subkortikal kist

- Serbest eklem cismi (eklem faresi): Eklem aralığında serbestçe dolaşan, kırılan osteofit parçası değerlendirildi (Resim 3.16). Serbest eklem cismi varlığı veya yokluğu kaydedildi.



Resim 3.9. Serbest eklem cismi

3.4. Radyolojik Analiz Yöntemlerinin Uygulanması

Radyografik değerlendirme yapılırken, görüntüler, ideal ekran görüntüsüne sahip (çözünürlük 1920×1080 piksel) cihazın orijinal programı olan Romexis 2.7.0.R bilgisayar programı ile Philips model, NVIDIA QUADRO FX 380 ekran kartına sahip 24 inç büyüklüğündeki medikal monitör kullanılarak, ışığı azaltılmış ve sessiz bir odada ve yaklaşık 50 cm uzaklıktan değerlendirildi. Görüntülerin kontrast ve parlaklığı, optimum görselleştirme için yazılımdaki görüntü işleme aracı kullanılarak ayarlandı.

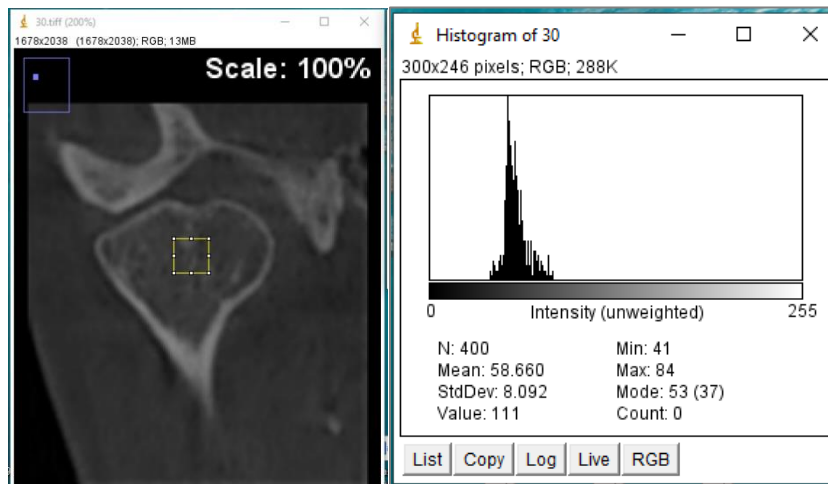
Dahil edilen hastalar, kondillerinde TME-OA'nın tek taraflı, çift taraflı ve hiç gözlenmemesine göre üç gruba ayrılarak incelendi.

Seçilen aksiyel görüntüde kondil başının sagittal kesiti kondil başının uzun eksenine dik ve koronal kesitler kondil başının uzun eksenine paralel olarak yapıldı. 1 mm aralıklı koronal kesitler taranıp kondil başının en geniş olduğu yer referans olarak alındı. En geniş koronal KIBT görüntüleri üzerinde 20x20 piksel ROI seçimi yapıp Image J ile fraktal analiz ve histogram analizleri yapıldı.

3.4.1. Histogram analizinin uygulanması

KIBT kesitsel görüntüler üzerinde HA değerlendirmelerinin yapılması için sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

1. KIBT kesitsel görüntülerinde FA ölçümlerinin yapıldığı aynı kesitsel görüntü TIFF formatında kaydedildi.
2. Kaydedilen görüntü ImageJ programına aktarıldı. ImageJ programında açılan görüntü üzerinde HA analiz ölçümünün yapılacağı standart alanlar kondil başı için 20×20 piksel (Resim 3.10.) büyüklüğünde seçildi ve görüntü TIFF formatında Image J programına kaydedildi.
3. ImageJ programında kaydedilen TIFF formatındaki görüntü açılarak histogram analizi yapıldı.



Resim 3.10. Seçilen ROI alanı ve histogram analiz sonucu

3.4.2. Fraktal boyut analizinin uygulanması

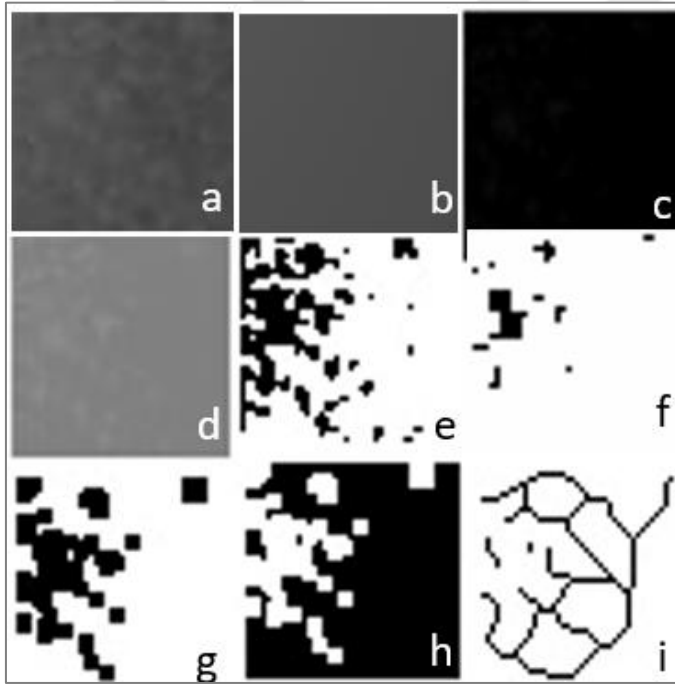
FB analiz için kutu sayma metodu kullanıldı. Genellikle trabeküler kemiğin değerlendirilmesinde kutu sayma metodu kullanılmaktadır. Kutu sayma metodunda matematiksel işlemlerle trabeküler kemik ve kemik iliğinin uç kısımları değerlendirilmektedir [44, 45]. Kutu sayma metoduyla elde edilen FB analiz değerinin yüksek olması daha kompleks bir trabeküler kemiğin olduğunu işaret eder. Kutuların alanı ızgara temsili bir sistemle ölçülmektedir. Trabeküler kemiği temsil eden kutuların büyüklüğü 2-64 piksel büyüklüğü arasında değişmektedir [114]. Trabekül sayısı da kutuların sayılmasıyla belirlenmektedir. Binary formdaki görüntü iskeletsel forma getirilmesi işlemi kutuların aşındırılarak merkezi kısımlarının kalmasını sağlamaktadır. Daha sonra iskeletsel formdaki görüntüye FB analizi uygulanmaktadır [124].

Çalışmamızda National Institute of Health'ın ücretsiz olarak kullanımına izin verdiği, ImageJ (1.53) görüntü işleme ve analiz programı "<http://imagej.nih.gov/>" adlı internet adresinden sağlandı ve kullanıldı. Kondil başındaki FB analiz değerlendirmelerinin yapılması için Mandelbrot'un bildirdiği şekilde kutu sayma metodu uygulandı. Bunun için sırasıyla aşağıdaki işlemler yapıldı.

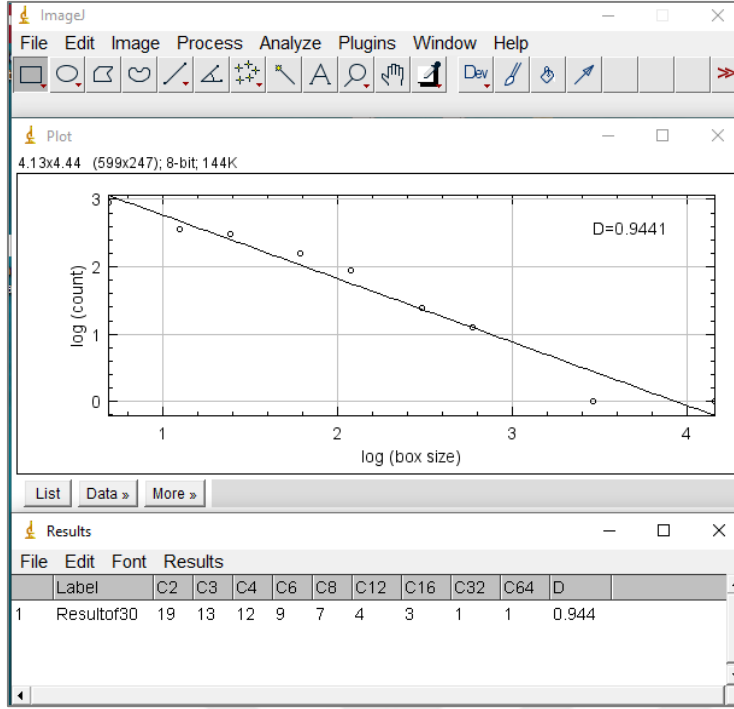
1. ImageJ programındaki TIFF formatlı görüntü açılıp kopyalandı.
 2. Görüntüdeki ince ve orta skaladaki varyasyonları giderip sadece yüksek skaladaki varyasyonların kalması için görüntü bulanıklaştırıldı (sigma:35).
 3. Bulanıklaştırılmış görüntünün orijinal görüntü üzerinden çıkartılması işlemi yapıldı (subtraction).
 4. Her piksel lokasyonuna 128 eklenmesi ve 128 parlaklık derecesi eşik değeri alınarak görüntünün binary hale getirilmesi işlemi yapıldı.
 5. Görüntüdeki gürültüyü azaltmak amacıyla görüntü erode ve dilate edildi.
 6. Görüntüdeki trabeküllerin görünür hale gelmesi için görüntünün ters çevrilmesi işlemi uygulandı.
 7. Binary haldeki görüntü iskeletleştirilerek trabeküllerin sadece merkezi kısımlarının kalması sağlandı.
 8. İskeletleştirilmiş görüntüye FB analizi uygulandı (Şekil 3.1.).
- Erozyon işlemi: Trabekül kenarlarından piksellerin kaldırılması işlemidir. Trabekülleri temsil eden siyah piksellerin beyaz piksellerle komşuluğu 4 veya 8'den fazlaysa

kaldırılarak beyaz görüntü haline getirilir. Böylece birbirine temas eden siyah pikseller ayrılmış olur.

- Dilatasyon işlemi: Siyah piksellerin siyah piksellerle komşuluğu 4 veya 8'den fazla ise piksel eklenir. Böylece devamlılık göstermeyen siyah piksellerin devamlılığı sağlanmış olur.
- Gaussian filtre uygulanması: Görüntüyü bulanıklaştırmak ve detayı yok etmek için kullanılan iki boyutlu bir operatördür. Gaussian sonucunda her piksel komşuluğunun ağırlıklı ortalaması çıkar. Böylece Gaussian filtreyle aynı boyuttaki median filtreyle oranla daha iyi kenar korunması sağlanmaktadır. Bu yönüyle median filtreyle ayrılmaktadır.



Şekil 3.1. 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



Resim 3.11. Fraktal boyut analizi sonucu

3.5. Verilerin İstatiksel Analizi

Çalışmamızda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS (Versiyon 22.0, SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi. Kategorik verilerin tanımlayıcı istatistikleri sayı ve yüzde (%) ile raporlandı. Sayısal verilerin tanımlayıcı istatistikleri, normal dağılan veriler için ortalama $\pm$ standart sapma ve normal dağılmayan veriler için medyan (çeyrekler: Q1, Q3) kullanılarak raporlandı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk ve Kolmogorov–Smirnov testleri ile belirlendi. Varyansların homojenliği Levene testi ile incelendi. Sayısal veriler arasındaki ilişkiler veri normal dağılımına bağlı olarak Spearman korelasyon katsayısı ile araştırıldı. Bağımsız iki grup arasındaki sayısal ölçümlerin karşılaştırılmasında normal dağılan veriler için bağımsız gruplarda t testi (student's t testi), normal dağılmayan veriler için Mann Whitney U testi kullanıldı. Bağımlı iki grup arasındaki sayısal ölçümlerin karşılaştırılmasında normal dağılan veriler için bağımlı gruplarda t testi (paired t testi) kullanıldı. Bağımsız üç farklı araştırma grubu arasında ölçümlerin karşılaştırılmasında normal dağılan veriler için Tek yönlü Varyans Analizi (ANOVA), normal dağılmayan veriler için parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık belirlenen karşılaştırmalarda farklılığın kaynaklandığı grupları belirlemek amacıyla post-hoc ikişerli karşılaştırma testleri için ANOVA testi sonrasında Tukey testi ve Kruskal-Wallis testi sonrasında Dunn-

Bonferroni post-hoc testi kullanıldı. İki farklı ölçüm arasındaki uyum düzeyini belirlemek için ölçümlerin ortalamalarına karşı farklarının saçılım grafiği Bland-Altman yöntemi ile çizilerek uyum sınırları ve farkların pozitif negatif sayıları belirlendi. $P < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.





4. BULGULAR

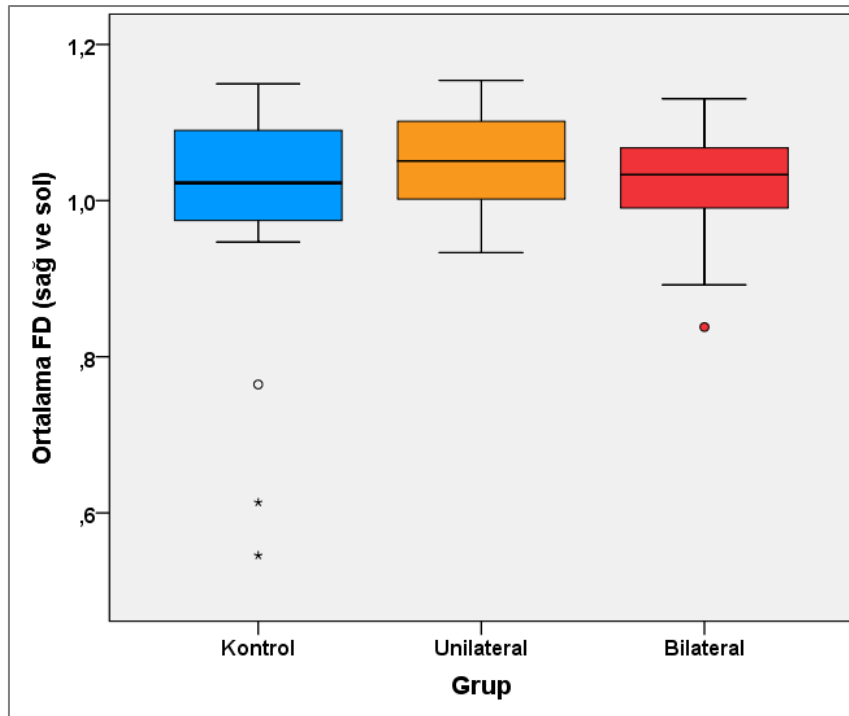
TME-OA açısından incelenen üç grup hasta kondillerinin ortalama FD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.1.'de sunuldu. Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol FD ortalaması) FD ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($P=0,432$, Tablo 4.1.). Tüm kondillerin sağ sol FD ortalaması: $1,025 \pm 0,097$ ve medyanı (Q1, Q3): $1,035$ ($0,989 - 1,090$) idi.

Çizelge 4.1. TME-OA açısından incelenen üç grup hastanın kondillerinin ortalama FD (Sağ ve sol FD ortalaması) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

	Kontrol (n=30)	Unilateral (n=30)	Bilateral (n=30)	P değeri
FD	1,022 (0,974 – 1,092) (1,003 $\pm$ 0,138)	1,050 (0,998 – 1,103) (1,049 $\pm$ 0,063)	1,033 (0,990 – 1,072) (1,024 $\pm$ 0,069)	0,432 ^a H(2)=1,678

^aKruskal-Wallis test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama $\pm$ standart sapma)

Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol FD ortalaması) FD dağılımları Şekil 4.1.'de gösterildi.



