



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

**OBEZ ÇOCUKLARDA MANDİBULAR İNDEKSLER VE FRAKTAL
BOYUT ANALİZİ KULLANILARAK DENTAL PANORAMİK
RADYOGRAFİ ÜZERİNDEN KEMİK DEĞİŞİKLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Uzmanlık Tezi

Hazırlayan

Arş Gör. Burcu BÖLÜKBAŞI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Alem COŞGUN

TOKAT-2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Alem COŞGUN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Obez Çocuklarda Mandibular İndeksler ve Fraktal Boyut Analizi Kullanılarak Dental Panoramik Radyografi Üzerinden Kemik Değişikliklerinin Değerlendirilmesi” adlı uzmanlık tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

12/05/2025

Arş. Gör. Burcu BÖLÜKBAŞI

JÜRİ KABUL VE ONAY SAYFASI

BURCU BÖLÜKBAŞI tarafından hazırlanan “**Obez Çocuklarda Mandibular İndeksler Ve Fraktal Boyut Analizi Kullanılarak Dental Panoramik Radyografi Üzerinden Kemik Değişikliklerinin Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **12.05.2025** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı’nda Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)**İmza**

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Murat ÜNAL

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Alem COŞGUN

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Canan BAYRAKTAR NAHİR

.....

Prof. Dr. Hatice BALCI YÜCE

Dekan V.

12/05/2025

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi, tecrübe ve destekleriyle bana rehberlik eden, sabrını, gülen yüzünü, sevgisini esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim ve akademik anlamda her zaman örnek aldığım sevgili danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Alem COŞGUN'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini her zaman hissettiğim bilgi ve tecrübeleriyle uzmanlık sürecimi kolaylaştıran değerli hocalarım sayın Dr. Öğr. Üyesi Canan Bayraktar NAHİR ve sayın Dr. Öğr. Üyesi. N. Damla ŞAHİN'e,

Tezime katkı sağlayan, her zaman desteklerini hissettiren ve kıymetli yardımları sayesinde bu çalışmayı gerçekleştirme imkânı bulduğum sayın Prof. Dr. Ali GÜL'e,

Tez sürecime kıymetli katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Murat ÜNAL ve sayın Prof. Dr. Halenur ALTAN'a,

Bu üç yıllık Tokat serüvenim boyunca, yorulduğumda bana güç veren, umutsuzluğa kapıldığımda motive eden, sevinçlerimi ve üzüntülerimi paylaşırken benimle ağlayıp benimle gülen, arkadaştan öte biricik kız kardeşim Esra ERGÜN'e,

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, aynı bölümü paylaştığım başta eş kıdemlilerim Beyza GÜNAYDIN ve Merve TATAR olmak üzere çok kıymetli çalışma arkadaşlarıma,

Tez çalışmama başlarken bana yol gösteren ve her zaman desteğini hissettiğim canım dostlarım Sevilay KÖSE'ye, Aslı BAŞAL'a ve Zehra GENÇ'e,

Hayatım boyunca her koşulda yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bana inanan, güvenen, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan ve bu hayattaki en büyük şansım olarak gördüğüm canım aileme,

Tüm bu zorlu süreçte bana sabrıyla, anlayışıyla ve bitmek bilmeyen sevgisiyle güç veren, her an yanımda olduğunu hissettiren biricik müstakbel eşim Alperen AKGÜL'e,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

OBEZ ÇOCUKLARDA MANDİBULAR İNDEKSLER VE FRAKTAL BOYUT ANALİZİ KULLANILARAK DENTAL PANORAMİK RADYOGRAFI ÜZERİNDEN KEMİK DEĞİŞİKLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölükbaşı, Burcu
Uzmanlık Tezi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Alem Coşgun
Mayıs 2025, xiv + 115 sayfa

Obezite; inflammatuar etkileşimler, artmış mekanik yüklenme, hormonal değişiklikler ve D vitamini eksikliği gibi metabolik bozukluklar yoluyla kemik yapısını etkileyebilmektedir. D vitamini eksikliği, kemik mineralizasyonunun azalmasına ve mikromimari yapının bozulmasına neden olarak kemik bütünlüğü ile mekanik dayanıklılığın azalmasına yol açabilir. Bu çalışmanın amacı obez ve D vitamini eksikliği olan, obez ve D vitamini eksikliği olmayan ve sağlıklı çocuklar arasındaki kemik mikromimarisinin ve dansitesinin, fraktal boyut analizi (FB) ve mandibular indeksleri kullanarak değerlendirmektir. Çalışmamıza, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı'na muayene veya tedavi amacıyla başvurmuş obez D vitamini eksikliği olmayan, obez D vitamini eksikliği olan ve sağlıklı çocuklardan teşhis amacıyla alınmış 120 panoramik radyografi dahil edildi. Hastalar yaş ve cinsiyet açısından eşleştirildi. Panoramik radyografiler üzerinden radyomorfometrik indeksler (mandibular kortikal indeks, mental indeks, panoramik mandibular indeks) ölçüldü ve altı farklı bölgeden (sağ kondil, sağ angulus, sağ interdental alan, sol kondil, sol angulus ve sol interdental alan) elde edilen ROI'ler ile fraktal boyut analizi yapıldı. Veriler analiz edilirken IBM SPSS V23 R programlama dilinin 4.4.1 versiyonu kullanıldı ve önem düzeyi $p < 0,05$ alındı. Obez D vitamini eksikliği olmayan ve obez D vitamini eksikliği olan çocuklarda panoramik mandibular indeks (PMİ) ve mental indeks (Mİ) değerleri sağlıklı çocuklara göre anlamlı derecede istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Gruplara göre mandibular kortikal indeks (MKİ) tiplerinin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklarda FB sağ interdental değerleri, obez D vitamini eksikliği olan çocuklara göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da obez D vitamini

eksikliği olmayan çocuklarda FB sol interdental değerleri, obez D vitamini eksikliği olan çocuklara göre daha yüksek bulunmuştur. Gruplara göre ortalama FB sağ kondil, sağ angulus, sol kondil ve sol angulus değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Panoramik radyografiler üzerinden yapılan değerlendirme sonuçlarına göre; obezite ve D vitamini eksikliği mandibulanın trabekülasyonunu, porozitesini ve kemik mineral yoğunluğunu etkilemektedir. Fakat bu faktörlerin etkileri, mandibulanın angulus, kondil, korpus ve interdental alan gibi farklı anatomik bölgelerinde değişkenlik gösterebilmektedir. Bu farklılıkların, dental tedavi sürecinde uygulanacak ortodontik, protetik ve cerrahi yaklaşımları etkileyebileceği dikkate alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Panoramik Radyografi, Fraktal Boyut Analizi, Radyomorfometrik İndeksler, D Vitamini, Obezite

ABSTRACT**EVALUATION OF BONE CHANGES ON DENTAL PANORAMIC
RADIOGRAPHS USING MANDIBULAR INDICES AND FRACTAL
DIMENSION ANALYSIS IN OBESE CHILDREN**

Bölükbaşı, Burcu

Specialization Thesis, Department of Pediatric Dentistry

Advisor: Alem Coşgun

May 2025, xiv + 115 pages

Obesity may influence bone architecture through metabolic disturbances such as inflammatory interactions, increased mechanical loading, hormonal alterations, and vitamin D deficiency. Vitamin D deficiency can lead to reduced bone mineralization and impaired microarchitectural integrity, thereby decreasing bone strength and mechanical resilience. The aim of this study was to evaluate the bone microarchitecture and density among obese children with and without vitamin D deficiency and healthy children using fractal dimension analysis and mandibular indices. A total of 120 panoramic radiographs, obtained for diagnostic purposes from obese children without vitamin D deficiency, obese children with vitamin D deficiency, and healthy children who presented to the Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Tokat Gaziosmanpaşa University, were included in this study. Patients were matched for age and gender. Radiomorphometric indices (mandibular cortical index, mental index, and panoramic mandibular index) were measured on the panoramic radiographs, and fractal dimension analysis was performed on ROIs obtained from six different regions (right condyle, right angulus, right interdental area, left condyle, left angulus, and left interdental area). Data were analyzed using IBM SPSS Statistics v23 (R 4.4.1), with a significance threshold of $p < 0.05$. Both obese groups—with and without vitamin D deficiency—demonstrated significantly higher panoramic mandibular index (PMI) and mental index (MI) values compared to healthy controls ($p < 0.05$). There was no significant difference among groups in the distribution of mandibular cortical index (MCI) types ($p > 0.05$). Obese children without vitamin D deficiency exhibited significantly higher FD values in the right interdental area than did those with vitamin D deficiency ($p < 0.05$). Although not reaching statistical significance, FD values in the left interdental area were also higher in obese children without vitamin D deficiency. No significant intergroup differences were

observed for mean FD values at the right condyle, right angulus, left condyle, or left angulus ($p > 0.05$). Panoramic radiographic analysis indicates that obesity and vitamin D deficiency affect trabecular pattern, porosity, and bone mineral density of the mandible. However, these effects vary across different mandibular regions—such as the angulus, condyle, corpus, and interdental areas. These regional variations should be taken into account when planning orthodontic, prosthetic, or surgical interventions.

Keywords: Panoramic Radiography, Fractal Dimension Analysis, Radiomorphometric Indices, Vitamin D, Obesity.