Şekil 4.1. Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol FD ortalaması) FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği (boxplot)

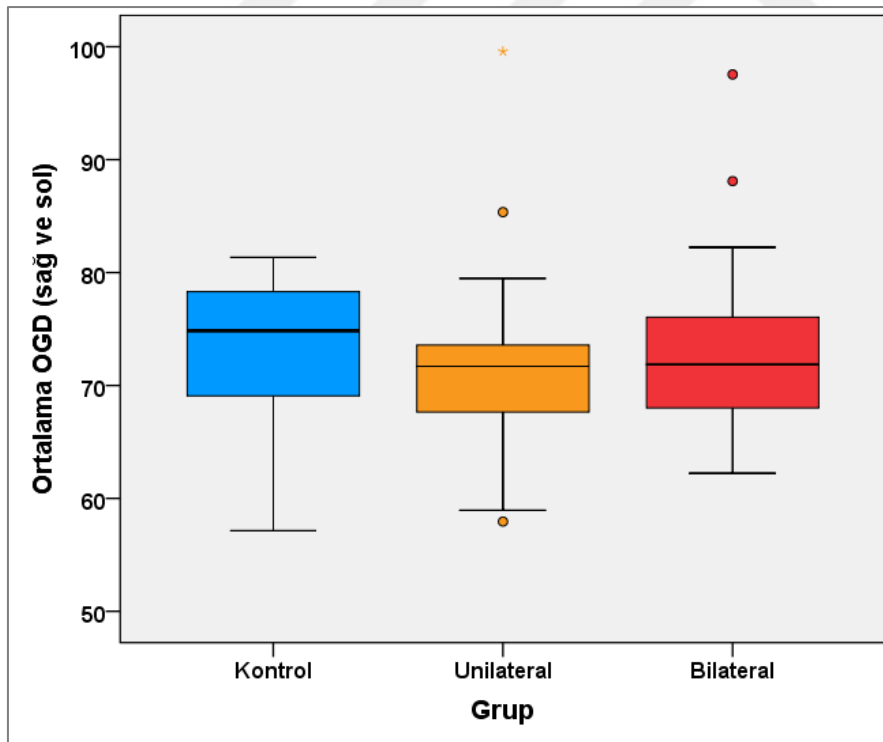
TME-OA açısından incelenen üç grup hasta kondillerinin ortalama OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.2.'de sunuldu. Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol OGD ortalaması) OGD ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($P=0,294$, Tablo 4.2.). Tüm kondillerin sağ sol OGD ortalaması: $72,78 \pm 7,014$ ve medyanı (Q1, Q3): 72,26 (68,15 – 76,84) idi.

Çizelge 4.2. TME-OA açısından incelenen üç grup hastanın kondillerinin ortalama OGD (Sağ ve sol OGD ortalaması) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

	Kontrol (n=30)	Unilateral (n=30)	Bilateral (n=30)	P değeri
OGD	74,84 (68,85 – 78,38) (73,45±6,36)	71,69 (67,54 – 73,69) (71,86±7,53)	71,86 (67,83 – 76,37) (73,03±7,23)	0,294 ^a H(2)=2,447

^aKruskal-Wallis test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama±standart sapma)

Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol OGD ortalaması) OGD dağılımları Şekil 4.2.'de gösterildi.



Şekil 4.2. Araştırma grupları arasında her iki kondilin (sağ ve sol OGD ortalaması) OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği

TME-OA'dan etkilenmemiş kondillerin Kontrol ve Unilateral grupları arasında FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.3.'te sunuldu. Kontrol ve Unilateral grupları

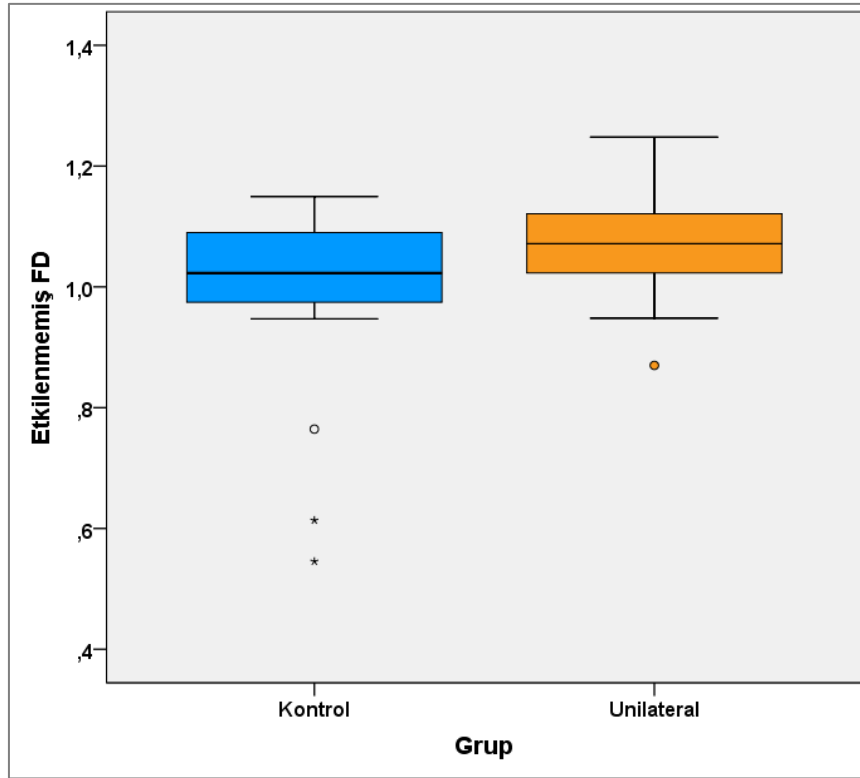
arasında etkilenmemiş FD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı idi ($P=0,035$; Tablo 4.3.). Unilateral gruptaki hastaların FD değerleri kontrol grubundaki hastaların FD değerlerinden anlamlı yüksek idi (Tablo 4.3.). Tüm etkilenmemiş kondillerin FD ortalaması $1,037\pm0,116$ ve medyanı (Q1, Q3): 1,055 (0,990 – 1,103) idi. Kontrol ve Unilateral grupları arasında etkilenmemiş OGD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı idi ($P=0,029$; Tablo 4.3.). Kontrol grubundaki hastaların OGD değerleri Unilateral grubundaki hastaların OGD değerlerinden anlamlı yüksek idi (Tablo 4.3.). Tüm etkilenmemiş kondillerin OGD ortalaması $71,99\pm6,71$ ve medyanı (Q1, Q3): 71,68 (67,01 – 76,88) idi.

Çizelge 4.3. TME-OA açısından etkilenmemiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

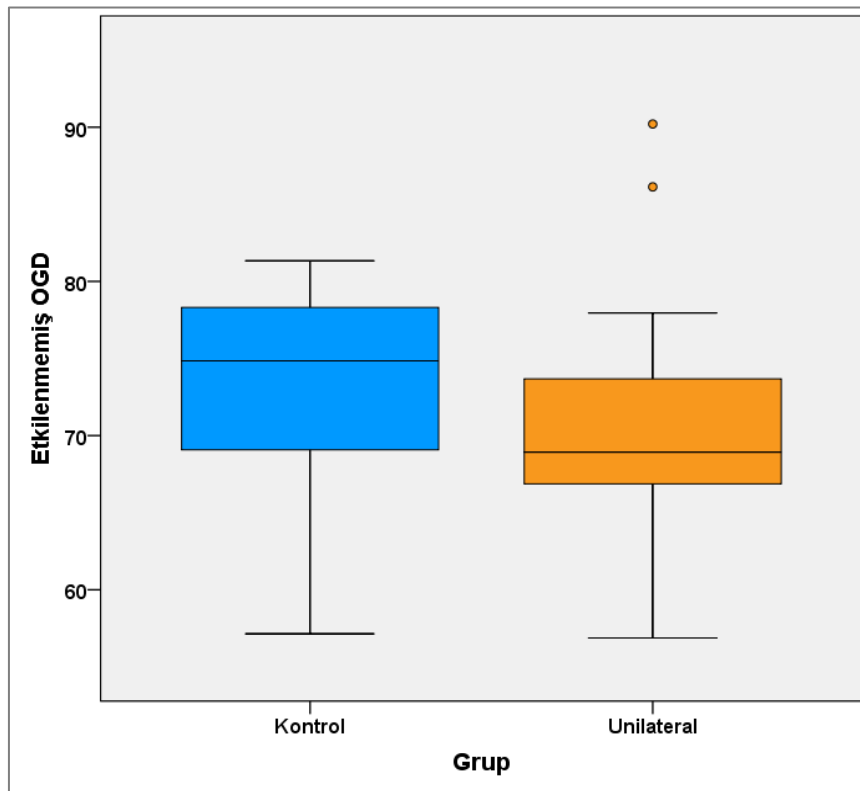
	Kontrol (Her iki kondilin ortalama FD'si) (n=30)	Unilateral (Etkilenmemiş kondil FD'si) (n=30)	P değeri
Etkilenmemiş kondiller	1,022 (0,974 – 1,092) (1,003 $\pm$ 0,138)	1,071 (1,023 – 1,124) (1,071 $\pm$ 0,077)	0,035^b U=592,5
	Kontrol (Her iki kondilin ortalama OGD'si) (n=30)	Unilateral (Etkilenmemiş kondil OGD'si) (n=30)	
Etkilenmemiş kondiller	74,84 (68,85 – 78,38) (73,45 $\pm$ 6,36)	68,93 (66,64 – 73,69) (70,52 $\pm$ 6,84)	0,029^b U=302

^bMann Whitney U test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama $\pm$ standart sapma)

Kontrol ve Unilateral grupları arasında etkilenmemiş kondillerin FD dağılımları Şekil 4.3.'te ve OGD dağılımları Şekil 4.4.'te gösterildi.



Şekil 4.3. Kontrol ve Unilateral grupları arasında etkilenmemiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği



Şekil 4.4. Kontrol ve Unilateral grupları arasında etkilenmemiş kondillerin OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği

TME-OA'dan etkilenmiş kondillerin Unilateral ve Bilateral grupları arasında FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.4.'te sunuldu. Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş FD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,867$; Tablo 4.4.). Tüm etkilenmiş kondillerin FD ortalaması $1,025\pm0,078$ ve medyanı (Q1, Q3): 1,035 (0,978 – 1,086) idi. Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş OGD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,988$; Tablo 4.4.). Tüm etkilenmiş kondillerin OGD ortalaması $73,11\pm8,53$ ve medyanı (Q1, Q3): 71,58 (68,14 – 78,24) idi.

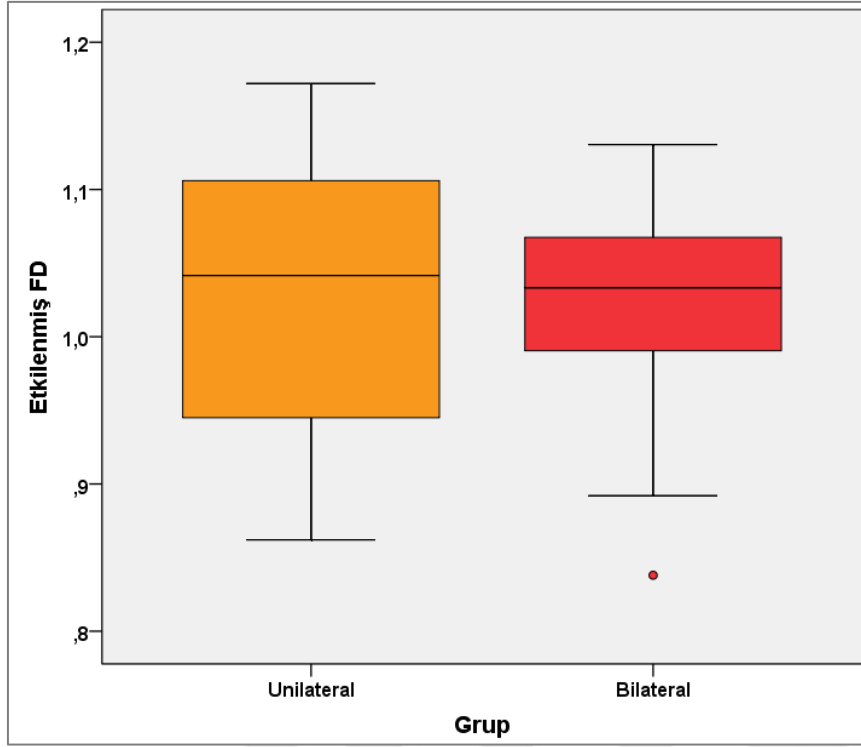
Çizelge 4.4. TME-OA açısından etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

	Unilateral (Etkilenmiş kondil FD'si) (n=30)	Bilateral (her iki kondilin ortalama FD'si) (n=30)	P değeri
Etkilenmiş kondiller	1,027 $\pm$ 0,088	1,024 $\pm$ 0,069	0,867 ^c t(58)=0,168
	Unilateral (Etkilenmiş kondil OGD'si) (n=30)	Bilateral (her iki kondilin ortalama OGD'si) (n=30)	
Etkilenmiş kondiller	71,05 (68,06 – 79,11) 73,19 $\pm$ 9,79	71,86 (67,83 – 76,37) 73,03 $\pm$ 7,23	0,988 ^b U=451

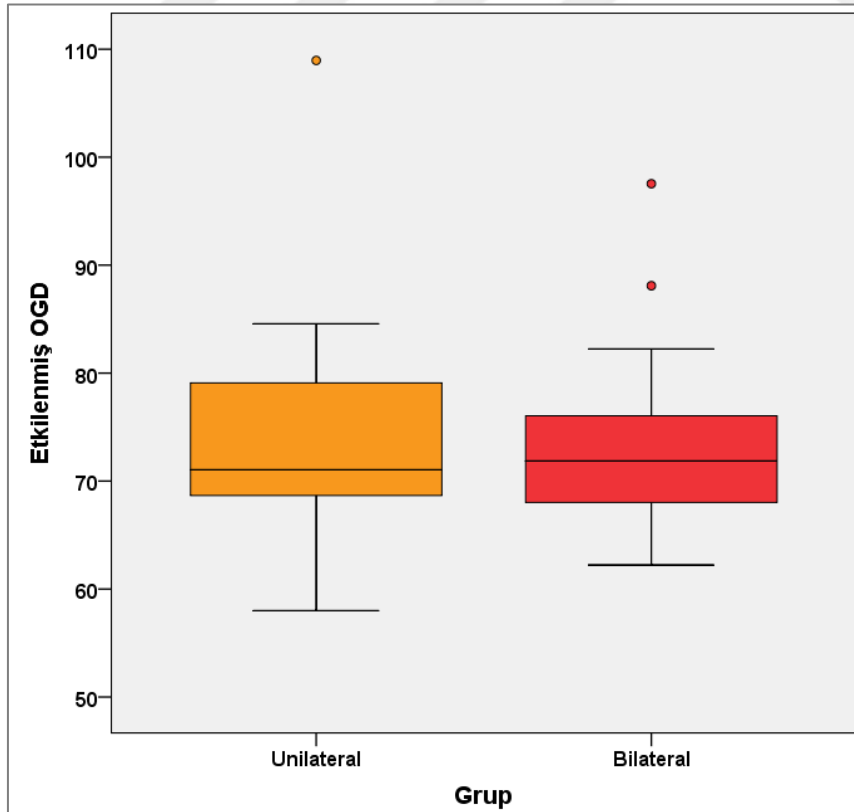
^cStudents t-test (ortalama $\pm$ standart sapma)

^bMann Whitney U test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama $\pm$ standart sapma)

Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş kondillerin FD dağılımları Şekil 4.5.'te ve OGD dağılımları Şekil 4.6.'da gösterildi.



Şekil 4.5. Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği



Şekil 4.6. Unilateral ve Bilateral grupları arasında etkilenmiş kondillerin OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği

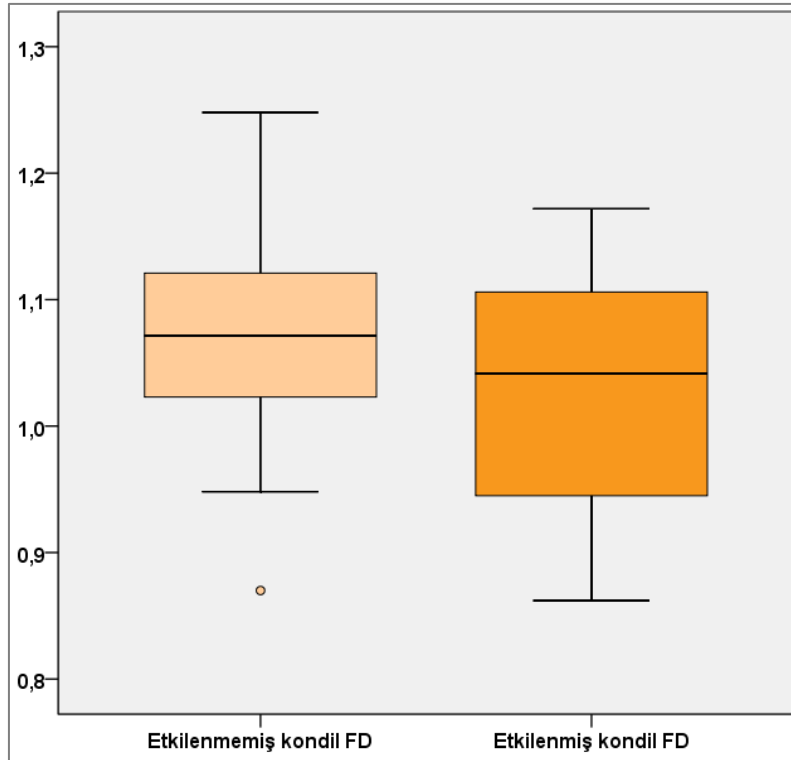
TME-OA açısından Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.5.'te sunuldu. Unilateral grupta etkilenmemiş kondillerdeki FD değerleri, etkilenmiş kondillerdeki FD değerlerinden anlamlı yüksekti ($P=0,033$; Tablo 4.5.). Unilateral grupta etkilenmiş kondillerdeki OGD değerleri ile etkilenmemiş kondillerdeki OGD değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamlılık sınırına yakındı ($P=0,066$; Tablo 4.5.).

Çizelge 4.5. TME-OA açısından Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları (n=30)

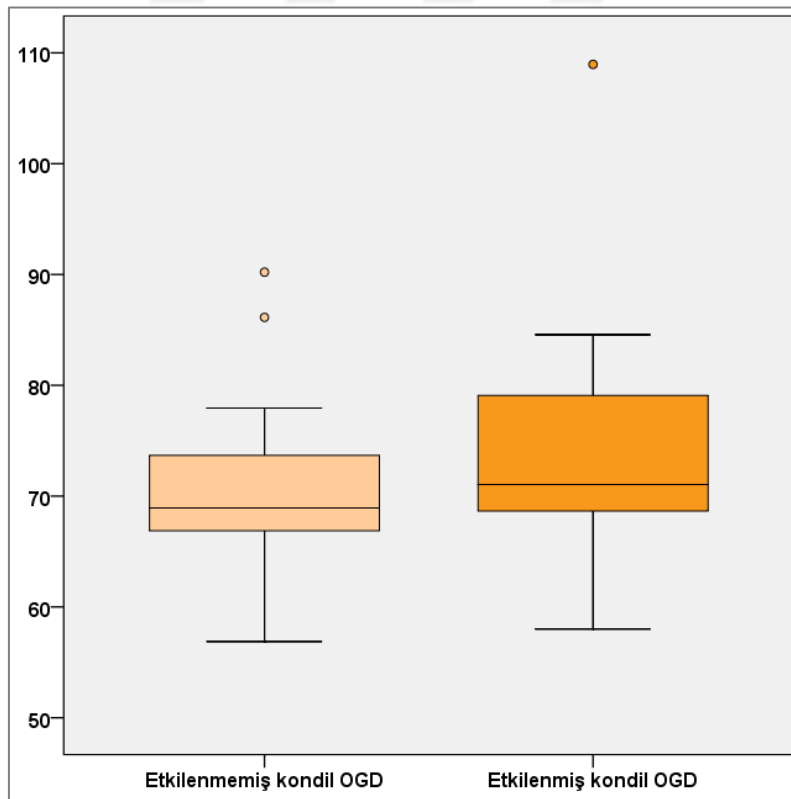
Etkilenmemiş kondil FD (n=30)	Etkilenmiş kondil FD (n=30)	P değeri
1,071±0,077	1,027±0,088	0,033^d t(29)=2,242
Etkilenmemiş kondil OGD (n=30)	Etkilenmiş kondil OGD (n=30)	
70,52±6,84	73,19±9,79	0,066 ^d t(29)= -1,913

^dEşleştirilmiş t-testi (Paired t-test) (ortalama±standart sapma)

Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği Şekil 4.7.'de ve OGD dağılımlarını gösteren kutu grafiği Şekil 4.8.'de gösterildi.



Şekil 4.7. Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği



Şekil 4.8. Unilateral grupta etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin FD dağılımlarını gösteren kutu grafiği

TME-OA açısından Toplam etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.6.'da sunuldu. Tüm etkilenmiş kondillerdeki FD değerleri ile etkilenmemiş kondillerdeki FD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($P=0,120$; Tablo 4.6.). Tüm etkilenmiş kondillerdeki OGD değerleri ile etkilenmemiş kondillerdeki OGD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ($P=0,832$; Tablo 4.6.).

Çizelge 4.6. TME-OA açısından Toplam etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları (n=90)

Etkilenmemiş kondil FD (n=90)	Etkilenmiş kondil FD (n=90)	P değeri
1,062 (1,003 – 1,112) 1,026±0,173	1,043 (0,965 – 1,092) 1,025±0,091	0,120 ^b U=3506
Etkilenmemiş kondil OGD (n=90)	Etkilenmiş kondil OGD (n=90)	
72,41 (67,45 – 77,13) 72,47±8,67	72,04 (67,72 – 76,68) 73,09±8,82	0,832 ^b U=3976

^bMann Whitney U test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama±standart sapma)

TME-OA açısından incelenen araştırma grupları arasında kondillerin ortalama FD/OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.7.'de sunuldu. Sağ ve sol FD ortalamalarının sağ ve sol OGD ortalamalarına bölünmesi ile elde edilen Ortalama FD/ Ortalama OGD değerleri araştırma grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,179$; Tablo 4.7.). Sağ FD / Sağ OGD değerleri de araştırma grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,557$; Tablo 4.7.). Sol FD / sol OGD değerleri araştırma grupları arasında anlamlı farklı idi ($P=0,027$; Tablo 4.7.). Post-hoc test sonuçlarına göre Unilateral grubun Sol FD / Sol OGD değerleri kontrol grubundan anlamlı yüksek idi ($P=0,030$). Diğer gruplar arasında anlamlı farklılık yoktu ($P>0,05$).

Çizelge 4.7. TME-OA açısından incelenen araştırma grupları arasında kondillerin ortalama FD/OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

	Kontrol (1) (n=30)	Unilateral (2) (n=30)	Bilateral (3) (n=30)	P değeri	Post-hoc P değeri
Ortalama FD / Ortalama OGD	0,0137±0,0023	0,0147±0,0018	0,0141±0,0018	0,179 ^e F(2,89)=1,756	-
Sağ FD / Sağ OGD	0,0147 (0,0135-0,0154) (0,0141±0,0028)	0,0142 (0,0126-0,0154) (0,0142±0,0022)	0,0141 (0,0124-0,0158) (0,0142±0,0020)	0,757 ^a H(2)=0,557	-
Sol FD / Sol OGD	0,0133 (0,0119-0,0152) (0,0136±0,0040)	0,0154 (0,0142-0,0163) (0,0153±0,0018)	0,0143 (0,0127-0,0160) (0,0141±0,0022)	0,027^a H(2)=7,196	1-2: 0,030 1-3: 1,000 2-3: 0,162

^eANOVA (ortalama±standart sapma)

^aKruskal-Wallis test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama±standart sapma) ve Dunn Bonferroni post-hoc test

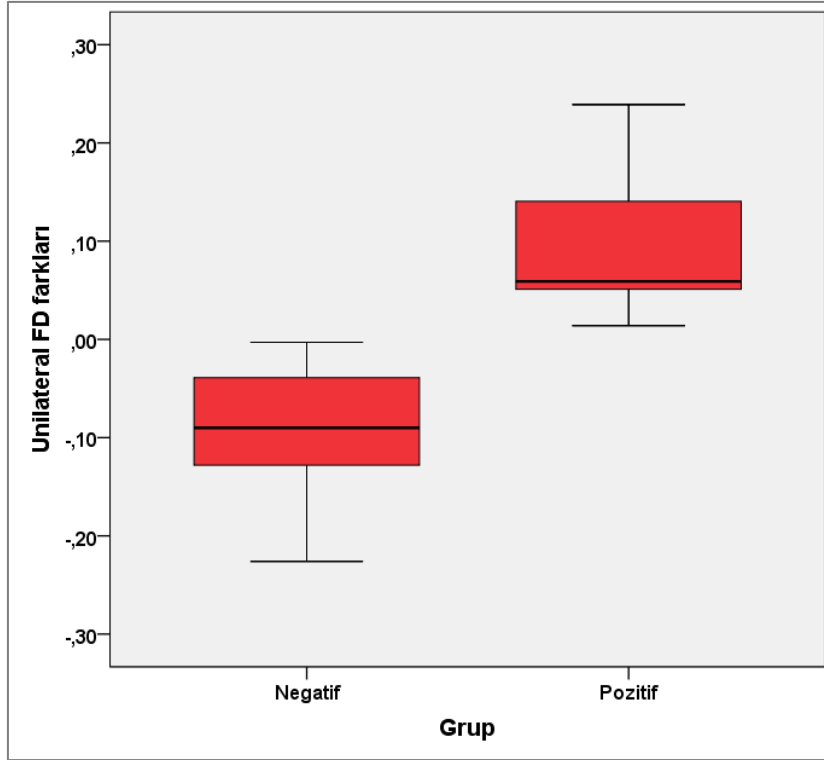
TME-OA açısından unilateral hastalarda etkilenmiş ve etkilenmemiş kondiller arasındaki FD farklarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve ortalama karşılaştırmaları Tablo 4.8.’de sunuldu. Unilateral TME-OA hastalarında etkilenmiş- etkilenmemiş kondil FD farkı 22 hastada negatif ve 8 hastada pozitif idi. Negatif ve pozitif olan hastalar arasında FD farkları anlamlı farklı idi ($P<0,001$; Tablo 4.8.).

Çizelge 4.8. TME-OA açısından unilateral hastalarda kondiller arasındaki FD farkına göre dağılımı (n, %) ve istatistiksel analizi

Unilateral hastalar	n (%)	Etkilenmiş kondil ortalama FD — etkilenmemiş kondil ortalama FD farkı	P değeri
Negatif	22	-0,09427±0,06476	<0,001^c t (28)= -6,791
Pozitif	8	0,09425±0,07415	
Toplam	30	-0,04400±0,10749	

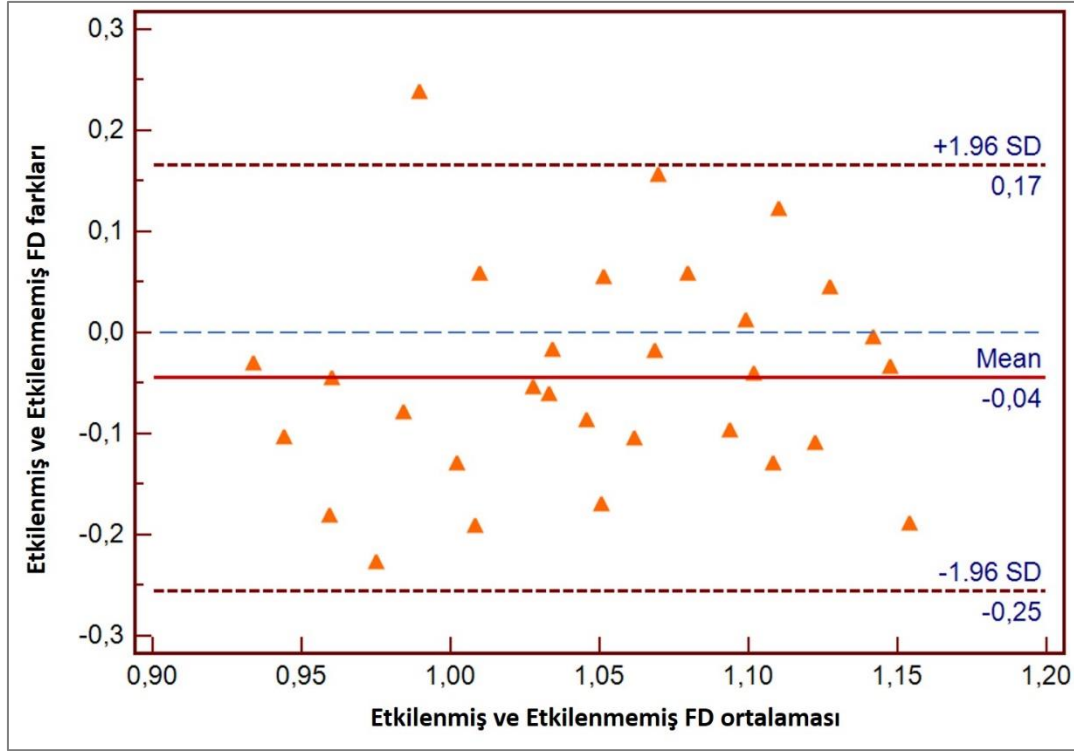
^cStudents t-test (ortalama±standart sapma)

Unilateral farklara göre negatif ve pozitif gruplar arasında FD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği Şekil 4.9.’da gösterildi.



Şekil 4.9. Unilateral farklara göre negatif ve pozitif gruplar arasında FD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği

Etkilenmiş ve Etkilenmemiş FD değerleri için Bland-Altman grafiği Şekil 4.10.'da gösterildi. Bland-Altman grafiği değerlendirildiğinde FD farklarına göre 8 ölçümün pozitif 22 ölçümün negatif olduğu görülmektedir. Ayrıca etkilenmiş ve etkilenmemiş FD ölçümlerinden 1 tanesi uyum sınırları dışında idi (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Etkilenmiş ve etkilenmemiş FD değerleri için Bland-Altman grafiği

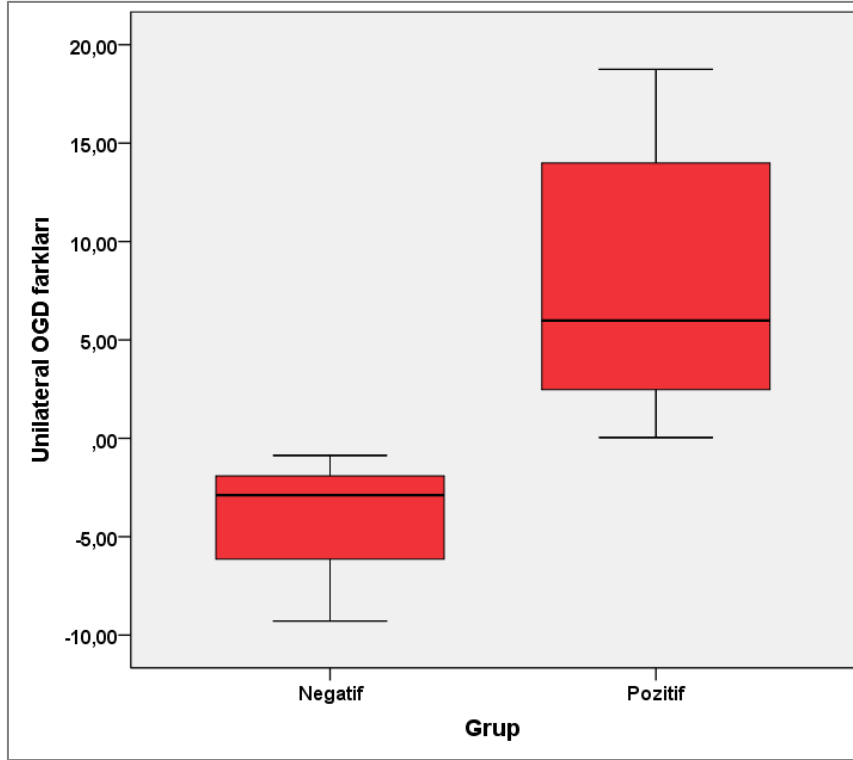
TME-OA açısından unilateral hastalarda etkilenmiş ve etkilenmemiş kondiller arasındaki OGD farklarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve ortalama karşılaştırmaları Tablo 4.9.'da sunuldu. Unilateral TME-OA hastalarında etkilenmiş- etkilenmemiş kondil OGD farkı 13 hastada negatif ve 17 hastada pozitif idi. Negatif ve pozitif olan hastalar arasında OGD farkları anlamlı farklı idi ($P<0,001$; Tablo 4.9.).