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: 2-18 Yaş Arası Çocuklarda Obezite Sınıflaması.....	12
Tablo 4.1: Demografik Verilerin İncelenmesi	54
Tablo 4.2: FB, Mİ ve PMİ İçin Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı	55
Tablo 4.3: Farklı Zamanlarda Ölçülen MKİ Tipleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi ..	56
Tablo 4.4: MKİ Tiplerinin Gruplar Arasında Karşılaştırılması	56
Tablo 4.5: PMİ ve Mİ Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması	58
Tablo 4.6: PMİ ve Mİ Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması	59
Tablo 4.7: FB Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması	60
Tablo 4.8: FB Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması.....	60
Tablo 4.9: Sağ ve Sol FB Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması	61
Tablo 4.10: FB Ortalama Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması	61
Tablo 4.11: Cinsiyete Göre Nicel Verilerin Karşılaştırılması	62
Tablo 4.12: Cinsiyete Göre MKİ Tiplerinin Karşılaştırılması	63
Tablo 4.13: Nicel Veriler ve Yaş Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	63
Tablo 4.14: Obez D Vitamini Eksikliği Olmayan Grupta Nicel Veriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Ait Korelasyon Katsayısı ve P Değerleri.....	65
Tablo 4.15: Obez D Vitamini Eksikliği Olan Grupta Nicel Veriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Ait Korelasyon Katsayısı ve P Değerleri.....	67
Tablo 4.16: Kontrol Grubunda Nicel Veriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Ait Korelasyon Katsayısı ve P Değerleri.....	69
Tablo 4.17: MKİ Tiplerine Göre Nicel Verilerin Karşılaştırılması	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Normal ve Obez Yağ Doku Üzerine 1,25 (OH) ₂ D ₃ 'ün Etkisi	16
Şekil 2.2: Serum Kalsiyum (Ca) Ve Fosfor (P) Düzeylerinin Hormonal Düzenlenmesi	18
Şekil 2.3: 1,25(OH) ₂ D/VDR'nin Kemik Üzerindeki Doğrudan Etkilerinin Şeması	19
Şekil 2.4: Mandibular Kortikal İndeks Sınıflandırmasının Radyografik Gösterimi a)tip1, b)tip2 ve c)tip3	27
Şekil 2.5: Panoramik Mandibular İndeks ve Mental İndeksin Ölçümü	28
Şekil 2.6: Antegonial İndeks (AI) ve Gonial İndeks (GI) Ölçümünü Gösteren Panoramik Radyografi.....	29
Şekil 2.7: Fraktal Boyut, Ölçülen Şeklin/Nesnenin Karmaşıklık Seviyesini Belirler. Bu Şekilde, Sıradan Şekiller Fraktal Formlarla Karşılaştırılabilir. (A) Düz Bir Çizgi ve Von Koch Eğrisi, (B) Bir Üçgen ve Sierpinski Üçgeni	31
Şekil 2.8: FB Hesabında Kullanılan Yöntemler	32
Şekil 2.9: FB'yi Belirlemek İçin Kullanılan Kutu Sayma Yöntemi	33
Şekil 3.1: Çalışmanın Güç Analizi	40
Şekil 3.2: Mandibular İnferior Korteksin Morfolojik Analizi İçin Klemetti Sınıflandırması (A) Tip 1, (B) Tip 2, (C) Tip 3	47
Şekil 3.3: Mental İndeksin Ölçümü	47
Şekil 3.4: Panoramik Mandibular İndeksin Ölçümü	48
Şekil 3.5: İlgili Alanların (ROI'lerin) Program Üzerinde İşaretlenmesi	49
Şekil 3.6: Fraktal Analiz Aşamaları	51
Şekil 3.7: Görüntünün Farklı Boyutlarda Kutulara Bölünmesi.....	51
Şekil 3.8: Grafikteki Doğrunun Eğimi, Sağ Üst Köşede 'D' İle Gösterilen 'Fraktal Boyut Değeri'ni Temsil Etmektedir	52

KISALTMALAR VE SİMGELER

2D	İki boyutlu
3D	Üç Boyutlu
AAA	Ailevi Akdeniz Ateşi
AHO	Albright Kalıtsal Osteodistrofisi
AI	Antegonial İndeks
BMP	Bone Morphogenetic Proteins
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CFA	Çift Foton Absorpsiyometrisi
DA	Dansitometrik Analiz
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DXA	Dual Enerji X-Işını Absorpsiyometrisi
FB	Fraktal Boyut
FTO	Fat Mass and Obesity-Associated
GI	Gonial İndeks
KBT	Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
KMY	Kemik Mineral Yoğunluğu
KUS	Kantitatif Ultrasonografi
kVp	Kilovolt Pik
LRP-5	Lipoprotein Reseptör İlişkili Protein
Mİ	Mental İndeks
mA	Miliamper
Mikro-BT	Mikro Bilgisayarlı Tomografi

MIH	MFolar Keser Hipomineralizasyonu
MKK	Mandibular Kortikal Kalınlık
MKİ	Mandibular Kortikal İndeks
MR	Manyetik Rezonans
Oİ	Osteogenezis İmperfekta
OPG	Osteoprotegerine
PAM	Pamidronat
PMİ	Panoramik Mandibular İndeks
PMİi	PMİ İnferior
PMİs	PMİ Superior
PTH	Paratiroid Hormon
PWS	Prader-Willi sendromu
TFA	Tek Foton Absorpsiyometris
TGF-B	Transforming Growth Factor-Beta
UB	Uyku Bruksizmi
USG	Ultrasonografi
VDR	Vitamin D Reseptörü
VKİ	Vücut Kitle İndeksi

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME	i
JÜRİ KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	x
İÇİNDEKİLER	xii
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1 OBEZİTE	4
2.1.1 Etiyoloji	5
2.1.1.1 Genetik	5
2.1.1.2 Epigenetik	6
2.1.1.3 Çevresel etkenler	7
2.1.1.3.1 Fiziksel aktivite.....	7
2.1.1.3.2 Beslenme	8
2.1.1.3.3 İntrauterin ortam.....	8
2.1.1.3.4 Uyku düzeni.....	9
2.1.1.3.5 Sosyoekonomik durum	9
2.1.1.3.6 Psikososyal stres.....	10
2.1.2 Obezite ile ilişkili Hormonlar	10
2.1.2.1 Leptin.....	10
2.1.3 Obezite Teşhisinde Kullanılan Tanı Yöntemleri	11
2.1.4 Prevalans	13
2.2 D VİTAMİNİ.....	14
2.2.1 D Vitamini ve Obezite	15
2.2.2 D Vitamininin Mineral Homeostazındaki Rolü	17
2.2.3 D Vitamininin Kemik Dokudaki Fonksiyonları	18
2.3 KEMİK DOKU.....	20
2.3.1 Kemik Dokunun Yapısı	20

2.3.2 Kemik Dokuda Remodelasyon.....	21
2.4 KEMİK KALİTESİ VE MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	22
2.4.1 Kemik Mineral Yoğunluğu	22
2.4.2 Kemik Mineral Yoğunluğu Ölçüm Teknikleri	23
2.4.3 Diş Hekimliğinde Kemik Kalite ve Miktar Belirleme Teknikleri.....	24
2.4.3.1 Mandibular indeksler.....	26
2.4.3.1.1 Mandibular kortikal indeks (MKİ)	26
2.4.3.1.2 Mental indeks (Mİ)/Mandibular kortikal kalınlık (MKK)	27
2.3.3.1.3. Panoramik mandibular indeks	27
2.3.3.1.3.1 PMİ superior (PMİS)	28
2.3.3.1.3.2. PMİ inferior (PMİİ)	28
2.3.3.1.4 Gonial indeks (Gİ).....	28
2.3.3.1.5 Antegonial indeks (Aİ)	28
2.3.3.2 Fraktal analiz.....	29
2.3.3.2.1 Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan yöntemler	31
2.3.3.2.2 Diş hekimliğinde fraktal boyut analizi.....	35
3.MATERYAL METOD.....	39
3.1 ETİK ONAY ve BAP DESTEĞİ.....	39
3.2 VAKA SEÇİMİ	39
3.3 ÇALIŞMANIN GÜÇ ANALİZİ.....	40
3.4 ÇALIŞMA VE KONTROL GRUPLARININ OLUŞTURULMASI	41
3.4.1 Çalışma Gruplarının Oluşturulması	41
3.4.2 Kontrol Grubunun Oluşturulması	42
3.5 VÜCUT KİTLE İNDEKSİ (VKİ)	44
3.6 PANORAMİK RADYOGRAFİ	45
3.7 FRAKTAL ANALİZ VE RADYOMORFOMETRİK İNDEKSLER.....	45
3.7.1 Radyomorfometrik İndeks Ölçümleri	46
3.7.1.1 Mandibular kortikal indeks (MKİ).....	46
3.7.1.2 Mental indeks (Mİ)/ Mandibular kortikal kalınlık (MKK)	47
3.7.1.3 Panoramik mandibular indeks (PMİ)	48
3.7.2 Fraktal Boyut Analizi	48
3.8 İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	52
4. BULGULAR.....	54
4.1. DEMOGRAFİK VERİ BULGULARI.....	54
4.2 GÖZLEM İÇİ GÜVENİLİRLİK KATSAYILARI	54

4.3 MANDİBULAR İNDEKS BULGULARI	56
4.4. FRAKTAL BOYUT ANALİZİ BULGULARI.....	59
4.5. İNDEKSLERİN KORELASYON BULGULARI.....	62
5.TARTIŞMA	71
6.SONUÇ	94
7.KAYNAKÇA	97
8.EKLER	114
EK-1:.....	114
9.ÖZGEÇMİŞ.....	115



1.GİRİŞ

Çocuk diş hekimliği, süt ve daimi dişlenme dönemindeki çocukların ağız ve diş sağlığını korumayı, hastalıkları erken dönemde tanıyıp tedavi etmeyi amaçlayan uzmanlık dalıdır. Çocuk diş hekimleri, yalnızca diş çürükleri ve travmalar gibi lokal oral problemlerle değil, aynı zamanda çocuğun genel sağlık durumu ve büyüme-gelişim süreciyle de yakından ilgilenirler. Çünkü çocukluk döneminde görülen sistemik hastalıkların hem ağız dokularını hem de uygulanacak dental tedavi yaklaşımlarını önemli ölçüde etkileyebileceği kabul edilmektedir (Nowak ve ark., 2019). Günümüzde bu sistemik tablolar arasında en sık karşılaşılan ise obezitedir (Dietz & Baur, 2022).

Obezite, vücutta anormal derecede biriken yüksek yağ miktarı olarak tanımlanmaktadır. Yaygınlığı birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede cinsiyet, etnik grup ve eğitim düzeyi ayrımı olmaksızın özellikle adölesan nüfusta önemli ölçüde artmaktadır (Ayatollahi & Ghorehshizadeh, 2010; Choudhary ve ark., 2017; Dyer ve ark., 2017; Skinner ve ark., 2016). Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), çocukluk çağında aşırı kilo ve obezitenin 21. yüzyılın en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olduğuna işaret etmektedir (Organization, 2000).

Obezite, inflamatuvar etkileşimlere, mekanik ve hormonal değişikliklere sebep olarak kemik metabolizmasını etkilemektedir (López-Gómez ve ark., 2016). Obezitede adipoz dokudan salgılanan leptin, merkezi sinir sistemi üzerinden kemik oluşumunu baskılayabileceği gibi, periferik etkileriyle osteoblast aktivitesini artırabilir (Ducy ve ark., 2000). Ayrıca, obez bireylerde östrojen düzeylerinin artması, özellikle prepubertal ve pubertal dönemde kemik koruyucu etki göstererek kemik mineral yoğunluğunu artırıcı

yönde katkı sağlayabilir (Klein ve ark., 1998) ve artan vücut ağırlığına bağlı olarak iskelet sistemine binen mekanik yük, kemik oluşumunu teşvik edici bir uyaran görevi görebilir (Frost, 1994).