Çizelge 4.9. TME-OA açısından unilateral hastalarda kondiller arasındaki OGD farkına göre dağılımı (N %) ve istatistiksel analizi

Unilateral hastalar	n (%)	Etkilenmiş kondil ortalama OGD — etkilenmemiş kondil ortalama OGD farkı	P değeri
Negatif	13	-4,03308±2,88949	<0,001^c t(28)= -6,573
Pozitif	17	7,80529±5,96295	
Toplam	30	2,67533±7,65983	

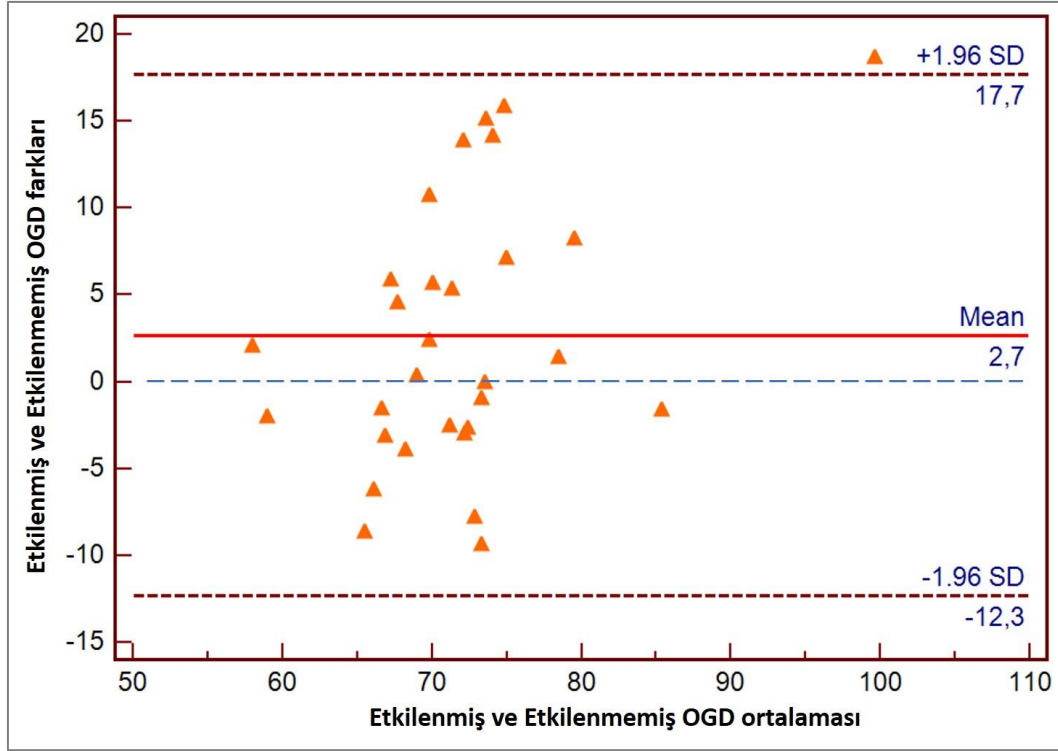
^cStudents t-test (ortalama±standart sapma)

Unilateral farklara göre negatif ve pozitif gruplar arasında OGD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği Şekil 4.11.'de gösterildi.



Şekil 4.11. Unilateral farklara göre negatif ve pozitif gruplar arasında OGD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği

Etkilenmiş ve Etkilenmemiş OGD değerleri için Bland-Altman grafiği Şekil 4.12.'de gösterildi. Bland-Altman grafiği değerlendirildiğinde OGD farklarına göre 17 ölçümün pozitif 13 ölçümün negatif olduğu görülmektedir. Ayrıca etkilenmiş ve etkilenmemiş OGD ölçümlerinden 1 tanesi uyum sınırları dışında idi (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Etkilenmiş ve etkilenmemiş OGD değerleri için Bland-Altman grafiği

Hasta yaşları ile etkilenmemiş ve etkilenmiş FD ve OGD değerleri arasındaki korelasyon analizi bulguları Tablo 4.10.'da gösterildi. Hasta yaşları ile etkilenmemiş FD, etkilenmemiş OGD ve etkilenmiş OGD değerleri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunamadı ($P>0,05$, Tablo 4.10.). Hasta yaşları ile etkilenmiş FD değerleri arasındaki istatistiksel olarak zayıf düzeyde anlamlı negatif ilişki belirlendi ($r=-0,269$; $P=0,038$; Tablo 4.10.).

Çizelge 4.10. Hasta yaşları ile etkilenmemiş ve etkilenmiş FD ve OGD değerleri arasındaki Spearman korelasyon analizi bulguları (n=60)

		Etkilenmemiş FD	Etkilenmiş FD	Etkilenmemiş OGD	Etkilenmiş OGD
Yaş	r	0,003	-0,269*	0,070	0,134
	P	0,984	0,038	0,593	0,308

r: Spearman korelasyon katsayısı

Araştırma gruplarının kendi içerisinde hasta yaşları ile etkilenmemiş ve etkilenmiş FD ve OGD değerleri arasındaki korelasyon analizi bulguları Tablo 4.11.'de gösterildi. Kontrol ve Unilateral grupta hasta yaşları ile etkilenmemiş ve etkilenmiş FD ve OGD değerleri arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunamadı ($P>0,05$; Tablo 4.11.). Bilateral grupta hasta yaşları ile etkilenmiş FD değerleri arasında orta düzeye yakın negatif anlamlı

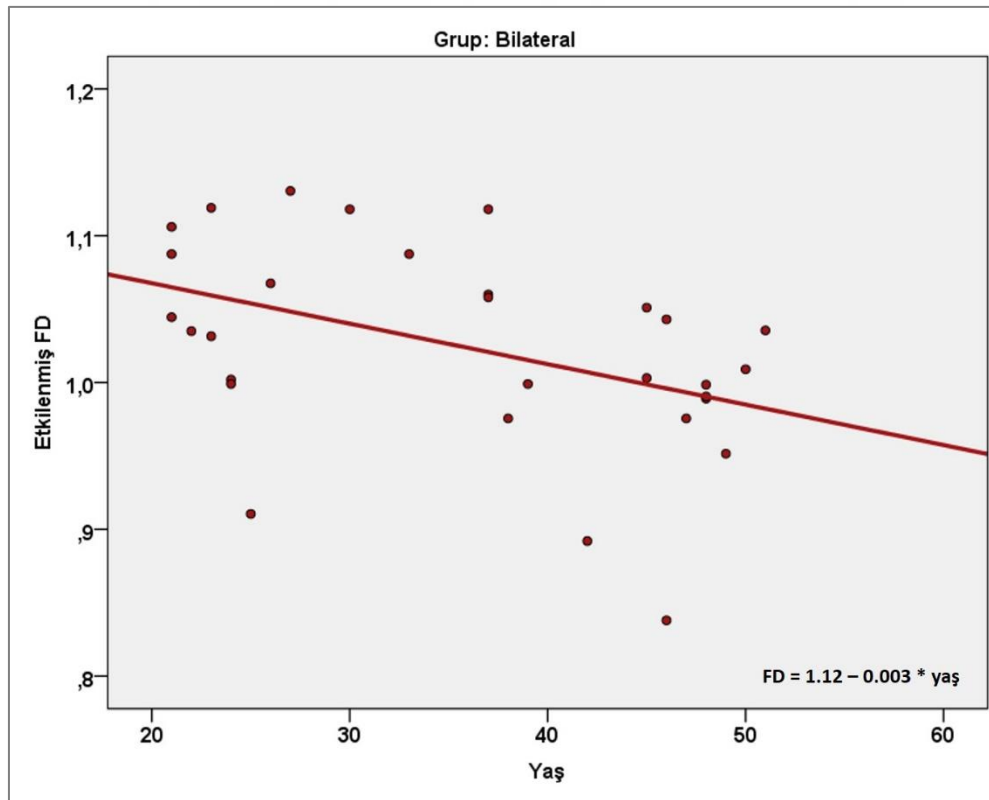
bir ilişki belirlendi ($r = -0,489$; $P = 0,006$; Tablo 4.11.). Bilateral grupta hasta yaşları ile etkilenmiş OGD değerleri arasında anlamlı ilişki bulunamadı ($P > 0,05$; Tablo 4.11.).

Çizelge 4.11. Araştırma gruplarının kendi içerisinde hasta yaşları ile FD ve OGD değerleri arasındaki Spearman korelasyon analizi bulguları

Grup		Etkilenmemiş FD	Etkilenmiş FD	Etkilenmemiş OGD	Etkilenmiş OGD
Kontrol	r	0,033		0,211	
	P	0,865	-	0,263	
	n	30		30	30
Yaş	r	-,067	-,069	-,017	,030
	P	,724	,718	,928	,876
	n	30	30	30	30
Bilateral	r		-0,489**		,254
	P		0,006		,175
	n	30	30	30	30

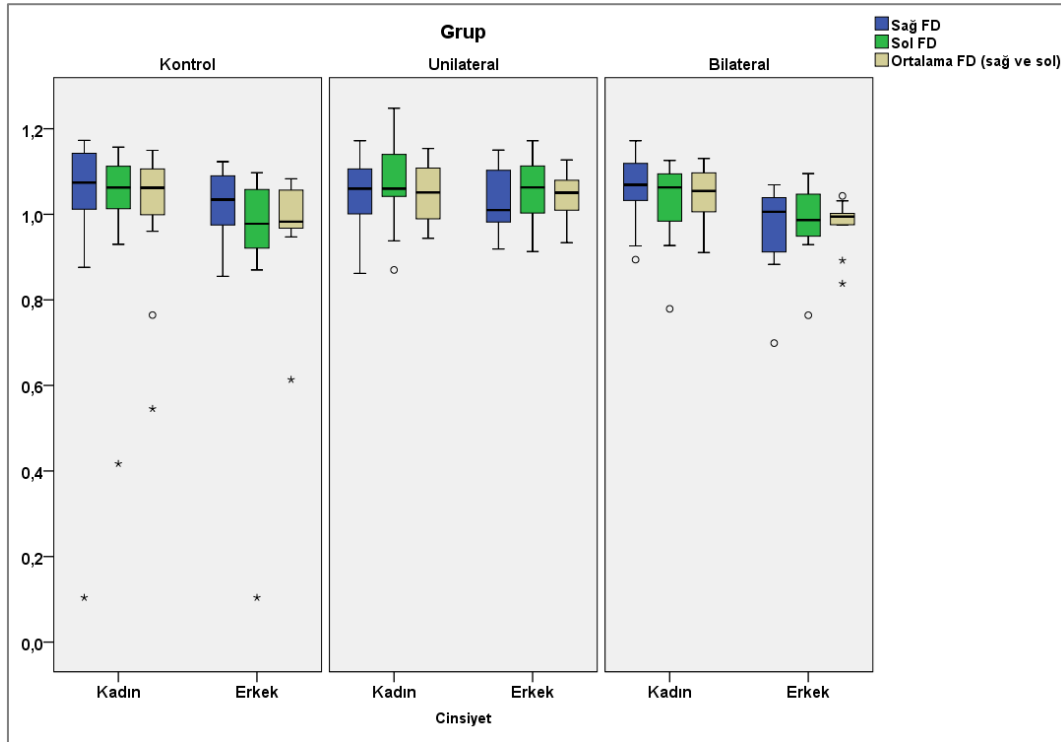
r: Spearman korelasyon katsayısı

Bilateral grupta yaş ile etkilenmiş FD değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafiği ve regresyon eğrisi Şekil 4.13.'te gösterildi.



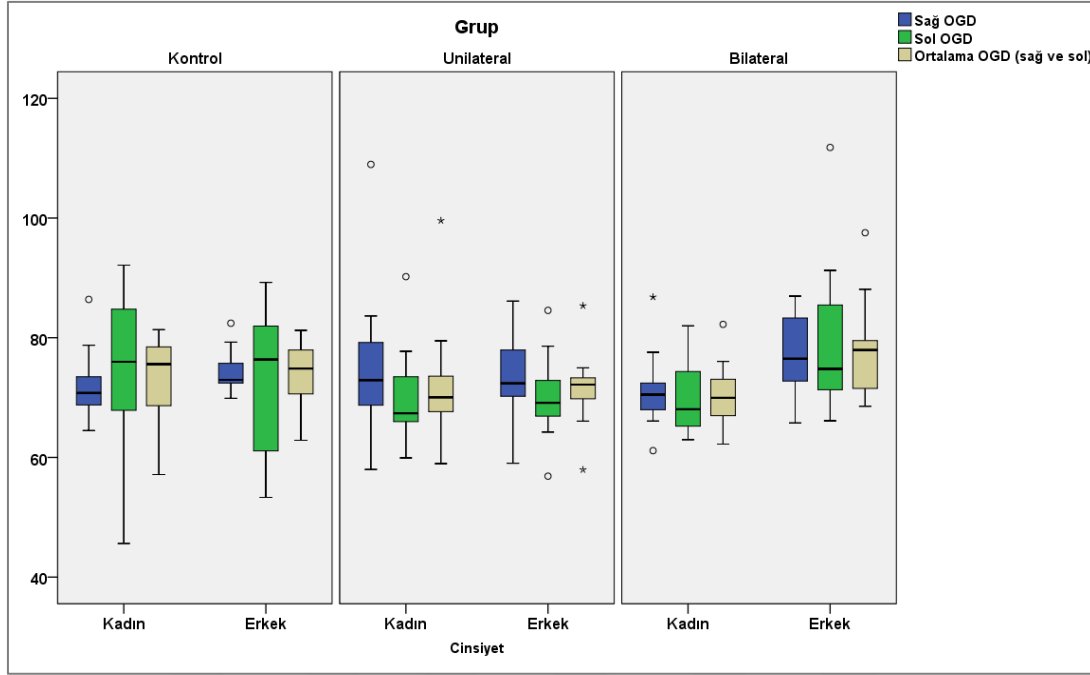
Şekil 4.13. Bilateral grupta yaş ile etkilenmiş FD değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren saçılım grafiği ve regresyon eğrisi (Regresyon denklemi: $FD = 1.12 - 0.003 * \text{yaş}$)

Cinsiyet gruplarına göre kadın ve erkeklerin sağ FD, sol FD ve sağ ve sol FD ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunamadı (Sırasıyla $P=0,788$; $P=0,167$; $P=0,432$). Kadın ve erkeklerin sağ OGD, sol OGD ve sağ ve sol OGD ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunamadı (Sırasıyla $P= 0,905$; $P=0,076$; $P=0,294$) ancak sol OGD ortalamaları anlamlı farklılık sınırına yakın idi. Araştırma grupları arasında kadın ve erkeklerin FD ölçümlerinin dağılımı Şekil 4.14.'te gösterildi.



Şekil 4.14. Araştırma grupları arasında kadın ve erkeklerin FD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği

Araştırma grupları arasında kadın ve erkeklerin OGD ölçümlerinin dağılımı Şekil 4.15.'te gösterildi.



Şekil 4.15. Araştırma grupları arasında kadın ve erkeklerin OGD ölçümlerinin dağılımlarını gösteren kutu grafiği

TME-OA'dan etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin kadın ve erkekler arasında FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.12.'de sunuldu. Kadın ve erkekler arasında etkilenmemiş FD ve OGD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi (sırasıyla $P=0,073$; $P=0,923$; Tablo 4.12.). Kadın ve erkekler arasında etkilenmiş FD ve OGD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi (sırasıyla $P=0,093$; $P=0,127$; Tablo 4.12.).

Çizelge 4.12. TME-OA açısından kadın ve erkekler arasında etkilenmiş ve etkilenmemiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

Kontrol + Unilateral	Kadın (n=37)	Erkek (n=23)	P değeri
Etkilenmemiş FD	1,073 (1,019 – 1,122) (1,050±0,122)	1,048 (0,975 – 1,088) (1,016±0,106)	0,073 ^b U=307,5
Etkilenmemiş OGD	71,92±6,72	72,09±6,86	0,923 ^c t (58)= -0,097
Unilateral+ Bilateral	Kadın (n=37)	Erkek (n=23)	P değeri
Etkilenmiş FD	1,051 (1,000-1,096) 1,036±0,075	1,002 (0,966-1,043) 1,009±0,083	0,093 ^b U=315
Etkilenmiş OGD	71,07 (66,77-74,05) 72,02±8,58	72,87 (69,90-79,09) 74,87±8,34	0,127 ^b U=526

^cStudents t-test (ortalama±standart sapma)

^bMann Whitney U test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama±standart sapma)

TME-OA'dan etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerin kadın ve erkeklerde ayrı ayrı FD ve OGD değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.13.'te sunuldu. Kadınlarda etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,202$; Tablo 4.13.). Erkeklerde etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki FD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,510$; Tablo 4.13.). Kadınlarda etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki OGD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,713$; Tablo 4.13.). Erkeklerde etkilenmemiş ve etkilenmiş kondillerdeki OGD değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı değildi ($P=0,225$; Tablo 4.13.).

Çizelge 4.13. TME-OA açısından kadın ve erkeklerde etkilenmiş ve etkilenmemiş kondillerdeki FD ve OGD değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

	Etkilenmemiş FD	Etkilenmiş FD	P değeri
Kadın (n=37)	1,073 (1,019 – 1,122) (1,050±0,122)	1,051 (1 – 1,096) (1,036±0,075)	0,202 ^b U=566,5
Erkek (n=23)	1,048 (0,975 – 1,088) (1,016±0,106)	1,002 (0,966 – 1,043) (1,009±0,083)	0,510 ^b U=234,5
	Etkilenmemiş OGD	Etkilenmiş OGD	P değeri
Kadın (n=37)	70,35 (67,07-77,08) 71,92±6,72	71,07 (66,77-74,05) 72,02±8,58	0,713 ^b U=650,5
Erkek (n=23)	72,09±6,86	74,87±8,34	0,225 ^c t (44)= -1,232

^cStudents t-test (ortalama±standart sapma)

^bMann Whitney U test (medyan (çeyrekler: Q1 – Q3) ve ortalama±standart sapma)

5. TARTIŞMA

Temporomandibular eklem; temporal kemiğin artiküler fossasıyla, mandibula kondili arasında bulunun translasyon ve rotasyon hareketi yapan ginglimoarthrodial bir eklemdir. Eklem iç yüzeyi eklem dokularının metabolik ihtiyaçlarını karşılayan, sinoviyal sıvı salgılayan sinoviyal membranla çevrilidir. Diğer sinoviyal eklemlerden farklı olarak hyalin kartilaj yerine fonksiyonel kuvvetlere daha dayanıklı fibrokartilaj ile kaplıdır [125]. Temporomandibular bozukluk etiyolojisinde; travma, genetik faktörler, derin ağrı girişi, duygusal stres, oklüzal faktörler, derin ağrı kaynakları, kas hiperaktivitesi ve dejeneratif değişiklikler bulunur. Temporomandibular eklem bozuklukları; ağız açıklığında azalma, ağrı, çene hareketlerinde kısıtlılık ve eklem sesleri ile karakterizedir. Genel popülasyonun en az %5'inde TME ile ilişkili çene ağrısı olduğu tahmin edilmektedir [63]. Genellik 35-45 yaş arasında ve kadınlarda daha sık görülür. Temporomandibular bozuklukların kadınlarda fazla görülmesinin nedenlerinin hormonal faktörler, artmış bağ dokusu gevşekliği ve retrodiskal dokudaki tip III kollajen lifleri olduğu düşünülmektedir [126, 127]. Lazarin ve ark. TME-OA semptomları bulunan hastalar üzerinde yaptığı çalışmada genç hasta grubunda redüksiyonlu disk deplasmanının, yaşlı hasta grubunda ise mandibular kondil ve/veya artiküler tüberkülda OA bulgularının daha yaygın olduğunu bildirmiştir [128].

Osteoartrit; ağrı, kartilaj dejenerasyonu, kemik sklerozu, osteofitler ve subkondral kemikte değişiklikler ile karakterize sık görülen dejeneratif bir eklem hastalığıdır [129]. Aynı zamanda periartiküler kasları, bağları, sinoviyumu ve nörosensör sistemi de etkiler. Genetik, yaş, cinsiyet, cinsiyet hormonları, kemik mineral yoğunluğu, osteoporoz, etnik köken ve beslenme gibi sistemik faktörlerin yanı sıra obezite nedeniyle tekrarlayan eklem aşırı yüklemesi, akut yaralanma, eklem deformitesi, periartiküler kas güçsüzlüğü ve atrofisi gibi yerel mekanik faktörler OA gelişimi için risk oluşturmaktadır [130]. İdiyopatik gelişen OA'lar primer, etiyolojisinde anatomik anormallikler, travma, inflamatuvar ve metabolik bozukluklar bulunan OA'lar ise sekonder olarak tanımlanır. Ancak primer ve sekonder OA arasındaki ayrım her zaman net değildir [130, 131]. Temporomandibular eklem OA'sının etiyolojisinde; fonksiyonel aşırı yük, parafonksiyon, stabil olmayan oklüzyon, travma ve internal bozukluklar yer alır. Arnett ve ark. dejeneratif değişikliklerin, eklem adaptif kapasitesinin azalmasından kaynaklanan kemik döngüsünün bozulmasından veya eklem yapılarına normal adaptif değeri aşan aşırı veya sürekli mekanik stresten kaynaklandığını bildirmiştir [132]. İlerleyen yaş, sistemik hastalık ve hormonal faktörler TME'nin adaptif

kapasitesinde azalmaya neden olabilir [133]. Bu faktörler, biyomekanik stresler normal bir fizyolojik aralık dahilinde olsa bile TME'nin yeniden şekillenmesinde sorunlara neden olabilir. Eklem diskinin kalsiyum içeriği yaş veya değişen mekanik stresten kaynaklı olarak artar. Bu durum eklem diskinin aşırı yüke karşı adaptasyonunu azaltır [134, 135].

Literatürde TME hastalıklarına ait farklı sınıflamalar vardır [32, 119, 136]. Bu sınıflamalara bakıldığında; Ahmed ve ark. eklem yüzeylerinde oluşan değişimleri osteofit, subkortikal skleroz, subkortikal kist, erozyon, düzleşme ve generalize skleroz olarak sınıflandırmışlardır. Çalışmamızda, kullanılan birçok sınıflama arasında sadece radyolojik bulgulara dayanan, literatürde kullanım kolaylığı sağlayan ve genellikle tercih edilen Ahmad ve ark. sınıflaması kullanıldı [119].

Literatürde OA araştırmalarının çoğunun hasta gruplarındaki kadın hasta sayısının daha fazla olduğu dikkat çekmektedir [3, 137-140]. Kim ve ark. TME-OA'li hastaların KIBT görüntülerini retrospektif olarak inceledikleri çalışmalarında, osteoartritik değişikliklerin kadınlarda erkeklere oranla 1,3-4,2 kat daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır [141]. Pontual ve ark.'nın çalışmalarında kadınların %75'inde, erkeklerin %58'inde kemiksel değişiklik izlenmiş ve bu değerleri anlamlı bulmuşlardır [3]. Çalışmamızda da literatürle uyumlu bir şekilde, OA tespit edilen (etkilenmiş) eklemlerin 37'si kadınlarda 23'ü erkeklerde izlendi. TME osteoartritinin kadınlarda daha sık görülmesinin temel nedeni olarak kadın ve erkek arasındaki östrojen ve progesteron hormonlarından kaynaklı farklılıklardan olduğu bildirilmiştir. Yasuoka ve ark.'ına göre hormonal farklılıklar TME'nin kırık yapılarının ve artiküler kemiğin dejenerasyonunu şiddetlendirebilmektedir. Fizyolojik konsantrasyondaki östrojenin TME remodelinginde önemli bir rol oynadığını, progesteronun morfogeneze katkıda bulunan remodelingte temel hormonlardan olduğunu vurgulamışlardır [142]. Çalışmamızda OA'den etkilenmiş kadın hastalar istatistiksel olarak anlamlı olarak daha fazla iken, FD ve histogram analizi değerlerine bakıldığında cinsiyet değişkeninde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Poveda-Roda ve ark. [143] TME-OA'li hastalarda yaptıkları çalışmalarında yaş ortalaması 48.6 ± 17.3 yıl, Martinez Blanco ve ark. [144] 46,6 yıl, Nah ve ark. [145] 29 ± 16 yıl, Dahsltröm ve ark. [146] 39 yıldır. Bizim çalışmamızda TME-OA'li hastaların yaş ortalaması yapılan çalışmalar ile uyumlu olarak $41,6 \pm 16,07$ yıl olarak bulundu. Alexiou ve ark. KIBT ile yaptıkları çalışmada hastaların yaş ortalaması 48 idi ve osteoartritin sıklığının ve

şiddetinin yaşla ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır [147]. Pontual ve ark. yine KIBT ile TME-OA'lı hastalar üzerinde yaptıkları çalışmada, osteoartrit prevalansının yaşla birlikte arttığını gözlemlemişlerdir [3]. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da OA görülme sıklığı yaşla birlikte artmaktaydı. Bu çalışmaların yanı sıra yaş ile osteoartrite ait değişiklikler arasında korelasyon bulmayan çalışmalar da mevcuttur [136, 148]. Bu tez çalışmasında OA de yaşla ilişki bulunurken yapılan fraktal ve histogram analizleriyle yaş arasında anlamlı bir ilişki saptanamamıştır ve bu sonuç Al-Ekrish ve ark.'nın araştırma bulguları ile uyumlu bulunmuştur [148].

Histogram analizi, görüntüdeki bir nesnenin parçalarının görünümü, yapısı ve düzenini ifade eden bilgilerin istatistik tabanlı programlarla incelenmesidir. Bir yapının histogramı o yapıdaki piksellerin belirli bir gri değerine sahip olduğunu gösteren sayıdır. Gri renkli piksel seviyelerinin ilgilenilen bir alandaki dağılımı veya ilişkisi objektif bir değerlendirme ve yorumlamaya izin verir ve dokunun mikro-ortamı hakkında fikir verebilir. Bu elde edilen sayılardan oluşan histogramdan ortalama, varyans, standart sapma gibi parametreler üretilebilir [149]. Günümüzde özellikle tümöral lezyonlarda, tanıda, tedavi takibinde histogram analizinin yeri ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. 2012 yılında yapılan bir çalışmada histogram analizinin tümör heterojenitesini gösterdiği gibi aynı zamanda benign-malign veya agresif- az agresif lezyonların ayırt edilmesi ve tedaviye yanıt tahmini için kullanılabileceği savunulmuştur [150]. Onkolojik olmayan bazı çalışmalarda histogram analizi farklı alanlarda kullanılmıştır. Standart deviasyon veri setinin yaygınlığını ölçer. Yani veri ögelerinin ortalamanın yakınında toplanıp toplanmadığını ya da dağınık olarak "her yerde" olup olmadığını söyler. Standart sapmanın büyük olması, değerlerin daha geniş bir alana yayıldığı anlamını verir. Çalışmamızda yaptığımız histogram analizi değerlerinde toplam etkilenmiş eklemlerde histogram analizi değeri daha düşüktür fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak OA'den tek taraflı etkilenmiş hasta grubunda; etkilenmiş eklemden etkilenmemiş eklem analiz değeri farkında istatistiksel olarak anlamlı pozitif fark bulunmuştur. Bu farkın tek taraflı etkilenmiş hasta grubunda aynı hastanın farklı eklemlerinin kıyaslanıyor olması; çevresel faktörleri, görüntüleme tekniğindeki farklılıkları, genetik faktörleri ekarte ettiği düşünüldüğünde önemli ve bu konuda daha fazla çalışma yapılmasını gerektirdiği düşünülmektedir.

Fraktal, daha büyük ölçekli yapıya benzeyen alt birimlerin oluşturduğu, kendi kendine benzerlik veya ölçek değişmezliği olarak bilinen bir özelliktir [116, 151, 152]. İnsan

vücudunda, pulmoner dallanma ve trabeküler kemik gibi bir çok doğal ve biyolojik fraktal mevcuttur [153, 154]. Fraktal analiz, fraktal yapıların karmaşıklığını ölçmek için kullanılır ve sayısal olarak FD şeklinde ifade edilir [46]. Diş hekimliğinde de trabeküler kemiğin yoğunluğunu, karmaşıklık derecesini değerlendirmek için fraktal boyutunu hesaplayan pek çok çalışma mevcuttur [115, 155-157]. Fraktal analiz yöntemi ile intraoral radyografiler üzerinde, trabeküler paterni ölçen çalışmalar mevcuttur. Jolley ve ark. kVp ve kon açısının, FB üzerine etkisini intraoral radyografiler ile değerlendirmiştir [43]. Chen ve ark. endodontik tedavi sonrası, apikal lezyonların fraktal boyutlarındaki değişimi intraoral radyografiler ile değerlendirmiştir [114]. 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 [158]. Trabeküler yapıyı değerlendirmek için aynı zamanda 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 [159-163]. 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, radyolojik OA bulgusu olan/olmayan mandibuler kondillerin trabeküler yapısını KIBT görüntüleri üzerinden fraktal analiz ve histogram analizi yapılarak değerlendirildi.

Görüntülerin depolanması ve aktarılmasında kullanılan farklı formatlar görüntülerde sıkıştırma yaparken bilgi kaybına neden olabilmektedir. Yaşar ve ark. % 5 civarında bilgi kayıplarının olabileceğini ve bu kayıpların geri dönüşümsüz olduğunu belirtmiştir [164]. Radyografiler üzerinde radyomorfometrik indeks, fraktal boyut ve histogram analizlerinin doğru şekilde yapılabilmesi için görüntülerin aktarılmasında ve depolanmasında bilgi kaybına neden olmayan görüntü formatları kullanılmalıdır. Dijital sistemlerde standart formatların elde edilmesi için birçok görüntü formatı geliştirilmiştir. TIFF formatındaki dijital görüntü yüksek kaliteli bir görüntü olup yüksek miktarda hafıza gerektirmektedir [165, 166]. Yaşar ve ark. yaptığı çalışmada TIFF ve JPEG formatındaki panoramik radyografilerin; görüntü dansitesi, FB ve radyomorfometrik indeks değerlerine olan etkisini incelemiş ve araştırmada farklı araştırmacılar tarafından belirtilen farklı formatlardaki değerler ölçülmüştür. Araştırma sonucuna göre FB'nin, radyomorfometrik indekslerin ve

görüntü dansitesi değerlerinin kullanılan görüntü sıkıştırma formatlarından etkilendiği görülmüştür. TIFF formatındaki görüntülerden elde edilen FB değerlerinin, görüntüdeki detay kaybının daha fazla olduğu JPEG formatındaki görüntülerden elde edilen FB değerlerine oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur [164]. Gürdal ve ark. yaptığı bir çalışmada TIFF ile JPEG görüntü formatlarının görüntülerdeki gri skala değerlerini koruyabilmedeki başarısı 3 farklı yazılımla değerlendirilmiş ve araştırma sonucuna göre TIFF görüntü formatı JPEG görüntü formatından daha başarılı bulunmuştur [167]. Çalışmamızda KIBT kesitleri kaydedildikten sonra ImageJ programında açılarak FB analizleri yapıldı. Görüntülerde veri kaybını önlemek için hasta ve kontrol grubuna ait görüntüler örnek literatürlerin önerdiği şekilde TIFF formatında kaydedilerek FD ve histogram ölçümleri yapılmıştır.