Obez çocukların ve adölesanların çoğuna D vitamini eksikliği teşhisi konulmaktadır. D vitamini; özellikle kemik dokunun korunması, kalsiyum ve fosfor minerallerinin homeostazı için gereklidir (Vranić ve ark., 2019). Eksikliği, kemik mineralizasyonunu bozarak kemik mineral yoğunluğunun (KMY) azalmasına neden olur. KMY'deki bu azalma, artmış kemik remodelasyonu (yapım-yıkım döngüsü) ile sonuçlanır ve uzun vadede kemiklerin mekanik dayanıklılığını zayıflatarak kırılma riskini artırır (Holick, 2007; Riggs & Melton III, 1992)

Kemik mineral yoğunluğu ve kemik kalitesi dental uygulamalarda oldukça önemlidir. Bu parametrelerin ölçümü için gonial indeks (Gİ), mandibular kortikal indeks (MKİ), panoramik mandibular indeks (PMİ), antegonial indeks (Aİ) ve mental indeks (Mİ) gibi yöntemler kullanılmaktadır (Kwon ve ark., 2017). Oral ve maksillofasiyal bölgede yaygın olarak kullanılan dental panoramik radyografi, kortikal ve trabeküler kemiğin kantitatif bilgilerini elde etmek için tercih edilmektedir (Scheiner ve ark., 2015) (Kwon ve ark., 2017; Ledgerton ve ark., 1997; Muramatsu ve ark., 2016). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, kemik kalitesinin değerlendirilmesinde yalnızca yoğunluk ölçümünün yeterli olmadığını, trabeküler mikromimari analizinin de gerekliliğini ortaya koymuştur (Baker-LePain & Lane, 2012; Bollen ve ark., 2001). Kemik trabeküllerinin karmaşık geometrisi ve trabeküler yapının kendine benzer, anizotropik özelliklere sahip

olması nedeniyle, fraktal boyut analizi yöntemi kemik trabeküler mimarisinin değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Lopes & Betrouni, 2009).

Dış hekimliği uzmanlık tezimizde, obez ve D vitamini eksikliği olan, obez ve D vitamini eksikliği olmayan ve sağlıklı çocuklar arasındaki kemik mikromimarisi ve dansitesinin, fraktal boyut analizi ve mandibular indeksler kullanılarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasının sıfır hipotezi:

- I. Obez ve D vitamini eksikliği olan, obez ve D vitamini eksikliği olmayan ve sağlıklı çocuklar arasında mandibular kortikal indeks (MKİ) değerleri açısından fark yoktur.
- II. Obez ve D vitamini eksikliği olan, obez ve D vitamini eksikliği olmayan ve sağlıklı çocuklar arasında mental indeks (Mİ) değerleri açısından fark yoktur
- III. Obez ve D vitamini eksikliği olan, obez ve D vitamini eksikliği olmayan ve sağlıklı çocuklar arasında panoramik mandibular indeks (PMİ) değerleri açısından fark yoktur.
- IV. Obez ve D vitamini eksikliği olan, obez ve D vitamini eksikliği olmayan ve sağlıklı çocuklar arasında fraktal boyut (FB) değerleri açısından fark yoktur.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 OBEZİTE

Vücutta aşırı yağ birikmesiyle karakterize olan obezite, fiziksel ve psikolojik sorunlara yol açarak yaşam süresini ve kalitesini olumsuz etkileyen kronik bir enerji metabolizma bozukluğudur. Bu durumun ana nedeni, beslenme yoluyla alınan enerjinin, metabolik süreçler ve fiziksel aktivitelerle harcanandan daha fazla olmasıdır (Doğusal & Sönmez, 2017).

Çocukluk çağı obezitesi, 21. yüzyılda öne çıkan en ciddi toplum sağlığı problemlerinden biridir (Hingle & Kunkel, 2012). Dünya Obezite Federasyonu'nun verilerine göre günümüzde yaklaşık 800 milyon kişi obeziteyle yaşamaktadır. Bu grubun 39 milyonu beş yaş altı çocuklardan, 340 milyonu ise 5–19 yaş arasındaki çocuk ve ergenlerden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, en az bir milyar insanın aşırı kilolu olduğu veya obezite riski taşıdığı tahmin edilmektedir (Jebb ve ark., 2007).

Obeziteden kaynaklanan kronik hastalıklar (diabetes mellitus tip 2, hipertansiyon, dislipidemi, osteoartrit, uyku apnesi ve çeşitli kanserler) ve üretkenliğin azalmasına yol açabilen ilişkili sakatlıklar göz önüne alındığında, obezite hem bireyler hem de toplum üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Jebb ve ark., 2007).

Obezitenin birçok farklı nedeni vardır ve bu nedenler birbiriyle bağlantılıdır. Yapılan son çalışmalar, obezite üzerinde hem genetik hem de çevresel faktörlerin aynı

miktarda etkisi olduğunu göstermektedir (Pérusse & Bouchard, 1999; Schwartz ve ark., 2000).

2.1.1 Etiyoloji

2.1.1.1 Genetik

Genetik yatkınlık, obezite gelişiminde önemli bir role sahiptir. 2018 sonrası yapılan genom çapında ilişkilendirme çalışmaları GWAS (Genome-Wide Association Study), obezite ile ilişkili 300'den fazla genetik lokus tespit etmiştir. Bunlar arasında FTO (Fat Mass and Obesity-Associated) geni, obezite ile en güçlü ilişkilendirilen genlerden biridir. FTO genindeki varyasyonların iştahı ve enerji dengesini düzenleyen mekanizmaları etkileyerek obezite riskini artırdığı gösterilmiştir (Loos & Yeo, 2022). Genetik obezite üç kategoriye ayrılmaktadır:

- **Poligenik obezite:** Obezitenin en sık görülen formudur ve birden çok gen varyantının kümülatif etkisiyle ortaya çıkar. Bu genetik faktörler, yeme davranışı, fiziksel aktivite ve stres gibi çevresel ve davranışsal faktörlerle etkileşime girerek obezitenin gelişimini etkiler. (Hinney & Hebebrand, 2008; Locke ve ark., 2015; Tomiyama, 2019). Genom çapında gerçekleştirilen ilişkilendirme analizleri, vücut kitle indeksi (VKİ) ile bağlantılı 500'den fazla genetik lokusun olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu lokusların etkileri değişken olup genellikle sınırlıdır (Khera ve ark., 2019; Locke ve ark., 2015; Loos & Yeo, 2022; Pulit ve ark., 2019; Yengo ve ark., 2018). Bu genetik varyantların tanımlanması, bireyin obezite gelişim riskinin yani poligenik risk skorunun tahmin edilmesine olanak tanımaktadır (Khera ve ark., 2019).

- Monogenik ve sendromik obezite: Obezitenin temel patogeneze yollarında rol oynayan tek bir gendeki nadir varyantlar veya ilgili genleri içeren kromozomal bölge delesyonları, erken başlangıçlı ve ciddi obeziteye yol açabilmektedir (Bochukova ve ark., 2010; Thaker, 2017). Monogenik obezite, hipotalamik MC4R yolaklarındaki tek bir gen varyantının yol açtığı obezite türünü tanımlarken; sendromik obezite, endokrin bozukluklar, dismorfik özellikler, nörogelişimsel gecikme ve duyuşal işlev bozukluklar ile ilişkili olan şiddetli obeziteyi ifade eder (Thaker, 2017). Bununla birlikte, bazı sendromik obezite formları (örneğin, Alström sendromu) tek gen varyantlarından kaynaklandığı için, bu obezite tipleri bazen sendromik monogenik obezite ve non-sendromik monogenik obezite olarak da sınıflandırılmaktadır (Pigeyre ve ark., 2016).

2.1.1.2 Epigenetik

Epigenetik, kalıtsal olabilen ancak DNA dizisinde doğrudan değişiklik oluşturmayan; gen fonksiyonlarını düzenleyen moleküler mekanizmaları kapsar. Bu mekanizmalar dokuya özgü işaretler oluşturur ve başlıca DNA metilasyonu ya da histon modifikasyonları yoluyla gen ifadesini baskılayıcı veya aktive edici roller üstlenir. Özellikle büyüme faktörleri veya hücre proliferasyonunu düzenleyen genlerin epigenetik baskılanmasındaki bozukluklar, obezite gibi metabolik hastalıkların patogeneğinde sıklıkla rol oynamaktadır (Bird, 2007).

Genomik baskılanma, alellerin ekspresyonunu maternal veya paternal kökenlerine bağlı olarak düzenleyen bir mekanizmadır. Maternal beslenme ile doğum öncesi ve sonrası çevresel faktörler, DNA metilasyonu ve histon modifikasyonları aracılığıyla

epigenetik değişikliklere yol açarak obezite riskini artırabilir (Lillicrop & Burdge, 2011). Nitekim, 2020 yılında yapılan bir çalışmada, maternal obezitenin fetal DNA metilasyon profillerini değiştirdiği ve bu epigenetik değişikliklerin bireyin ilerleyen yaşamında obezite riskini artırdığı gösterilmiştir (Li ve ark., 2021).

İnversiyon, patern disomi, translokasyon, hiper/hipometilasyon ve duplikasyon gibi bir dizi genetik olay, büyüme ve hücresel farklılaşma faktörlerinin ifadesini değiştirerek obeziteye neden olabilmektedir. Örneğin, 15q11–q13 bölgesindeki paternal delesyon veya uniparental disomi, Prader-Willi sendromuna (PWS) yol açar. Bu sendrom, tokluk merkezindeki işlev bozukluğu nedeniyle gelişen hiperfaji sonucu erken yaşta ortaya çıkan ve şiddetli obezite ile karakterize bir hastalıktır (Shapira ve ark., 2005). Albright kalıtsal osteodistrofisinde (AHO), GNAS genindeki (20q13.11) baskılanmanın bozulması nedeniyle orta derecede obezite görülmektedir (Butler, 2009).

2.1.1.3 Çevresel etkenler

2.1.1.3.1 Fiziksel aktivite

İngiltere Biobank tarafından 109.000 kişi üzerinde gerçekleştirilen bir araştırma, fiziksel hareketsizlik ile obeziteye yönelik genetik risk puanları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve fiziksel aktivitenin obezite riskini azalttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, genetik risk skoru yüksek olan bireyler, hafif düzeyde egzersiz yapmalarına rağmen en iyi sonuçları elde etmiştir. Bu bulgu, fiziksel aktivitenin genetik yatkınlığa karşı koruyucu bir etkisi olduğunu göstermektedir (Ludwig & Ebbeling, 2018). DSÖ'nn yaptığı bir araştırmaya göre, 2016 yılında dünyadaki yetişkinlerin %28'inden fazlası ve adölesanların %81'i fiziksel olarak inaktiftir (Organization, 2018). Pasif ulaşım

seçeneklerinin artması, fiziksel aktivitenin azalmasına neden olmuştur (Andersen ve ark., 2016).