Önceki çalışmalara bakıldığında FD'nin, ROI'nin lokalizasyonundan ve ROI'nin sınırlarından büyük ölçüde etkilendiği fakat projeksiyon açısı ve X ışını parametrelerinden etkilenmediği rapor edilmiştir. ROI sınırlarına yalnızca trabeküler kemik alanının dahil edilmesi gerektiğine dair fikir birliği vardır [43, 101, 168]. Trabeküler kemik, kortikal kemikten daha yüksek metabolik aktiviteye sahiptir bu yüzden kemik yapısı değişiklikleri trabeküler kemik yapısı üzerinden anlaşılabilir [110]. Bu çalışmada, TME bölgesinde, mandibular kondildeki trabeküler kemik üzerinde fraktal analiz yapıldı. Kesitlerde ROI seçiminde kortikal kemik dahil edilmedi. Fraktal analiz yapılırken en sık kullanılan ölçüm yöntemi, kutu sayma metodudur [47, 98]. Bu çalışmada da fraktal boyut hesaplanırken kutu sayma metodu kullanıldı. Fraktal analiz yöntemi, şekillerin veya süreçlerin komplekslik derecesinin ölçülmesini, sayısal olarak fraktal boyut şeklinde değer verilmesini sağlar [46, 169]. 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 [157, 168, 170, 171]. Yaptığımız çalışmada tek taraflı etkilenmiş grupta hastalıktan etkilenen eklemlerde FD ortalamaları düşmüştür. Literatürdeki bu çelişkinin düzelebilmesi için çevresel faktörleri, genetik faktörleri, okluzyon değişimleri değerlendirilmeli ve örneklem boyutunu artırarak yeni çalışmalar planlanması gerekmektedir.

TME-OA hastalarında kondildeki FD değişimini araştırmış çalışmalar mevcuttur [172-176]. Gümüüşsoy ve ark. KIBT kullanarak inceledikleri dejeneratif eklem hastalarının kondillerini FA ile inceledikleri çalışmalarında dejeneratif kemik değişimi olan hastaların FB değerleri

ile olmayanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık bulmuşlardır [172]. Yapılan başka bir çalışmada aynı dejeneratif kemik değişimi kriterlerine dayanarak oluşturdukları hasta grupları arasında şiddetli kemik değişimi gözlenen hastalarda FD açısından istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Kayıpmaz ve ark. kadın hastalardaki OA varlığını klinik ve radyolojik olarak KIBT görüntüleri yardımı ile belirledikleri çalışmalarında hasta grubunun etkilenmiş tek kondili ile kontrol grubunun tek kondilinin FD karşılaştırdıklarında hasta ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuşlardır [177]. Kondilleri radyolojik olarak OA'dan etkilenip etkilenmeme durumuna göre 3 gruba ayırdığımız çalışmamızda hasta grupları arasında FD'leri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Ek olarak incelenen tüm hastaların tüm kondilleri etkilenmiş/etkilenmemiş olarak kıyaslandığında da FD açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. Ancak, OA varlığına göre etkilenmiş/etkilenmemiş olarak karşılaştırdığımızda aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı seviyede olduğunu tespit ettik. Ayrıca kontrol ve unilateral gruplardaki etkilenmemiş kondilleri kıyasladığımızda da aradaki farkı istatistiksel olarak anlamlıydı. Literatür ile farklılık gösteren bu bulgular; oluşturulan hasta grupları, TME-OA değerlendirilme kriterleri, yaş ve cinsiyet dağılımı gibi değişkenler ile ilişkili olabilir.

Literatürde daha önce kıyaslandığını görmediğimiz şekilde tek taraflı etkilenmiş TME-OA hastalarında etkilenmiş- etkilenmemiş kondil FD farkı 22 hastada negatif ve 8 hastada pozitif idi. Negatif ve pozitif olan hastalar arasında FD farkları istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur. Yaptığımız çalışmada aynı hastadan aynı KIBT görüntülemesinde aynı genetik ve çevresel faktörlerde; yaş ve cinsiyet faktörlerini ekarte ederek yaptığımız bu değerlendirmenin anlamlı olması bize bu konuda eğilimleri belirlemek üzere araştırma parametrelerinin daha fazla sayıda hasta ve klinik muayene bulgularıyla da desteklenen ileri çalışmalara gereksinim olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmaya dahil edilen 90 bireyin 58'ini (%64) kadın hastalar oluşturmaktadır. TME-OA radyolojik bulgularının kadınlarda erkeklerden daha sık görüldüğü tespit edildi. TME-OA oranının kadınlarda daha fazla gözlenmesi TME-OA hormon ilişkisi ile ilgili yapılacak çalışmalarla ayrıntılı incelenmelidir.

TME-OA'lı hastaların yaş ortalaması ($38,65 \pm 16,07$ yıl) ile sağlıklı kontrol grubu yaş ortalaması arasında anlamlı bir fark yoktu. Kadın ve erkeklerin yaş ortalaması benzerdi.

Erozyon ve skleroz gibi dejeneratif değişikliklerin TME-OA hastalarında daha yüksek oranda belirlenmiş olup, fraktal analiz ile dejeneratif değişikliklerin trabeküler yapının karmaşıklığını azaltarak, daha düz bir yapıya dönüştüğü tespit edildi.

TME-OA hastalarında, KIBT kesitleri üzerinden fraktal analiz yöntemiyle mandibular kondilde meydana gelen kemiksel değişiklik miktarı belirlendi. Dejeneratif değişikliklerin şiddeti arttıkça, fraktal boyutta azalma olduğu görüldü. Fraktal boyut değerlerindeki azalma; dejeneratif değişiklikler, subkondral kemikte trabekül sayısında azalma, trabeküllerde kalınlaşma ve daha boşluklu bir yapı oluşması ile açıklanabilir.

TME-OA bulguları varlığında histogram analiz yöntemiyle meydana gelen kemiksel değişimin radyolojik olarak ortalama grilik değeri ölçüldü. Histogram değerinde TME-OA görüldükçe hafif bir artış belirlendi. Fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı seviyede değildi.

Unilateral TME-OA hastalarında etkilenmiş kondil histogram değeri ile etkilenmemiş kondil histogram değeri farkı istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Aynı hastada, eş zamanlı, tek bir radyografik görüntüleme yöntemi kullanılarak iki eklemde de değerlendirilebilir olması, histogram analizi çalışmaları için umut vaatetmektedir.

Unilateral TME-OA hastalarında etkilenmiş kondil FD ile etkilenmemiş kondil FD farkı istatistiksel olarak anlamlı negatif saptandı.

Bu sonuçtan yola çıkarak; çevresel faktörlerin, bireysel kemik metabolizması farklılıklarının ve görüntüleme yöntemleri gibi değişken faktörlerin standardizasyonu sağlandığında, fraktal

analiz ile değerlendirme yönteminin çalışmanın gücünün artırılması amacı ile daha geniş hasta popülasyonlarında, daha fazla gözlemci ile daha geniş kapsamlı çalışmaların planlanması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

1. Okeson, J. P. (2008). *Management of temporomandibular disorders and occlusion*. 6th Edition. St Louis: Mosby-Year Book Inc.
2. Mujakperuo, H.R., Watson, M., Morrison, R., and Macfarlane, T.V. (2010). Pharmacological interventions for pain in patients with temporomandibular disorders. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (10).
3. dos Anjos Pontual, M., Freire, J., Barbosa, J., Frazão, M., dos Anjos Pontual, A., and Fonseca da Silveira, M. (2012). Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint using cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(1), p. 24-29.
4. Pihut, M., Ferendiuk, E., Szewczyk, M., Kasprzyk, K., and Wieckiewicz, M. (2016). The efficiency of botulinum toxin type A for the treatment of masseter muscle pain in patients with temporomandibular joint dysfunction and tension-type headache. *The Journal of Headache and Pain*, 17(1), p. 29.
5. Murray, G., Phanachet, I., Uchida, S., and Whittle, T. (2004). The human lateral pterygoid muscle: a review of some experimental aspects and possible clinical relevance. *Australian Dental Journal*, 49(1), p. 2-8.
6. Peck, C., Murray, G., and Gerzina, T. (2008). How does pain affect jaw muscle activity? The Integrated Pain Adaptation Model. *Australian Dental Journal*, 53(3), p. 201-207.
7. Hiraba, K., Hibino, K., Hiranuma, K., and Negoro, T. (2000). EMG activities of two heads of the human lateral pterygoid muscle in relation to mandibular condyle movement and biting force. *Journal of Neurophysiology*, 83(4), p. 2120-2137.
8. Saghafi, D. and Curl, D.D. (1995). Chiropractic manipulation of anteriorly displaced temporomandibular disc with adhesion. *Journal of Manipulative and Physiological therapeutics*, 18(2), p. 98-104.
9. Friedman, M.H. (1997). The hypomobile temporomandibular joint. *General Dentistry*, 45(3), p. 282-285.
10. Jayaseelan, D.J. and Tow, N.S. (2016). Cervicothoracic junction thrust manipulation in the multimodal management of a patient with temporomandibular disorder. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 24(2), p. 90-97.
11. Mapelli, A., Machado, B.C.Z., Giglio, L.D., Sforza, C., and De Felício, C.M. (2016). Reorganization of muscle activity in patients with chronic temporomandibular disorders. *Archives of Oral Biology*, 72, p. 164-171.
12. De Leeuw, R. and Klasser, G. (2008). Orofacial pain: guidelines for assessment, diagnosis, and management. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134, p. 171.
13. Rao, V.M. and Bacelar, M.T. (2002). MR imaging of the temporomandibular joint. *Magnetic Resonance Imaging Clinics*, 10(4), p. 615-630.

14. Yengin, E. (2000). Temporomandibular rahatsızlıklarda teşhis ve tedavi. *İstanbul: Dilek Matbaacılık*, p. 14-22.
15. Hatcher, D.C. and Aboudara, C.L. (2004). Diagnosis goes digital. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 125(4), p. 512-515.
16. Dworkin, S.F. (1992). Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *Journal of Craniomandibular Disorders*, 6, p. 301-355.
17. Dijkgraaf, L.C., Liem, R.S., and de Bont, L.G. (1997). Ultrastructural characteristics of the synovial membrane in osteoarthritic temporomandibular joints. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(11), p. 1269-1279.
18. Kalladka, M., Quek, S., Heir, G., Eliav, E., Mupparapu, M., and Viswanath, A. (2014). Temporomandibular joint osteoarthritis: diagnosis and long-term conservative management: a topic review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 14(1), p. 6-15.
19. Axelsson, S. (1993). Human and experimental osteoarthrosis of the temporomandibular joint. Morphological and biochemical studies. *Swedish Dental Journal Supplement*, 92, p. 1-45.
20. Tanaka, E., Detamore, M., and Mercuri, L. (2008). Degenerative disorders of the temporomandibular joint: etiology, diagnosis, and treatment. *Journal of Dental Research*, 87(4), p. 296-307.
21. Mercuri, L.G. (2008). Osteoarthritis, osteoarthrosis, and idiopathic condylar resorption. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 20(2), p. 169-183.
22. Stegenga, B., de Bont, L.G., and Boering, G. (1989). Osteoarthrosis as the cause of craniomandibular pain and dysfunction: a unifying concept. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 47(3), p. 249-256.
23. Dimitroulis, G. (2005). The prevalence of osteoarthrosis in cases of advanced internal derangement of the temporomandibular joint: a clinical, surgical and histological study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 34(4), p. 345-349.
24. Yamada, K., Tsuruta, A., Hanada, K., and Hayashi, T. (2004). Morphology of the articular eminence in temporomandibular joints and condylar bone change. *Journal of oral Rehabilitation*, 31(5), p. 438-444.
25. Miles, D. A. (1991). *Oral & Maxillofacial Radiology: Radiologic/Pathologic Correlations*. WB Saunders Company.
26. Gynther, G. and Tronje, G. (1998). Comparison of arthroscopy and radiography in patients with temporomandibular joint symptoms and generalized arthritis. *Dentomaxillofacial Radiology*, 27(2), p. 107-112.

27. Holmlund, A. and Hellsing, G. (1988). Arthroscopy of the temporomandibular joint. A comparative study of arthroscopic and tomographic findings. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 17(2), p. 128-133.
28. Bertram, S., Rudisch, A., Innerhofer, K., Pümpel, E., Grub-Wieser, G., and Emshoff, R. (2001). Diagnosing TMJ internal derangement and osteoarthritis with magnetic resonance imaging. *The Journal of the American Dental Association*, 132(6), p. 753-761.
29. Gynther, G.W., Tronje, G., and Holmlund, A.B. (1996). Radiographic changes in the temporomandibular joint in patients with generalized osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 81(5), p. 613-618.
30. Martinez, M.B., Bagán, J., Fons, A., and Poveda, R.R. (2004). Osteoarthrosis of the temporomandibular joint. A clinical and radiological study of 16 patients. *Medicina Oral: Organo Oficial de la Sociedad Espanola de Medicina Oral y de la Academia Iberoamericana de Patologia y Medicina Bucal*, 9(2), p. 110-115, 106-110.
31. Katsavrias, E.G. (2002). Changes in articular eminence inclination during the craniofacial growth period. *The Angle orthodontist*, 72(3), p. 258-264.
32. Honda, K., Larheim, T., Maruhashi, K., Matsumoto, K., and Iwai, K. (2006). Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(3), p. 152-157.
33. Honda, K., Larheim, T.A., Johannessen, S., Arai, Y., Shinoda, K., and Westesson, P.-L. (2001). Ortho cubic super-high resolution computed tomography: a new radiographic technique with application to the temporomandibular joint. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(2), p. 239-243.
34. Tsiklakis, K., Syriopoulos, K., and Stamatakis, H. (2004). Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 33(3), p. 196-201.
35. Honey, O.B., Scarfe, W.C., Hilgers, M.J., Klueber, K., Silveira, A.M., Haskell, B.S., and Farman, A.G. (2007). Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(4), p. 429-438.
36. Alkhader, M., Ohbayashi, N., Tetsumura, A., Nakamura, S., Okochi, K., Momin, M., and Kurabayashi, T. (2010). Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for detecting osseous abnormalities of the temporomandibular joint and its correlation with cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 39(5), p. 270-276.
37. Li, S.-Q., Zhu, R.-R., Zhu, H., Xue, M., Sun, X.-Y., Yao, S.-D., and Wang, S.-L. (2008). Nanotoxicity of TiO₂ nanoparticles to erythrocyte in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, 46(12), p. 3626-3631.

38. Kraus, B. and Wolff, H. (2008). High Content Analysis with AxioVision ASSAYbuilder™: Applications in Pharmaceutical Biology. *BioTechniques*, 44(6), p. 820-823.
39. Cai, Z., Vallis, K.A., and Reilly, R.M. (2009). Computational analysis of the number, area and density of gamma-H2AX foci in breast cancer cells exposed to (111) In-DTPA-hEGF or gamma-rays using Image-J software. *International Journal of Radiation Biology*, 85(3), p. 262-271.
40. Sunku, R., Roopesh, R., Kancherla, P., Perumalla, K.K., Yudhistar, P.V., and Reddy, V.S. (2011). Quantitative digital subtraction radiography in the assessment of external apical root resorption induced by orthodontic therapy: a retrospective study. *J Contemp Dent Pract*, 12(6), p. 422-428.
41. Reis, C., De-Deus, G., Marins, J., Fidel, S., Fidel, R., & Paciornik, S. (2012). Mapping large extensions of flat dentin through digital microscopy: introduction to the method and possible applications. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 14(4), 349-354.
42. Southard, T.E., Southard, K.A., and Lee, A. (2001). Alveolar process fractal dimension and postcranial bone density. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(4), p. 486-491.
43. Jolley, L., Majumdar, S., and Kapila, S. (2006). Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(6), p. 393-397.
44. Demirbaş, A.K., Ergün, S., Güneri, P., Aktener, B.O., and Boyacıoğlu, H. (2008). Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(1), p. e41-e48.
45. Alman, A., Johnson, L., Calverley, D., Grunwald, G., Lezotte, D., and Hokanson, J. (2012). Diagnostic capabilities of fractal dimension and mandibular cortical width to identify men and women with decreased bone mineral density. *Osteoporosis International*, 23(5), p. 1631-1636.
46. Lopes, R. and Betrouni, N. (2009). Fractal and multifractal analysis: a review. *Medical Image Analysis*, 13(4), p. 634-649.
47. Sansare, K., Singh, D., and Karjodkar, F. (2012). Changes in the fractal dimension on pre-and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiology*, 28(1), p. 15-23.
48. Heo, M.-S., Park, K.-S., Lee, S.-S., Choi, S.-C., Koak, J.-Y., Heo, S.-J., Han, C.-H., and Kim, J.-D. (2002). Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 94(6), p. 763-767.
49. Oliveira, M.L., Pedrosa, E.F.N.C., Cruz, A.D., Haiter-Neto, F., Paula, F.J.A., and Watanabe, P.C.A. (2013). Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clinical Oral Investigations*, 17(8), p. 1847-1853.
50. Ergun, S., Saraçoğlu, A., Guneri, P., and Ozpınar, B. (2009). Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(5), p. 281-289.

51. Wink, C.S., Onge, M.S., and Zimny, M.L. (1992). Neural elements in the human temporomandibular articular disc. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 50(4), p. 334-337.
52. Ichikawa, H., Wakisaka, S., Matsuo, S., and Akai, M. (1989). Peptidergic innervation of the temporomandibular disk in the rat. *Experientia*, 45(3), p. 303-304.
53. Wilkinson, T. (1988). The relationship between the disk and the lateral pterygoid muscle in the human temporomandibular joint. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 60(6), p. 715-724.
54. Carpentier, P., Yung, J.-P., Marguelles-Bonnet, R., and Meunissier, M. (1988). Insertions of the lateral pterygoid muscle: an anatomic study of the human temporomandibular joint. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(6), p. 477-482.
55. Marguelles-Bonnet, R., Yung, J.-P., Carpentier, P., and Meunissier, M. (1989). Temporomandibular joint serial sections made with mandible in intercuspal position. *CRANIO®*, 7(2), p. 97-106.
56. McKay, G., Yemm, R., and Cadden, S. (1992). The structure and function of the temporomandibular joint. *British dental journal*, 173(4), p. 127.
57. Sarnat, B.G., Laskin, D.M., and Williams, R.A. (1992). The temporomandibular joint: a biological basis for clinical practice. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 90(3), p. 534.
58. Moore, J.R. (1985). *Surgery of the mouth and jaws*. Blackwell: Oxford.
59. Guyton, A.C. and Hall, J.E. (2006). *Textbook of medical physiology*. Philadelphia. Pa: Saunders.
60. Cadden, S.W. (2009). *Orofacial pain. Guidelines for assessment, diagnosis, and management*, 4th edition. New Malden: Quintessence Publishing Co.
61. Okeson, J.P., *Management of temporomandibular disorders and occlusion-E-book*. 2014: Elsevier Health Sciences.
62. Martel-Pelletier, J., Barr, A.J., Cicuttini, F.M., Conaghan, P.G., Cooper, C., Goldring, M. B. and Pelletier, J. P. (2016). Osteoarthritis (OA) is the most common joint disorder, is associated with an increasing socioeconomic impact owing to the ageing population and mainly affects the diarthrodial joints. *Nature Reviews Disease Primers*, 2, 16072
63. de Souza, R.F., Da Silva, C.H.L., Nasser, M., Fedorowicz, Z., and Al-Muharraqi, M.A. (2012). Interventions for managing temporomandibular joint osteoarthritis. *Cochrane database of systematic reviews*, (4).
64. Pereira, D., Branco, J., and Ramos, E. (2014). Osteoartrite. *Acta Med Port*, 27(5), p. 1-8.

65. Karataş, M. (2011). *Osteoartrit varyantları ve sekonder osteoartrit öz.*, Türk Geriatri Dergisi.
66. Derwich, M., Mitus-Kenig, M., and Pawlowska, E. (2020). Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint Osteoarthritis—Review of the literature. *Medicina*, 56(5), p. 225.
67. Morales, H. and Cornelius, R. (2016). Imaging approach to temporomandibular joint disorders. *Clinical neuroradiology*, 26(1), p. 5-22.
68. Zarb, G. and Carlsson, G. (1979). Temporomandibular function and dysfunction. *St. Louis. Washington, DC. Toronto: The CV Mosby Company*, p. 155-172.
69. Hatcher, D. (1991). Craniofacial imaging. *Journal of the California Dental Association*, 19(6), p. 27.
70. Boering, G. (1966). Temporomandibular joint arthrosis: a clinical and radiographic investigation [thesis]. *Groningen, The Netherlands: The University of Groningen*.
71. Hall, M.B., Gibbs, C.C., and Sclar, A.G. (1985). Association between the prominence of the articular eminence and displaced TMJ disks. *CRANIO®*, 3(3), p. 237-239.
72. Kerstens, H., Tuinzing, D., Golding, R., and Van der Kwast, W. (1989). Inclination of the temporomandibular joint eminence and anterior disc displacement. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 18(4), p. 229-232.
73. Ren, Y.-F., Isberg, A., and Westesson, P.-L. (1995). Steepness of the articular eminence in the temporomandibular joint: tomographic comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patients with disk displacement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 80(3), p. 258-266.
74. Galante, G., Paesani, D., Tallents, R., Hatala, M., Katzberg, R.W., and Murphy, W. (1995). Angle of the articular eminence in patients with temporomandibular joint dysfunction and asymptomatic volunteers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 80(2), p. 242-249.
75. Weinberg, L.A. (1979). Role of condylar position in TMJ dysfunction-pain syndrome. *The Journal of prosthetic dentistry*, 41(6), p. 636-643.
76. Hatcher, D., Blom, R., and Baker, C. (1986). Temporomandibular joint spatial relationships: osseous and soft tissues. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 56(3), p. 344-353.
77. Pullinger, A., Bibb, C., Ding, X., and Baldiaceda, F. (1993). Contour mapping of the TMJ temporal component and the relationship to articular soft tissue thickness and disk displacement. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 76(5), p. 636-646.
78. Ren, Y.-F., Isberg, A., and Westesson, P.-L. (1995). Condyle position in the temporomandibular joint: comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patients with disk displacement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 80(1), p. 101-107.

79. Knoernschild, K.L., Aquilino, S., and Ruprecht, A. (1991). Transcranial radiography and linear tomography: a comparative study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 66(2), p. 239-250.
80. Okeson, J., *Editor Orofacial Pain, Guidelines for assessment, diagnosis, and management*. 1996, Carol Stream, Illinois, Quintessence Publishing.
81. Chilvarquer, I., McDavid, W.D., Langlais, R.P., Chilvarquer, L.W., and Nummikoski, P.V. (1988). A new technique for imaging the temporomandibular joint with a panoramic x-ray machine: Part I. Description of the technique. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 65(5), p. 626-631.
82. Chilvarquer, I., Prihoda, T., McDavid, W.D., Langlais, R.P., Nummikoski, P.V., Chilvarquer, L.W., and Glass, B.J. (1988). A new technique for imaging the temporomandibular joint with a panoramic x-ray machine: Part II. Positioning with the use of patient data. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 65(5), p. 632-636.
83. Bergeron, R., Osborn, A., and Som, P. (1984). Head and neck imaging, excluding the brain. *J. Otolaryngol*, 21, p. 447-449.
84. Bezuur, J.N., Habets, L., and Hansson, T. (1988). The recognition of craniomandibular disorders—a comparison between clinical, tomographical, and dental panoramic radiographical findings in thirty-one subjects. *Journal of oral rehabilitation*, 15(6), p. 549-554.
85. Aiken, A., Bouloux, G., and Hudgins, P. (2012). MR imaging of the temporomandibular joint. *Magnetic Resonance Imaging Clinics*, 20(3), p. 397-412.
86. Landes, C.A., Goral, W.A., Sader, R., and Mack, M.G. (2007). Three-dimensional versus two-dimensional sonography of the temporomandibular joint in comparison to MRI. *European journal of radiology*, 61(2), p. 235-244.
87. Ledgerton, D., Horner, K., Devlin, H., and Worthington, H. (2014). Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. *Dentomaxillofacial Radiology*.
88. Lehr, H.-A., Mankoff, D.A., Corwin, D., Santeusanio, G., and Gown, A.M. (1997). Application of photoshop-based image analysis to quantification of hormone receptor expression in breast cancer. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 45(11), p. 1559-1565.
89. Cepera, F., Torres, F.C., Scanavini, M.A., Paranhos, L.R., Capelozza Filho, L., Cardoso, M.A., Siqueira, D.C., and Siqueira, D.F. (2012). Effect of a low-level laser on bone regeneration after rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 141(4), p. 444-450.
90. Egan, K.P., Brennan, T.A., and Pignolo, R.J. (2012). Bone histomorphometry using free and commonly available software. *Histopathology*, 61(6), p. 1168-1173.
91. Mori, H., Manabe, M., Kurachi, Y., and Nagumo, M. (1997). Osseointegration of dental implants in rabbit bone with low mineral density. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 55(4), p. 351-361.

92. Santamaria Júnior, M., Fracalossi, A.C.C., Consolaro, M.F.M.O., and Consolaro, A. (2010). Influence of bisphosphonates on alveolar bone density: a histomorphometric analysis. *Brazilian Oral Research*, 24, p. 309-315.
93. Carpentier, P., Imbert, B., Picart, C., Brasseur, S., and Malterre, C. (2000). Morphometric analysis of erythrocyte aggregates in vitro: pharmacological application with buflomedil. *Journal des Maladies Vasculaires*, 25(5), p. 356-359.
94. Geraets, W. and Van Der Stelt, P. (2000). Fractal properties of bone. *Dentomaxillofacial Radiology*, 29(3), p. 144-153.
95. Sánchez, I. and Uzcátegui, G. (2011). Fractals in dentistry. *Journal of dentistry*, 39(4), p. 273-292.
96. Harrar, K., Jennane, R., Zaouchi, K., Janvier, T., Toumi, H., and Lespessailles, E. (2018). Oriented fractal analysis for improved bone microarchitecture characterization. *Biomedical Signal Processing and Control*, 39, p. 474-485.
97. Bollen, A., Taguchi, A., Hujoel, P., and Hollender, L. (2001). Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 30(5), p. 270-275.
98. Smith Jr, T., Lange, G., and Marks, W.B. (1996). Fractal methods and results in cellular morphology-dimensions, lacunarity and multifractals. *Journal of neuroscience methods*, 69(2), p. 123-136.
99. Southard, T.E., Southard, K.A., Jakobsen, J.R., Hillis, S.L., and Najim, C.A. (1996). Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 82(5), p. 569-576.
100. Zeytinoğlu, M., İlhan, B., Dündar, N., and Boyacioğlu, H. (2015). Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. *Clinical oral investigations*, 19(2), p. 519-524.
101. Shrout, M.K., Potter, B.J., and Hildebolt, C.F. (1997). The effect of image variations on fractal dimension calculations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 84(1), p. 96-100.
102. Goldberger, A.L. and West, B.J. (1987). Fractals in physiology and medicine. *The Yale journal of biology and medicine*, 60(5), p. 421.
103. Morinushi, T., Kawasaki, H., Masumoto, Y., Shigeta, K., Ogura, T., and Takigawa, M. (1998). Examination of the diagnostic value and estimation of the chaos phenomenon in masticatory movement using fractal dimension in patients with temporomandibular dysfunction syndrome. *Journal of oral rehabilitation*, 25(5), p. 386-394.
104. White, S.C. and Rudolph, D.J. (1999). Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(5), p. 628-635.

105. Havlin, S., Buldyrev, S., Goldberger, A., Mantegna, R., Ossadnik, S., Peng, C.-K., Simons, M., and Stanley, H. (1995). Fractals in biology and medicine. *Chaos, Solitons & Fractals*, 6, p. 171-201.
106. Heymans, O., Fissette, J., Vico, P., Blacher, S., Masset, D., and Brouers, F. (2000). Is fractal geometry useful in medicine and biomedical sciences? *Medical hypotheses*, 54(3), p. 360-366.
107. Cross, S.S. (1997). Fractals in pathology. *The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland*, 182(1), p. 1-8.
108. Lee, K., Choi, S., Park, T., and You, D. (1999). Fractal dimension calculated from two types of region of interest. *Dentomaxillofacial Radiology*, 28(5), p. 284-289.
109. Pothuau, L., Benhamou, C., Porion, P., Lespessailles, E., Harba, R., and Levitz, P. (2000). Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15(4), p. 691-699.
110. Wilding, R., Slabbert, J., Kathree, H., Owen, C., Crombie, K., and Delport, P. (1995). The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Archives of oral biology*, 40(1), p. 61-72.
111. Lespessailles, E., Roux, J., Benhamou, C., Arlot, M., Eynard, E., Harba, R., Padonou, C., and Meunier, P. (1998). Fractal analysis of bone texture on os calcis radiographs compared with trabecular microarchitecture analyzed by histomorphometry. *Calcified tissue international*, 63(2), p. 121-125.
112. Samarabandu, J., Acharya, R., Hausmann, E., and Allen, K. (1993). Analysis of bone X-rays using morphological fractals. *IEEE transactions on medical imaging*, 12(3), p. 466-470.
113. Lee, D.-H., Ku, Y., Rhyu, I.-C., Hong, J.-U., Lee, C.-W., Heo, M.-S., and Huh, K.-H. (2010). A clinical study of alveolar bone quality using the fractal dimension and the implant stability quotient. *Journal of periodontal & implant science*, 40(1), p. 19-24.
114. Chen, S.-K., Oviir, T., Lin, C.-H., Leu, L.-J., Cho, B.-H., and Hollender, L. (2005). Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 100(4), p. 467-472.
115. Yu, Y.-Y., Chen, H., Lin, C.-H., Chen, C.-M., Oviir, T., Chen, S.-K., and Hollender, L. (2009). Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 107(2), p. 283-288.
116. Geraets, W., Verheij, J., Van Der Stelt, P.F., Horner, K., Lindh, C., Nicopoulou-Karayianni, K., Jacobs, R., and Devlin, H. (2007). Osteoporosis and the general dental practitioner: reliability of some digital dental radiological measures. *Community dentistry and oral epidemiology*, 35(6), p. 465-471.