2.1.1.3.2 Beslenme

Dışarıda yemek tüketiminin yaygınlaşması, porsiyon boyutlarının büyümesi, şekerli içeceklerin sık tüketilmesi ve hazır, yüksek kalorili atıştırmalıkların tercih edilmesi obezite oluşumunda kritik rol oynamaktadır (Mrdjenovic & Levitsky, 2003).

Porsiyon boyutları son on yılda büyük ölçüde artmıştır. Yüksek kalorili yiyecekleri sık sık atıştırmanın yanı sıra büyük porsiyonlarda tüketmek, aşırı kalori alımına yol açmaktadır. Bu enerji dengesizliği kilo alımına ve sonuç olarak obeziteye neden olabilmektedir (Anderson & Butcher, 2006).

2.1.1.3.3 İntrauterin ortam

Annelerdeki obezitenin, çocukluk çağında görülen obezite için en güçlü risk faktörü olduğu bilinmektedir (Tyrrell ve ark., 2017; Young ve ark., 2016). Southampton Üniversitesi'nde gerçekleştirilen prospektif bir çalışmada, annelerin vücut yağ oranı ile kız çocuklarının yağlanma düzeyleri arasında güçlü bir korelasyon bulunmuş; erkek çocuklarda ise bu ilişki gözlenmemiştir. Bu çalışmada babaların yağ oranı ile çocukları arasında böyle bir ilişki bulunmamıştır. Bu nedenle, anne ve ocuk arasındaki yağ kütlesi ilişkisinin daha güçlü olması, intrauterin ortamın yaşamın ilerleyen dönemlerinde obezite gelişiminde olası bir rolü olduğunu düşündürmektedir (Moon ve ark., 2023).

Anne karnındaki zengin ve sıcak ortam, erken gelişim sürecini büyük ölçüde etkiler. Yapılan 14 çalışmanın meta-analizi, hamilelik sırasında annenin sigara içmesinin

çocuklukta obezite riskini %50 arttırdığını ortaya koymuştur (Oken ve ark., 2008). Birçok araştırma, doğum ağırlığının ilerleyen yaşlardaki VKİ üzerinde doğrudan etkisi olduğunu göstermiştir (Gillman ve ark., 2003; Parsons ve ark., 1999; Rogers, 2003). Artık gebelikte kilo alımının ve gebelik diyabetinin çocuklarda obeziteye neden olduğu da bilinmektedir (Masood & Moorthy, 2023) .

2.1.1.3.4 Uyku düzeni

Glukoz metabolizması ile nöroendokrin fonksiyonlar uyku aracılığıyla kontrol edilir. Uyku süresinin kısalması glikoz intoleransını ve insülin direncini artırırken leptin seviyelerini azaltır, kortizol ve ghrelin düzeylerini ise yükselterek iştahın artmasına neden olur (Beccuti & Pannain, 2011). Bir çalışmada, uyku süresindeki farklılıkların FTO gen varyantlarının vücut kitle indeksi üzerindeki etkisini yeniden şekillendirerek obezite riskini artırdığı tespit edilmiştir (Young ve ark., 2016).

2.1.1.3.5 Sosyoekonomik durum

İngiltere'de 2021-22 Ulusal Çocuk Ölçüm Programına göre, yoksulluk ve obezite arasında güçlü bir bağlantı vardır. İlkokul çağındaki çocuklarda şiddetli obezite prevalansı yoksul bölgelerde neredeyse üç kat daha yüksektir. Daha büyük çocuklar için de benzer şekilde, yoksul bölgelerdeki 6. sınıf çocuklarının (10-12 yaş) %31,3'ü obezite ile yaşarken, bu oran daha az yoksul bölgelerde %13,5'tir (Programme, 2021/2022). Yetişkinlerde de obezite için sosyoekonomik durum önemli bir risk faktörüdür (Dinsa ve ark., 2012).

2.1.1.3.6 Psikososyal stres

ABD'nin Chicago kentindeki bir kasabada yaşayan 2.983 yetişkin üzerinde yapılan çalışmada, birden fazla stres faktörünün obezite riskini artırdığı saptanmıştır (Cuevas ve ark., 2019). Diğer yapılan araştırmalar, kronik psikososyal stresin, genetik yatkınlıkla etkileşime girerek vücut yağ oranını belirleyebileceğini ortaya koymuştur. Stres, glukokortikoid seviyelerinin sürekli yüksek kalmasına yol açarak abdominal obeziteye yol açar ve tatmin ya da duygusal amaçlı yeme davranışını tetikler (Masood & Moorthy, 2023).

2.1.2 Obezite ile İlişkili Hormonlar

2.1.2.1 Leptin

Leptin; besin alımı, vücut kütlesi ve üreme fonksiyonlarını düzenleyen, ayrıca fetal büyüme, proinflatuar bağışıklık yanıtları, anjiyogenez ve lipolizde önemli rol oynayan bir hormondur (De Vos ve ark., 1995; Farr ve ark., 2015; Saladin ve ark., 1995).

Yapılan araştırmalar, dolaşımdaki leptin seviyelerinin açlık (Boden ve ark., 1996) veya enerji kısıtlaması (Dubuc ve ark., 1998) dönemlerinde azalırken; yeniden beslenme (Kolaczynski, Considine, ve ark., 1996), aşırı beslenme (Kolaczynski, Ohannesian, ve ark., 1996) ve cerrahi stres (Hernandez ve ark., 2000) gibi durumlarda arttığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, vücut kütlesinin dengede tutulmasını sağlamak amacıyla leptin sinyal yollarını düzenleyen çeşitli mekanizmaların genel etkilerini göstermektedir. Örneğin, yağ dokusunun artışıyla birlikte leptin seviyeleri de orantılı bir şekilde yükselir. Beyindeki leptin reseptörlerine (LEP-R) bağlanan leptin, iştahı baskılayan ve termojenezi

hızlandıran sinyaller oluşturur (Papathanasiou ve ark., 2019; Park & Ahima, 2015). Ancak, enerji alımının uzun süre enerji harcamasını aşması durumunda vücut ağırlığında artış meydana gelir (Izquierdo ve ark., 2019; Papathanasiou ve ark., 2019; Park & Ahima, 2015).

Erken dönemde şiddetli obezite, leptin sinyalini etkileyen nadir genetik mutasyonlardan gelişmektedir (Farr ve ark., 2015; Yazdi ve ark., 2015). Bu tür mutasyonlar, sıklıkla leptin direncine ve yüksek ancak etkisiz leptin veya konjenital leptin eksikliğine yol açmaktadır (Dubern & Clement, 2012). Vücut kütleini azaltmaya karşı direnç ve hiperleptinemi, obezitenin en bilinen iki özelliğidir (Farr ve ark., 2015; Izquierdo ve ark., 2019; Liu ve ark., 2020). Leptin, obez bireylerin yağ dokusundaki gen seviyesinde aşırı ekspresyon gösterir (Lönnqvist ve ark., 1995). Vücut yağ yüzdesi ile plazma leptin seviyeleri arasında güçlü pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Considine ve ark., 1996; Hamilton ve ark., 1995).

2.1.3 Obezite Teşhisinde Kullanılan Tanı Yöntemleri

Vücuttaki yağ miktarını ölçmek için bir dizi farklı yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin tamamı, bireyin vücudundaki yağlı dokular ile yağsız dokuların miktarını nicel olarak ölçmeyi amaçlamaktadır (Alikışifoğlu & Yordam, 2000).

Vücuttaki yağ dokusu, direkt veya indirekt metodlar kullanılarak ölçülebilmektedir. Vücutta bulunan yağın direkt ölçümü, toplam vücut suyunun ölçümü, vücut dansitesinin (hidrodansitometri) hesaplanması, tomografi, vücut potasyumunun ölçümü, nötron aktivasyonu, dual enerji absorpsiyonunun ölçümü ve manyetik rezonans

(MR) gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Bu teknikler vücuttaki yağ miktarını doğru ve güvenilir bir şekilde ölçebilseler bile kullanım alanlarındaki sınırlamalar, farklı yöntemlerin tercih edilmesine neden olmaktadır. VKİ, cilt kıvrım kalınlığı ve boya göre ağırlık ölçümü gibi yöntemler ise indirekt olarak vücut yağını ölçen metodlardır (Alikashioglu & Yordam, 2000). Hidrodansitometri, erişkinlerde obezitenin teşhisinde altın standartken çocuklarda kullanılması önerilmemektedir (Goulding ve ark., 1996).

Vücut Kitle İndeksi, basit, ucuz ve güvenilir bir yöntem olması nedeniyle obezite tanısında en yaygın kullanılan yöntemdir. VKİ, vücut ağırlığının boy uzunluğunun karesine bölünmesiyle ($\text{Ağırlık(kg)} / \text{Boy(m}^2\text{)}$) hesaplanır. Diğer yöntemler daha doğru ve güvenilir sonuçlar sağlasa da VKİ'nin basit, ekonomik ve kolay uygulanabilir özellikleri, özellikle çocuklar arasında epidemiyolojik çalışmalar için tercih edilmesine olanak tanır (Pietrobelli ve ark., 1998). VKİ'ye dayalı sınıflamaya göre; çocukluk ve adölesan dönemde >85 ile <95 persentil aralığı fazla kilolu, 95. persentil ve üzeri ise obezite olarak kabul edilmektedir (Shields & Tremblay, 2010). Çocuk ve adölesanların persentile göre zayıf, normal kilolu, yüksek kilolu ve obez olarak sınıflandırıldığı değerler Tablo 2.1'de gösterilmiştir (Neyzi ve ark., 2008)

Tablo 2.1: 2-18 Yaş Arası Çocuklarda Obezite Sınıflaması

Vücut Kitle İndeks (VKİ) değeri	Tanımı
≤ 5 .persentil	Zayıf
5-85.persentil	Normal kilolu
85-95.persentil	Yüksek kilolu
≥ 95 .persentil	Obez

2.1.4 Prevalans

Dünyada çocukluk çağı obezitesi prevalansında lider olan dört ülke bulunmaktadır. Bu ülkeler: Yunanistan, ABD, İtalya ve Meksika'dır (Dávila-Torres ve ark., 2015). Aşırı kilolu ve obez çocuklar ile adölesanların çoğu, ekonomik olarak gelişmiş ülkelerde yaşamaktadır. Bu ülkeler arasında en yüksek orana sahip olan ülke, Amerika Birleşik Devletleri'dir. 1970 ve 2000 yılları arasında Amerikalı çocuklar ve adölesanlar arasında obezite oranı çarpıcı bir şekilde artmıştır (çocuklarda %6,5'ten %18,0'a ve adölesanlarda %5,4'ten %18,4'e) (Turer ve ark., 2013). Günümüzde Kuzey Amerika'daki çocukların %30'unun aşırı kilolu veya obez olduğu tahmin edilmektedir (Roberts ve ark., 2012).