117. Fazzalari, N. and Parkinson, I. (1997). Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(4), p. 632-640.
118. Podsiadlo, P., Dahl, L., Englund, M., Lohmander, L., and Stachowiak, G. (2008). Differences in trabecular bone texture between knees with and without radiographic osteoarthritis detected by fractal methods. *Osteoarthritis and Cartilage*, 16(3), p. 323-329.
119. Ahmad, M., Hollender, L., Anderson, Q., Kartha, K., Ohrbach, R., Truelove, E.L., John, M.T., and Schiffman, E.L. (2009). Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD): development of image analysis criteria and examiner reliability for image analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 107(6), p. 844-860.
120. Brooks, S.L., Brand, J.W., Gibbs, S.J., Hollender, L., Lurie, A.G., Omnell, K.-Å., Westesson, P.-L., and White, S.C. (1997). Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 83(5), p. 609-618.
121. Winocur, E., Reiter, S., Krichmer, M., and Kaffe, I. (2010). Classifying degenerative joint disease by the RDC/TMD and by panoramic imaging: a retrospective analysis. *Journal of oral rehabilitation*, 37(3), p. 171-177.
122. Muir, C.B. and Goss, A.N. (1990). The radiologic morphology of asymptomatic temporomandibular joints. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 70(3), p. 349-354.
123. Hussain, A., Packota, G., Major, P., and Flores-Mir, C. (2008). Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37(2), p. 63-71.
124. Hakulinen, M.A., Day, J.S., Töyräs, J., Weinans, H., and Jurvelin, J.S. (2006). Ultrasonic characterization of human trabecular bone microstructure. *Physics in Medicine & Biology*, 51(6), p. 1633.
125. Miloro, M., Peter, G., and Peter, E. (2004). Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial [Internet]. City.
126. Poveda Roda, R., Bagán, J.V., Díaz Fernández, J.M., Hernández Bazán, S., and Jiménez Soriano, Y. (2007). Review of temporomandibular joint pathology: Part I: Classification, epidemiology and risk factors. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal (Internet)*, 12(4), p. 292-298.
127. Dias, I.M., Coelho, P.R., Assis, N.M.S.P., Leite, F.P.P., and Devito, K.L. (2012). Evaluation of the correlation between disc displacements and degenerative bone changes of the temporomandibular joint by means of magnetic resonance images. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 41(9), p. 1051-1057.

128. Lazarin, R., Previdelli, I.T., Silva, R., Iwaki, L.C., Grossmann, E., and Filho, L.I. (2016). Correlation of gender and age with magnetic resonance imaging findings in patients with arthrogenic temporomandibular disorders: a cross-sectional study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 45(10), p. 1222-1228.
129. Baker-LePain, J.C. and Lane, N.E. (2012). Role of bone architecture and anatomy in osteoarthritis. *Bone*, 51(2), p. 197-203.
130. Arden, N. and Nevitt, M.C. (2006). Osteoarthritis: epidemiology. *Best practice & research Clinical rheumatology*, 20(1), p. 3-25.
131. Sarzi-Puttini, P., Cimmino, M.A., Scarpa, R., Caporali, R., Parazzini, F., Zaninelli, A., Atzeni, F., and Canesi, B. *Osteoarthritis: an overview of the disease and its treatment strategies*. in *Seminars in arthritis and rheumatism*. 2005. Elsevier.
132. Arnett, G., Milam, S., and Gottesman, L. (1996). Progressive mandibular retrusion—idiopathic condylar resorption. Part II. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(2), p. 117-127.
133. Wang, X., Zhang, J., Gan, Y., and Zhou, Y. (2015). Current understanding of pathogenesis and treatment of TMJ osteoarthritis. *Journal of dental research*, 94(5), p. 666-673.
134. Takano, Y., Moriwake, Y., Tohmo, Y., Minami, T., Tohno, S., Utsumi, M., Yamada, M.-o., Okazaki, Y., and Yamamoto, K. (1999). Age-related changes of elements in the human articular disk of the temporomandibular joint. *Biological trace element research*, 67(3), p. 269-276.
135. Jibiki, M., Shimoda, S., Nakagawa, Y., Kawasaki, K., Asada, K., and Ishibashi, K. (1999). Calcifications of the disc of the temporomandibular joint. *Journal of oral pathology & medicine*, 28(9), p. 413-419.
136. Kiliç, S.C., Kiliç, N., and Sümbüllü, M. (2015). Temporomandibular joint osteoarthritis: cone beam computed tomography findings, clinical features, and correlations. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 44(10), p. 1268-1274.
137. Borahan, M., Mayil, M., and Pekiner, F. (2016). Using cone beam computed tomography to examine the prevalence of condylar bony changes in a Turkish subpopulation. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 19(2), p. 259-266.
138. Bagis, B., Ayaz, E.A., Turgut, S., Durkan, R., and Özcan, M. (2012). Gender difference in prevalence of signs and symptoms of temporomandibular joint disorders: a retrospective study on 243 consecutive patients. *International journal of medical sciences*, 9(7), p. 539.
139. İlgüy, D., İlgüy, M., Fişekçioğlu, E., Dölekoğlu, S., and Ersan, N. (2014). Articular eminence inclination, height, and condyle morphology on cone beam computed tomography. *The Scientific World Journal*, 2014.

140. Pamukçu, U., Altunkaynak, B., and Peker, İ. (2021). Temporomandibular eklem disfonksiyonu açısından Helkimo disfonksiyon indeksine göre semptomatik ve asemptomatik hastalardaki, konik-ışınli bilgisayarlı tomografide belirlenen kemik değışikliklerinin karşılaştırılması ve bu klinik indeksin radyografideki kemik değışiklikleriyle ilişkisi. *Pamukkale Tıp Dergisi*, 14(1), p. 155-165.
141. Kim, I.-H., Kang, C.-M., Song, J.S., and Lee, J.-H. (2019). Dental complications associated with neonatal intubation in preterm infants. *Journal of dental anesthesia and pain medicine*, 19(5), p. 245-252.
142. Yasuoka, T., Nakashima, M., Okuda, T., and Tatematsu, N. (2000). Effect of estrogen replacement on temporomandibular joint remodeling in ovariectomized rats. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 58(2), p. 189-196.
143. Poveda-Roda, R., Bagan, J., Carbonell, E., and Margaix, M. (2015). Diagnostic validity (sensitivity and specificity) of panoramic X-rays in osteoarthritis of the temporomandibular joint. *CRANIO®*, 33(3), p. 189-194.
144. Bagán, J. and Fons, A. (2004). Osteoarthritis of the temporomandibular joint. A clinical and radiological study of 16 patients. *Medicina Oral: Organo Oficial de la Sociedad Espanola de Medicina Oral y de la Academia Iberoamericana de Patologia y Medicina Bucal*, 9(2), p. 110-115, 106.
145. Nah, K.-S. (2012). Condylar bony changes in patients with temporomandibular disorders: a CBCT study. *Imaging science in dentistry*, 42(4), p. 249-253.
146. Dahlström, L. and Lindvall, A. (1996). Assessment of temporomandibular joint disease by panoramic radiography: reliability and validity in relation to tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 25(4), p. 197-201.
147. Alexiou, K., Stamatakis, H., and Tsiklakis, K. (2009). Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(3), p. 141-147.
148. Al-Juhani, H.O., Alhaidari, R.I., and Alfaleh, W.M. (2015). Comparative study of the prevalence of temporomandibular joint osteoarthritic changes in cone beam computed tomograms of patients with or without temporomandibular disorder. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 120(1), p. 78-85.
149. Miles, K.A., Ganeshan, B., and Hayball, M.P. (2013). CT texture analysis using the filtration-histogram method: what do the measurements mean? *Cancer Imaging*, 13(3), p. 400.
150. Ganeshan, B., Panayiotou, E., Burnand, K., Dizdarevic, S., and Miles, K. (2012). Tumour heterogeneity in non-small cell lung carcinoma assessed by CT texture analysis: a potential marker of survival. *European radiology*, 22(4), p. 796-802.
151. Sánchez, I. and Uzcátegui, G. (2011). Fractals in dentistry. *J Dent*, 39(4), p. 273-292.
152. Goldberger, A.L. (1997). Fractal variability versus pathologic periodicity: complexity loss and stereotypy in disease. *Perspectives in biology and medicine*, 40(4), p. 543-561.

153. Weibel, E.R. (2005). *Mandelbrot's Fractals and the Geometry of Life: A Tribute to Benoît Mandelbrot on his 80 th Birthday*, in *Fractals in biology and medicine*. Berlin: Springer, p. 3-16.
154. Sanchez-Molina, D., Velazquez-Ameijide, J., Quintana, V., Arregui-Dalmases, C., Crandall, J.R., Subit, D., and Kerrigan, J.R. (2013). Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Medical Engineering & Physics*, 35(5), p. 576-582.
155. Koh, K.-J., Park, H.-N., and Kim, K.-A. (2012). Prediction of age-related osteoporosis using fractal analysis on panoramic radiographs. *Imaging Science in Dentistry*, 42(4), p. 231-235.
156. Tosoni, G.M., Lurie, A.G., Cowan, A.E., and Burleson, J.A. (2006). Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102(2), p. 235-241.
157. Yasar, F. and Akgunlu, F. (2006). The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(1), p. 1-9.
158. Amer, M.E., Heo, M.-S., Brooks, S.L., and Benavides, E. (2012). Anatomical variations of trabecular bone structure in intraoral radiographs using fractal and particles count analyses. *Imaging Science in Dentistry*, 42(1), p. 5-12.
159. Apolinário, A.C., Sindeaux, R., de Souza Figueiredo, P.T., Guimarães, A.T., Acevedo, A.C., Castro, L.C., de Paula, A.P., de Paula, L.M., de Melo, N.S., and Leite, A.F. (2016). Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(4), p. 20150400.
160. Camargo, A.J., Côrtes, A.R.G., Aoki, E.M., Baladi, M.G., Arita, E.S., and Watanabe, P.C.A. (2016). Analysis of bone quality on panoramic radiograph in osteoporosis research by fractal dimension. *Applied Mathematics*, 7(04), p. 375.
161. Sindeaux, R., de Souza Figueiredo, P.T., de Melo, N.S., Guimarães, A.T.B., Lazarte, L., Pereira, F.B., de Paula, A.P., and Leite, A.F. (2014). Fractal dimension and mandibular cortical width in normal and osteoporotic men and women. *Maturitas*, 77(2), p. 142-148.
162. Göller Bulut, D., Bayrak, S., Uyeturk, U., and Ankaralı, H. (2018). Mandibular indexes and fractal properties on the panoramic radiographs of the patients using aromatase inhibitors. *The British Journal of Radiology*, 91(1091), p. 20180442.
163. Bayrak, S., Göller Bulut, D., Orhan, K., Sinanoğlu, E.A., Kurşun Çakmak, E.Ş., Mısırlı, M., and Ankaralı, H. (2020). Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiology*, 36(1), p. 18-24.
164. Yasar, F., Apaydın, B., and Yılmaz, H.-H. (2012). The effects of image compression on quantitative measurements of digital panoramic radiographs. *Medicina Oral, Patologia oral y Cirugia Bucal*, 17(6), p. e1074.

165. Wenzel, A., Gotfredsen, E., Borg, E., and Gröndahl, H.-G. (1996). Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 81(3), p. 351-355.
166. Janhom, A., Van der Stelt, P., and Van Ginkel, F. (2000). Interaction between noise and file compression and its effect on the recognition of caries in digital imaging. *Dentomaxillofacial Radiology*, 29(1), p. 20-27.
167. Gürdal, P., Hildebolt, C., and Akdeniz, B. (2001). The effects of different image file formats and image-analysis software programs on dental radiometric digital evaluations. *Dentomaxillofacial Radiology*, 30(1), p. 50-55.
168. Ruttimann, U.E., Webber, R.L., and Hazelrig, J.B. (1992). Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone: a possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, oral Pathology*, 74(1), p. 98-110.
169. Sanchez-Molina, D., Velazquez-Ameijide, J., Quintana, V., Arregui-Dalmases, C., Crandall, J.R., Subit, D., and Kerrigan, J.R. (2013). Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys*, 35(5), p. 576-582.
170. Güngör, E., Yildirim, D., and Çevik, R. (2016). Evaluation of osteoporosis in jaw bones using cone beam CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of oral science*, 58(2), p. 185-194.
171. Mostafa, R.A., Arnout, E.A., and Abo el-Fotouh, M.M. (2016). Feasibility of cone beam computed tomography radiomorphometric analysis and fractal dimension in assessment of postmenopausal osteoporosis in correlation with dual X-ray absorptiometry. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(7), p. 20160212.
172. Gumussoy, I. and Duman, S. (2020). Alternative cone-beam CT method for the analysis of mandibular condylar bone in patients with degenerative joint disease. *Oral Radiology*, 36(2), p. 177-182.
173. Hua, Y., Nackaerts, O., Duyck, J., Maes, F., and Jacobs, R. (2009). Bone quality assessment based on cone beam computed tomography imaging. *Clinical Oral Implants Research*, 20(8), p. 767-771.
174. Naitoh, M., Aimiya, H., Hirukawa, A., and Ariji, E. (2010). Morphometric analysis of mandibular trabecular bone using cone beam computed tomography: an in vitro study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 25(6).
175. Mys, K., Varga, P., Gueorguiev, B., Hemmatian, H., Stockmans, F., and van Lenthe, G.H. (2019). Correlation between cone-beam computed tomography and high-resolution peripheral computed tomography for assessment of wrist bone microstructure. *Journal of Bone and Mineral Research*, 34(5), p. 867-874.
176. Klintström, E., Klintström, B., Pahr, D., Brismar, T.B., Smedby, Ö., and Moreno, R. (2018). Direct estimation of human trabecular bone stiffness using cone beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 126(1), p. 72-82.

177. Ross, H. and Mannion, G. (2012). Curriculum making as the enactment of dwelling in places. *Studies in Philosophy and Education*, 31(3), p. 303-313.







EKLER

EK-1. Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 08.04.2022-E.333360



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-604.01.02-333360
Konu : Değerlendirme ve Onay

08.04.2022

Sayın Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Başkanlığı - Öğretim Üyesi

Tez danışmanı olduğunuz, araştırmacı grubu Kahraman GÜNGÖR ve Ömer Onur GÜMÜŞ'ten oluşan, Üniversitemiz Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı Arş.Gör.Ömer Onur GÜMÜŞ'ün, uzmanlık tez çalışması olan "*Radyolojik Olarak Osteoartrit Bulgusu Gösteren Hastaların Temporomandibuler Eklem Bölgesine Ait Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Histogram ve Fraktal Analiz Yöntemiyle Değerlendirilmesi*" başlıklı tez çalışması ile ilgili araştırma önerisi Komisyonumuzun 08.03.2022 tarih ve 05 sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

Çalışmanın, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Araştırma Kod No: 2022 - 454

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste

Belge Doğrulama Kodu : BSM08M1LT2

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/gazi-universitesi-ebys>



Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No: 6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Tel 0 (312) 202 20 57 - 0 (312) 2... Faks 0 (312) 202 38 76
İnternet Adresi : <http://etikkomisyon.gazi.edu.tr/>
Kep Adresi : gaziuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için : Ayfer Çekmez
Genel Evrak Sorumlusu
Telefon No 202 38 81



Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 08.04.2022-E.333360

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ	
TOPLANTI TARİHİ : 08/03/2022	TOPLANTI SAYISI : 05
ADI – SOYADI	İMZA
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN	
Prof.Dr.Kemal ÖZTEMEL BAŞKAN YRD.	
Prof.Dr.C.Haluk BODUR	
Prof.Dr.Seçil ÖZKAN	
Prof.Dr.Cevriye TEMEL GENCER	
Prof.Dr.İsmet YÜKSEL	
Prof.Dr.Aymelek GÖNENÇ	
Prof.Dr.Gülay BAYRAMOĞLU	
Prof.Dr.Makbule GEZMEN KARADAĞ	
Prof.Dr.Zehra GÖÇMEN BAYKARA	
Prof.Dr.İlyas OKUR	
Doç.Dr.Nihan KAFA	
Doç.Dr.Melek Gülşah ŞAHİN	

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜMÜŞ, Ömer Onur
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Uzmanlık	Gazi Üniversitesi / Diş Hekimliği Fak.Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Lisans	Hacettepe Üniversitesi / Diş Hekimliği Fak.	2017
Lise	Sakarya Cevat Ayhan Fen Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-devam ediyor	Gazi Üniversitesi	Araştırma Gör.
2017-2018	Ankara Özel Klinik	Diş Hekimi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Gümüş Ö.O., Güngör K., Akay G. Lökoplaki: vaka raporu poster. 1.Uluslararası Ağız Kanserleri Kongresi 4-6 Mart 2020 Eskişehir.

Hobiler

Kitap okumak, film izlemek



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..