İsveç, Norveç ve Danimarka gibi gelişmiş Kuzey Avrupa ülkelerinde yerli çocuklarda obezite oranı sabit kalırken; göçmen çocuklar arasında belirgin bir artış gözlenmiştir (De Wilde ve ark., 2014).

Orta ve düşük gelirli ülkelerde ise çocukluk çağı obezitesi hızla yaygınlaşmaktadır. Özellikle Çin'de, 1985'te erkek çocuklarda %0,16, kız çocuklarda %0,45 olan obezite prevalansı, 2014 yılında sırasıyla %6,58 ve %18,16'ya yükselmiştir (Zhang ve ark., 2016). Doğu Avrupa ülkeleri (Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Letonya, Litvanya, vb.), Rusya Federasyonu ve Türkiye'de obezite prevalansı erkeklerde %14,4-19,2 ve kızlarda %11,8-17,6 aralığındadır (Bodzsar & Zsakai, 2014).

2.2 D VİTAMİNİ

D vitamini endokrin, otokrin ve parakrin etkiye sahip steroidal bir prehormondur. Bu hormon vücuttaki fosfor ve kalsiyum seviyelerinin düzenlenmesinde ve kemik mineralizasyonunda önemli bir rol oynar. D vitamininin, D3 vitamini (kolekalsiferol) ve D2 vitamini (ergokalsiferol) olmak üzere aktif iki formu vardır. D3 vitamini, derideki 7-dehidrokolesterolün ultraviyole ışınlarıyla reaksiyona girmesi sonucu sentezlenirken; diyetle alınan D2 ve D3 formları da emilip dolaşıma katılmaktadır (Goltzman, 2018). Karaciğerde önce 25-hidroksivitamin D'ye [25(OH)D] formuna dönüştürülen D vitamini, böbreklerde 1α -hidroksilaz aracılığıyla biyolojik olarak aktif 1,25-dihidroksivitamin D [1,25(OH)₂D] halini alır. D vitamini, kardiyovasküler fonksiyon, bağışıklık, kalsiyum metabolizması, hücresel büyüme ve farklılaşma gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde rol oynar (Amano ve ark., 2009).

D vitamini; böbrek, kemik, paratiroid bezi ve bağırsak arasındaki etkileşimlerin önemli bir bileşeni olarak iskelet ve kan mineral dengesini düzenlemeye yardımcı olur. Ayrıca, hücre dışı kalsiyum seviyelerini düzenleyerek iskelet bütünlüğünün korunmasında da rol oynar. D vitamini, ince bağırsakta kalsiyum ve fosfat emilimini artırarak kemik mineralizasyonu için optimal koşulların oluşmasına yardımcı olduğu için iskelet sisteminin gelişimi ve devamlılığı için önemlidir (Dusso ve ark., 2005). Kalsiyum, D vitamini eksikliğinde %10–15 oranında emilirken; yeterli D vitamini varlığında ise emilim oranı %30–80'e yükselmektedir (Vieth, 1999).

25(OH)D seviyesinin düşük olması; artmış paratiroid hormon (PTH) sekresyonu, artmış kemik rezorpsiyonu, osteoporoz, osteomalazi ve kalça veya diğer kemiklerde kırık

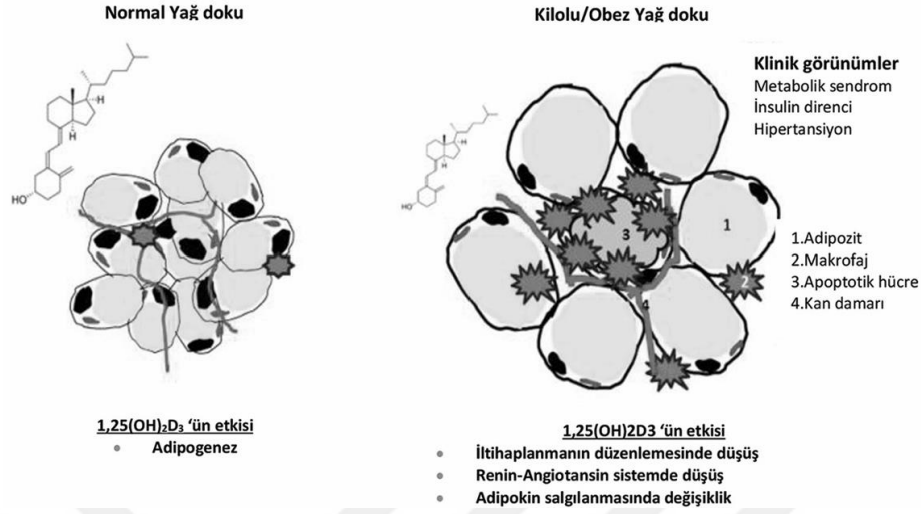
riskinde artış gibi durumlara yol açabilmektedir (Boucher, 1998; McGrath ve ark., 2001). D vitamini, glukoz homeostazının düzenlenmesi, sekresyon mekanizmaları, obezite ve insülin ile ilişkili inflamasyon üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, enzimatik süreçler yoluyla biyolojik olarak aktif metabolitlere dönüşerek genomik ve non-genomik etkiler yoluyla çeşitli organ ve dokuları etkilemektedir (Hyppönen & Power, 2006).

2.2.1 D Vitamini ve Obezite

Obezitede D vitamini sistemik inflamasyonu, dokuların insüline duyarlılığını ve insülin sekresyonunu etkiler. D vitamininin parakrin ve doğrudan etkileri, lokal 1,25(OH)₂D sentezine, CYP27B1 ekspresyonuna ve pankreatik beta hücrelerde VDR (Vitamin D reseptörü) aktivasyonuna yol açar (Maestro ve ark., 2003; Zeitz ve ark., 2003).

Doku insülin duyarlılığı ve insülin sekresyonu, Ca²⁺-bağımlı mekanizmalardır ve D vitamini, hücre içi Ca²⁺ konsantrasyonlarını ve membranlardan geçişini düzenler. Ayrıca, D vitamini, sitokinlerin ekspresyonunu, aktivitesini modüle eder ve periferik hücrelerdeki insülin reseptörlerinin ekspresyonunu artırarak sistemik immün yanıtı karşı koyar (Maestro ve ark., 2003; Wright ve ark., 2004).

D vitamini, sağlıklı yağ dokusunda adipogenezi düzenlerken, fazla kilolu veya obez bireylerde yağ dokusu üzerinden obezitenin kontrolünde rol oynar. Aynı zamanda renin-angiotensin sisteminde azalma ve adipokin salgısındaki değişiklikler, hipertansiyon, metabolik sendrom ve insülin direnci gibi klinik tabloların ortaya çıkmasına neden olur (Şekil 2.1) (Ding ve ark., 2012).



Şekil 2.1: Normal ve Obez Yağ Doku Üzerine 1.25(OH)₂D'nin Etkisi.
(Ding ve ark., 2012)

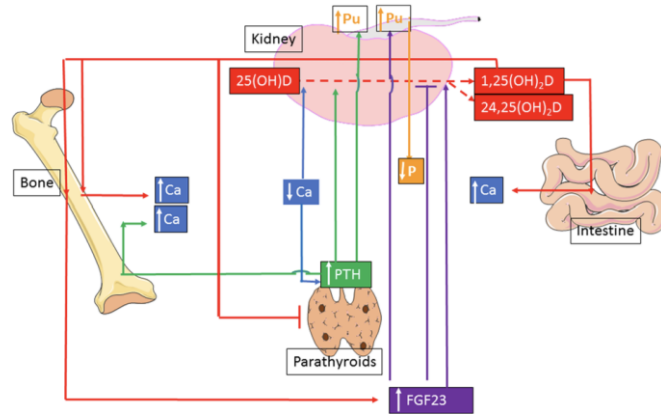
Literatürdeki birçok çalışma, obezitede 1.25(OH)₂D konsantrasyonlarının azalabileceğini göstermiştir. Obezitenin göstergelerinden biri olan VKİ'deki bir birimlik artış, D vitaminin kan düzeyinde yüzde 1,15 azalmasına neden olur (Vimaleswaran ve ark., 2013). 58 obez adolesan üzerinde yapılan bir çalışmada, yağ ağırlığında %1'lik bir artışın, serum 1.25(OH)₂D düzeyinde 1.15 ± 0.55 nmol/L'lik bir azalmayla ilişkili olduğu gösterilmiştir (Lenders ve ark., 2009).

Obez bireylerde 1.25(OH)₂D seviyelerinin neden düşük olduğuna dair bir fikir birliği bulunmamaktadır. En yaygın görüş, yağ dokusunun yağda çözünen D vitaminini emdiği yönündedir (Wortsman ve ark., 2000). Mevcut çalışmalar, serum 25(OH)D konsantrasyonlarının VKİ ile zayıf, yağ hacmi ile güçlü ters bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymaktadır (Vimaleswaran ve ark., 2013). Diğer bir hipotez ise obez bireylerin daha az fiziksel olarak aktif bir yaşam sürdürdüğünü, güneş ışığına daha az maruz kaldığını ve bu nedenle endojen D vitamini sentezinin azaldığını öne sürmektedir (Florez ve ark., 2007).

2.2.2 D Vitamininin Mineral Homeostazındaki Rolü

D vitamininin postnatal dönemdeki temel işlevlerinden biri, kalsiyum homeostazını sağlamak için bağırsaktan kalsiyum emilimini artırmaktır. Bu, özellikle hipokalsemi durumlarında kritik öneme sahiptir. Bağırsaktan emilen ve böbrekten yeniden emilen kalsiyum miktarındaki artış, iskelet mineralizasyonunu desteklerken, paratiroid bezindeki kalsiyum algılayıcı reseptörleri aktive etmekte ve hipokalsemi durumunda yükselen PTH salınımını baskılayabilmektedir. Hipokalsemi durumunda artan PTH, renal 1(OH)az enziminin aktivitesini artırarak 1,25(OH)₂D düzeylerini yükseltirken; 1,25(OH)₂D'nin ekstrasellüler kalsiyum düzeylerini artırması sonucunda PTH seviyelerindeki azalma, 1,25(OH)₂D seviyelerinin düşmesine yol açar ve yeni bir denge sağlanır (Şekil 2.2) (Goltzman, 2018).

1,25(OH)₂D'nin bağırsakta aktif fosfat emilimini artırabileceği öne sürülse de, bu durum net olarak açıklanamamıştır. Böbrekte ise, yüksek PTH seviyeleri, proksimal tübüllerde lizozomal yıkımı ve sodyum-fosfat kotransportörleri NPT2a ve NPT2c'nin internalizasyonunu tetikleyerek fosfat reabsorpsiyonunu azaltmaktadır (Bacic ve ark., 2006). Bu bağlamda, yükselen 1,25(OH)₂D düzeyleri, dolaşımdaki PTH konsantrasyonlarını düşürerek dolaylı olarak böbrekte fosfat reabsorpsiyonunu artırmaktadır. Bununla birlikte, 1,25(OH)₂D, kemikteki osteositlerden fibroblast büyüme faktörü FGF23 salınımına yardımcı olmaktadır (Nguyen-Yamamoto ve ark., 2017).



Şekil 2.2: Serum Kalsiyum (Ca) Ve Fosfor (P) Düzeylerinin Hormonal Düzenlenmesi. (Goltzman, 2018)

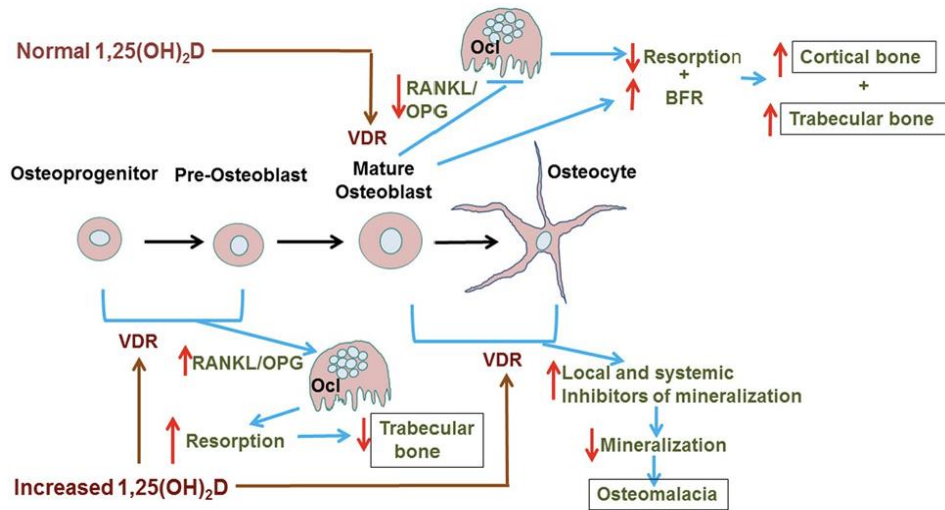
2.2.3 D Vitamininin Kemik Dokudaki Fonksiyonları

Kemik, yaşam boyunca sürekli yenilenme veya yeniden şekillenme sürecinden geçer. Kemik yapımından sorumlu osteoblast hücreleri yeni kemik doku oluştururken, kemik yıkımından sorumlu osteoklast hücreleri mevcut kemik dokuyu parçalar. Bu süreçler genellikle birbirine bağlıdır ancak her zaman dengeli olmayabilir (Goltzman, 2018).

Gardiner ve arkadaşlarının geç osteoblast/erken osteositlerde VDR ekspresyonunu arttırdıkları transgenik fare modelinde, $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ 'nin kemikte doğrudan anabolik etkisi olduğu doğrulanmıştır (Gardiner ve ark., 2000). Bu farelerde kemik rezorpsiyonunda azalma, kortikal kemik hacminde ve periosteal kemik oluşumunda artış gözlenmiştir. Trabeküler kemikte de artış görülmüştür (Triliana ve ark., 2016). Daha olgun osteoblastlarda VDR aktivitesinin hem anti-katabolik hem de anabolik olduğu görülmektedir. VDR'nin kemik rezorpsiyonunu azaltıcı etkisi, osteoklast stimülatör sitokin olan RANKL'nin, inhibitör doğal tuzak reseptörü osteoprotegerine (OPG) göre oranını düşürmesiyle gerçekleşmektedir. Osteoblastlarda Wnt sinyal yolunun

ko-reseptörü LRP5'in ekspresyonunun artması, anabolik etkiyle bağlantılı bulunmuştur (Fretz ve ark., 2006). Sonuç olarak, $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ /VDR sistemi, geç osteosit ve osteoblast hücreleri üzerindeki etkileriyle kemik oluşumunu artırabilmektedir.

$1,25(\text{OH})_2\text{D}$, in vitro ortamda güçlü bir osteoklastogenez uyarıcısıdır. Yüksek dozlarda $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ uygulanması, osteoblastlardaki VDR'ye bağlanarak RANKL'nin ekspresyonunu ve salınımını artırabilir (Kim ve ark., 2006; Kitazawa ve ark., 2008). Bu durum, RANKL/OPG oranını yükselterek osteoklast oluşumunu ve aktivitesini artırmaktadır (Boyle ve ark., 2003). RANKL, osteoklastlarda bulunan özgül reseptörü RANK'e bağlanarak osteoklastogenez sürecini hızlandırır. Hipokalsemi durumunda artan endojen $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ de kalsiyum seviyelerini düzenlemek için osteoklast yapımını artırabilmektedir (Lieben ve ark., 2012). $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ 'nin rezorptif etkisi, iskelet mimarisini etkileyen en temel mekanizmadır (Şekil 2.3) (Goltzman, 2018).



Şekil 2.3: $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ /VDR'nin Kemik Üzerindeki Doğrudan Etkilerinin Şeması (Goltzman, 2018).

Normal düzeylerdeki $1,25(\text{OH})_2\text{D}$, olgun osteoblastlardaki VDR (D vitamini reseptörü) aracılığıyla RANKL/OPG oranını azaltarak osteoklastik kemik rezorpsiyonunu düşürür. Aynı zamanda, yine olgun osteoblastlardaki VDR üzerinden etkisini göstererek kemik oluşum hızını (BFR) artırır. Bu etkilerin toplamında kortikal ve trabeküler kemik miktarında artış sağlanır. Öte yandan, daha az olgun osteoblastlardaki VDR aracılığıyla etki eden yüksek düzeyde $1,25(\text{OH})_2\text{D}$, RANKL/OPG oranını artırarak

osteoklastik kemik rezorpsiyonunu uyarabilir ve trabeküler kemik miktarını azaltabilir. Yüksek düzeydeki 1,25(OH)₂D'nin olgun osteoblastlar ve osteositler üzerindeki etkisi ise, lokal ve sistemik düzeyde kemik mineralizasyonunun inhibitörlerini artırarak kemik mineralizasyonunun azalmasına ve sonuç olarak osteomalaziye yol açabilir.

2.3 KEMİK DOKU

Kemik; mekanik, koruyucu ve homeostatik işlevlere hizmet eden organik bir matris (esas olarak kolajen) ve inorganik minerallerden (esas olarak hidroksiapatit) oluşan karmaşık, canlı bir dokudur (Buckwalter & Cooper, 1987; Weiner & Wagner, 1998).

Vücudu koruyan, destekleyen ve hareketini sağlayan iskelet sisteminin temel bileşenlerinden biri olan kemik, birçok önemli işlevi yerine getirir. Kemik, sert ve dayanıklı yapısı sayesinde vücuda yapısal destek sağlar, organları korur ve kaslarla birlikte hareket etmeyi mümkün kılar. Ayrıca, kemik iliği içinde bulunan kök hücreler, kan hücrelerinin üretimini sağlayarak vücudun hayati fonksiyonları için gerekli olan kan hücrelerinin üretimini gerçekleştirir (Barrère ve ark., 2006).

2.3.1 Kemik Dokunun Yapısı

Kemik, %67 inorganik ve %33 organik maddelerden oluşan bir bileşimle, vücudun dayanıklılık ve esneklik ihtiyacını karşılamaktadır. İnorganik kısmın büyük bir bölümü hidroksiapatit kristalleri tarafından oluşturulur. Bu kristaller, fosfat, kalsiyum, sitrat ve magnezyum gibi mineralleri içerir ve kemiğin sertliğine katkı sağlar. Organik yapı ise %90 kollajen liflerinden ve %10 proteinlerden oluşur. Kollajen liflerin esnekliği, hidroksiapatit kristalleri ile birleşerek kemik dokusunun hem dayanıklılık hem de esneklik özelliklerini uyumlu bir şekilde destekler (Bouxsein, 2005).

Kemik doku, kortikal (kompakt) ve trabeküler (spongiyöz) olmak üzere iki temel tabakadan meydana gelmektedir (Bloom, 1975). Kortikal kemik, yoğun ve sert bir yapıya sahiptir; yüksek yük taşıma kapasitesi ile dikkat çeker ancak elastikiyet yeteneği daha sınırlıdır. Trabeküler kemik ise daha gözenekli bir yapıda olup, metabolik aktivitesi daha yüksektir. Bu farklı tabakalar, kemiğin çeşitli mekanik yüklenmelere karşı uyum sağlamasını mümkün kılar. Örneğin, kortikal kemik daha az poroziteye sahipken, trabeküler kemikte düzensiz trabeküler yapı ve bu yapıların arasında kemik iliği bulunmaktadır (Renders ve ark., 2007).

Kemik mineral yoğunluğundaki değişimler, özellikle trabeküler kemikte, kemiğin dayanıklılık ve sertlik özelliklerini doğrudan etkileyebilmektedir. Araştırmalara göre, trabeküler kemikteki mineral yoğunluğunda %25'lik bir azalma, bu yapının sertliğinde ve gücünde %44 oranında bir düşüşe yol açabilmektedir. Bu özellikler, kemiklerin dinamik bir doku olarak sürekli yenilenme ve yeniden şekillenme süreçleriyle, organizmanın değişen ihtiyaçlarına adapte olmasını sağlamaktadır (Bouxsein, 2005).

2.3.2 Kemik Dokuda Remodelasyon

Kemiğin remodelasyonu, yaşam boyu devam eden, eski kemik dokusunun uzaklaştırılması ve yerine yeni kemik dokusunun üretilmesiyle karakterize edilen dinamik bir süreçtir (Hill, 1998; Mosekilde & Thomsen, 2020). Bu mekanizma, iskelet sisteminin mekanik streslere uyum sağlamasında, mikro düzeydeki hasarların onarılmasında ve kalsiyum homeostazının sürdürülmesinde temel bir rol oynar (Hadjidakis & Androulakis, 2006).

Kemiğin remodelasyon döngüsü, rezorpsiyon, reversal ve formasyon olmak üzere üç ana evreden oluşur. Bu döngü, belirli anatomik bölgelerde gerçekleşmektedir. Rezorpsiyon evresinde, osteoklastlar kemik matrisini yıkarak kalsiyum gibi mineralleri serbest bırakır. Reversal fazında, osteoblastların aktivitesini başlatmak için yüzey uygun hale getirilir. Son evre olan formasyon aşamasında ise osteoblastlar yeni kemik dokusunu sentezler ve mineralizasyon işlemini tamamlar (Mosekilde & Thomsen, 2020).

Kemiğin remodelasyon süreci, hem sistemik hem de lokal faktörlerin etkisiyle düzenlenir. Sistemik düzeyde PTH, kalsitonin ve cinsiyet hormonları gibi çeşitli hormonlar, osteoblast ve osteoklast aktivitesini doğrudan etkiler. Lokal düzeyde ise sitokinler ve büyüme faktörleri, özellikle TGF- β (transforming growth factor-beta) ve BMP'ler (bone morphogenetic proteins), yenilenme sürecindeki hücrelerel etkileşimleri koordine eder (Hadjidakis & Androulakis, 2006). Bu kompleks süreç, yalnızca iskelet sisteminin yapısal bütünlüğünü korumak ve onarmak için değil, aynı zamanda vücudun mineral dengesini korumak ve fizyolojik uyumu sürdürmek açısından da hayati öneme sahiptir.

2.4 KEMİK KALİTESİ VE MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.4.1 Kemik Mineral Yoğunluğu

Kemiklerdeki inorganik mineral içeriğinin bir göstergesi olan KMY, kemik kalitesinin önemli bir ölçüsüdür. Kemik kırılmağını, dayanıklılığını ve hastalık riskini değerlendirmede temel bir araçtır. Yaş, cinsiyet, genetik, yaşam tarzı ve tıbbi durumlar dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Kranioti ve ark., 2019).

KMY, osteoporoz gibi metabolik kemik hastalıklarının teşhisinde ve tedavisinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle menopoz sonrası dönemde östrojen seviyesinin azalması, kadınlarda hızlı kemik kaybına ve KMY’de belirgin bir düşüşe neden olmaktadır. Erkeklerde ise bu süreç daha yavaş gerçekleşir. Ayrıca, kalsiyum ve D vitamini eksikliği, sedanter yaşam tarzı ve sigara gibi faktörler de KMY’yi olumsuz etkileyebilmektedir (Hadjidakis & Androulakis, 2006). KMY Z-skorunun -2,0 ve -2,0’ın altında olduğu durumlar, düşük kemik mineral yoğunluğu veya kütlesi olarak tanımlanmaktadır (Sindel & Gula, 2015). Kullanılan yöntemden bağımsız olarak, düşük KMY artan kırık riski ile ilişkilidir (Cosman ve ark., 2014).

2.4.2 Kemik Mineral Yoğunluğu Ölçüm Teknikleri

Kemiğin radyolojik olarak değerlendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Jett ve ark., 2004). Bu yöntemler:

1. Dual Enerji X-Işını Absorpsiyometrisi (DXA): Osteoporoz teşhisinde en sık kullanılan ve altın standart olarak kabul edilen bir yöntemdir (Genant ve ark., 2008). Bu yöntem, düşük radyasyon dozuyla hassas ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Buna ek olarak, DXA’nın en önemli dezavantajı kortikal ve trabeküler kemik arasında ayırım yapamaması ve yanlış pozitif sonuçlar ortaya çıkarabilmesidir (Choël ve ark., 2003).
2. Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (KBT): Kemik yoğunluğunun üç boyutlu (3D) olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Bouxsein, 2003). KBT’nin en belirgin özelliği, kortikal ve süngerimsi kemik mineral yoğunluklarını ayrı ayrı değerlendirme imkanı sunmasıdır. Trabeküler kemiği ölçebilmesi sayesinde

iskelet yoğunluğundaki değişiklikleri belirlemede yüksek bir hassasiyete sahiptir (Celenk & Celenk, 2012) .

3. Ultrasonografi (USG): Kemik yoğunluğunu değerlendirmek için kullanılan ve radyasyon içermeyen bir tekniktir (Morita ve ark., 1997).
4. Kantitatif Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR): Yumuşak doku ve kemiğin yapısını detaylı bir şekilde değerlendirmek için kullanılan radyasyon içermeyen bir yöntemdir (Wehrli, 2007).
5. Kantitatif Ultrasonografi (KUS): Kemiğin kalitesini ve yoğunluğunu ses dalgalarını kullanarak ölçmektedir (Glüer & Group, 1997).
6. Foton Absorpsiyometri Yöntemleri (Wahner & Fogelman, 1994):
 - *Tek Foton Absorpsiyometrisi (TFA)*
 - *Çift Foton Absorpsiyometrisi (CFA)*
 - *Fotodensitometri (Radyografik Absorpsiyometri):* Kemik mineral yoğunluğunu röntgen görüntüleri üzerinden değerlendiren bir yöntemdir.

2.4.3 Diş Hekimliğinde Kemik Kalite ve Miktar Belirleme Teknikleri

Kemik miktarını ve kalitesini belirlemek için noninvaziv yöntemlerin klinik kullanımı önemli bir konudur (Kanis ve ark., 2005). Kemiğin mekanik yetkinliğini; kemiğin yapısal, materyal özellikleri (mineral yoğunluğu, dansitometrik ölçüm veya elastisite modülü) ve kemik kitlesi oluşturmaktadır (Fanuscü & Chang, 2004). Kemiğin mekanik özelliği; kemik dayanıklılığının korunmasında, osseointegrasyonun sağlanması ve sürdürülmesinde kritik bir faktördür (Lekholm, 1985; Misch, 1993; Moisiö ve ark., 2003).

Diş hekimliğinde ileri görüntüleme yöntemlerinden morfometrik yöntemlere kadar uzanan yaklaşımlar üzerine araştırmalar devam etmektedir. Günlük klinik uygulamada kullanılabilecek pratik bir yöntem bulma çalışmaları sürmektedir. Böyle bir yöntem, implant ve periodontal uygulamalar öncesinde kemik kalitesinin doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyarak tedavi başarısını etkileyebilir. Ayrıca, daha pratik ve ekonomik bir yöntem, mandibula üzerinden osteoporoz gibi hastalıkların, kırıklar oluşmadan önce tespit edilmesini de mümkün kılabilir (Yeler, 2016).

Çene kemiklerinin radyolojik değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler (Yalçın Yeler ve ark., 2016);

- Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (KBT)
- Mikro Bilgisayarlı Tomografi (mikro-BT)
- Dansitometrik Analiz (DA)
- Dual Enerjili X-Işını Absorbsiyometri (DXA)
- Kantitatif Ultrasonografi (KUS)
- Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)
- Mikro Bilgisayarlı Tomografi (mikro-BT)
- Mandibular İndeksler
- Bilgisayarlı Tomografi (BT)
- Fraktal Boyut Analizi
- Yüksek Çözünürlüklü-MR

2.4.3.1 Mandibular indeksler

Uygulama kolaylıkları sebebiyle mandibular indeksler en sık kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Bu indeksler doğrudan kemik yoğunluğunu ölçmek

için kullanılmaz. Mandibular indeksler, mandibulanın belirli bölgelerindeki mandibular kortikal kemiklerin kalınlığını ölçmeye ve değerlendirmeye yardımcı olur. Panoramik radyografilerdeki önemli anatomik yapılar arasındaki mesafeler, bu niteliksel ve niceliksel indekslerin temelini oluşturur. Bu ölçüm yöntemleri, kemik yapısının kantitatif ve niteliksel değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Mandibular indeksler; mandibular kortikal indeks, panoramik mandibular indeks, gonial indeks, mental indeks ve antegonial indeks olmak üzere toplamda beş farklı ölçüm sistemi üzerine yapılandırılmıştır (Akshita & Asha, 2017).

2.4.3.1.1 Mandibular kortikal indeks (MKİ)

Klemetti ve arkadaşları tarafından tanımlanan bu indekste, mental foramenin distalindeki kortikal kemik radyografik olarak bilateral değerlendirilir ve morfolojik özelliklerine göre üç ayrı kategoriye ayrılır (Klemetti ve ark., 1994)(Şekil 2.4):

Tip 1: Korteksin endosteal kenarı hem sağ hem de sol tarafta net ve pürüzsüzdür.

Tip 2: Kortikal kemiğin sınırlarında bir ya da her iki tarafta da 1-3 katmana kadar tabakalaşma veya yarım ay defektleri vardır.

Tip 3: Endosteal kenar belirgin şekilde porozdur ve yoğun kortikal kalıntılar içerir.



Şekil 2.4: Mandibular Kortikal İndeks Sınıflandırmasının Radyografik Gösterimi a)tip1, b)tip2 ve c)tip3
(Altunok Ünlü ve ark., 2023)

2.4.3.1.2 *Mental indeks (Mİ)/Mandibular kortikal kalınlık (MKK)*

Mental İndeks, mental foramen bölgesindeki kortikal kemiğin kalınlığıdır (Ledgerton ve ark., 1999) (Şekil 2.5). Bu indeks, Ledgerton ve arkadaşları tarafından tanımlanan teknikle ölçülmektedir. Bu teknikte, mandibulanın alt kenarına teğet bir çizgiye dik olan ve mental foramenin merkezinden geçen bir çizgi çizilir. İlgili bölgede sol ve sağ mandibulanın kortikal kalınlığı ölçülür. Çünkü mandibulanın farklı tarafları farklı oklüzal kuvvetlerden etkilenebilir ve bu durum topografik anatomiye asimetrilere yol açabilmektedir (Govindraju ve ark., 2015) .

2.3.3.1.3. *Panoramik mandibular indeks*

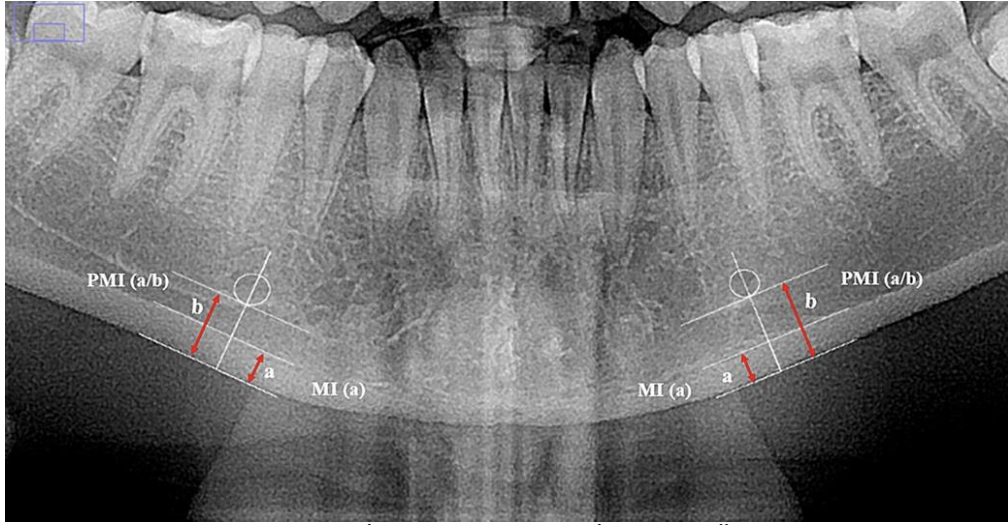
Benson ve ark. tarafından tanıtılan PMİ, mandibular kortikal kalınlığın, mandibulanın alt sınırı ile mental foramen arasındaki mesafeye oranlanmasıyla elde edilmektedir (Benson ve ark., 1991) (Şekil 2.5).

2.3.3.1.3.1 *PMİ superior (PMİS)*

Mental indeksin, mental foramenin superior kortikal sınırının, mandibula alt kenarından teğet geçen çizgiye olan uzaklığına oranıdır.

2.3.3.1.3.2. *PMİ inferior (PMİİ)*

Mental indeksin, mental foramenin inferior sınırının, mandibula alt kenarından teğet geçen çizgiye olan uzaklığına oranıdır.



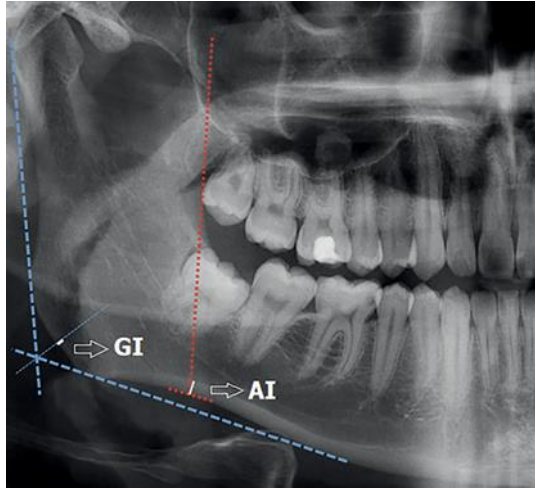
Şekil 2.5: Panoramik Mandibular İndeks ve Mental İndeksin Ölçümü
(Altunok Ünlü ve ark., 2023)

2.3.3.1.4 Gonial indeks ($Gİ$)

$Gİ$, gonial açıdaki inferior mandibula kortikal sınırının genişliğidir. Gonial açı, ramusun posterior sınırına ve mandibulanın inferior sınırına teğet geçen çizgilerin açısı olarak tanımlanmaktadır (Dutra ve ark., 2005) (Şekil 2.6).

2.3.3.1.5 Antegonial indeks ($Aİ$)

$Aİ$, yükselen ramusun anterior sınırından mandibulanın inferior sınırına teğet olarak uzanan düz çizginin sınırladığı alanda ölçülen mandibular kortikal kalınlığın ölçümüdür (Ledgerton ve ark., 1997) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Antegonial İndeks (AI) ve Gonial İndeks (GI) Ölçümünü Gösteren Panoramik Radyografi.
(Günen-Yılmaz & Aytekin, 2023)

2.3.3.2 Fraktal analiz

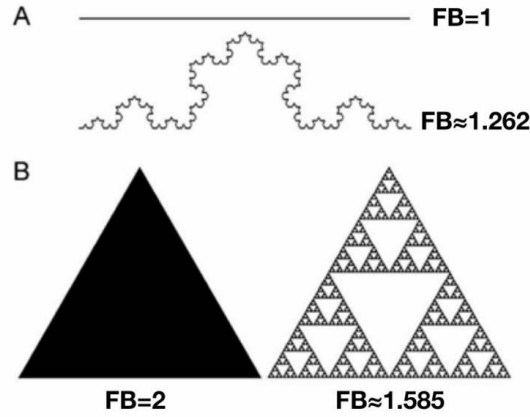
Latince “fractus” (kırmak, parçalamak) kelimesinden gelen “fraktal” terimi; benzersiz, doğrusal olmayan ve yapısal olarak farklı şekillerin boyutlarını değerlendirmek ve ölçmek için kullanılan fraktal analizin temel kavramını oluşturmaktadır (Lopes & Betrouni, 2009).

Fraktal analiz, daha büyük bir yapı içindeki daha küçük yapısal birimleri değerlendirmek ve özelliklerinin anlaşılmasını sağlamak için istatistiksel fiziğin ölçeklendirme yöntemine dayanmaktadır. Ölçekler değiştikçe sistemlerin değiştiği, ancak analiz sisteminin işlevselliğini gösteren çok benzer özellikler sergiledikleri vurgulanmaktadır. Fraktal geometride, nesnenin her küçük birimi değişen ölçeklerde ana yapıya benzer örüntüler sergilemektedir (Mandelbrot, 1982). Bu, doğrusal olmayan şekillerin ve karmaşık yapıların fraktal analiz yoluyla nicel olarak değerlendirilmesine ve fraktal boyut olarak sayısal değerler elde edilmesine olanak tanır. Fraktal boyutun sayısal değeri ister yüksek ister düşük olsun, incelenen nesne veya şeklin karmaşıklığı hakkında

fikir verir. Yüksek fraktal boyuta sahip yapılar, daha karmaşık bir iç düzeni yansıtırken; düşük fraktal boyut değerine sahip yapılar ise daha basit bir iç düzeni temsil etmektedir (Demirbaş ve ark., 2008; Mandelbrot, 1982). Matematiksel bir yöntem olarak ortaya çıkmasına rağmen, fraktal analizden dış hekimliğinin yanı sıra fizyoloji, jeoloji, biyoloji, meteoroloji de dahil olmak üzere çeşitli alanlarda faydalanılmaktadır (Sánchez & Uzcátegui, 2011).

Fraktallar 'kendine benzerlik' kuralını sergilemekte ve gerçek anlamda ölçülememektedir. Fraktalın tam olarak ölçülememesinin sebebi sonsuza kadar kendini tekrarlamasıdır. Mandelbrot'a göre ölçümlerin istikrarı, kullanılan aracın duyarlılığına göre değişmektedir. Örneğin bir metrelik cetvelle yapılan ölçümlerde hata payı bir metrenin altında kalırken; daha yüksek duyarlılığa sahip bir alet kullanıldığında hata payı, cihazın algılayamadığı uzunluklarda ölçülecektir. Gerçek uzunluğun tespiti, ancak ölçüm aracının atomik düzeyde hassasiyete sahip olmasıyla mümkündür ki bu durum pratikte imkansızdır (Mandelbrot, 1982).

Fraktal boyut, rasyonel bir sayı değeri ile ifade edilmektedir. Geometride nokta 0, doğru 1, kare 2 ve küp 3 boyutlu kabul edilirken, fraktal boyut nesnenin kendini tekrarlayan düzensizlikleri ve girinti-çıkıntılı yapısı göz önünde bulundurularak hesaplanır. Bu yaklaşımda, yalnızca düzlem yüzey üzerinde dağılan fraktallerin boyutu 1 ile 2 arasında kalırken; 3D ortamda girintiler ve çıkıntılarla zenginleşmiş yapılar 2 ile 3 arasında değer alır (Şekil 2.7) (Sánchez & Uzcátegui, 2011).



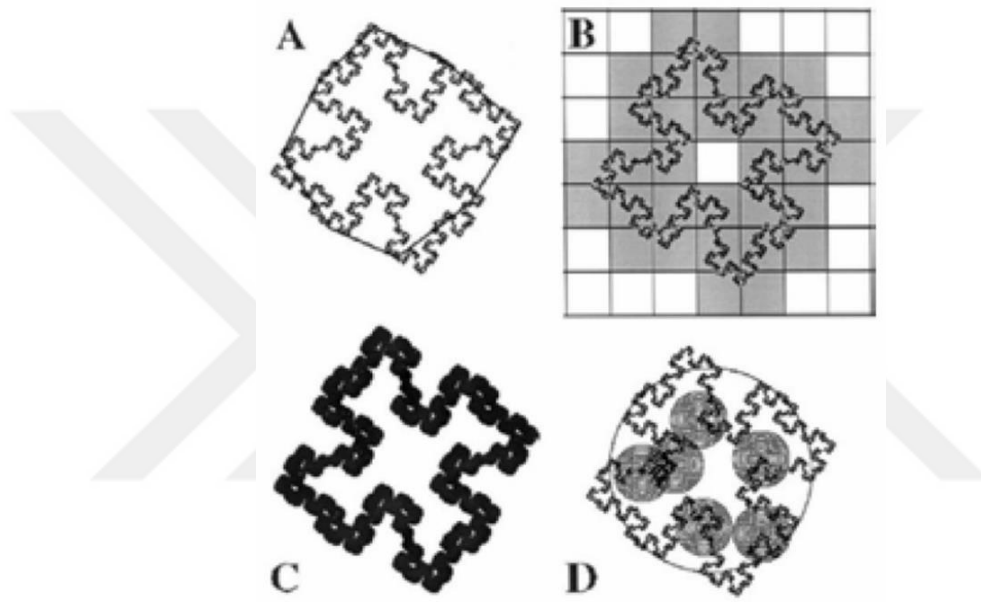
Şekil 2.7: Fraktal Boyut, Ölçülen Şeklin/Nesnenin Karmaşıklık Seviyesini Belirler. Bu Şekilde, Sıradan Şekiller Fraktal Formlarla Karşılaştırılabilir. (A) Düz Bir Çizgi ve Von Koch Eğrisi, (B) Bir Üçgen ve Sierpinski Üçgeni. (Sánchez & Uzcátegui, 2011)

Matematiksel fraktallar öz benzerlik bakımından değerlendirildiğinde izotropik olarak kabul edilmektedir. Çünkü değişen ölçek ve yönler e rağmen örüntüsel benzerliklerini korurlar. Doğal ve biyolojik fraktallar ise değerlendirme özelliklerine göre kendi içlerinde farklılıklar taşımakta ve bu sebeple anizotropik fraktallar olarak adlandırılmaktadır. Akciğerdeki pulmoner dallanma ve kemikteki trabeküler yapı anizotropik biyolojik fraktallara örnektir. Bu yapılar, değerlendirme özelliklerine göre her zaman aynı sonuçları vermezler (Demirbaş ve ark., 2008; Sánchez & Uzcátegui, 2011)

2.3.3.2.1 Fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan yöntemler

Fraktal boyutun hesaplanmasına genellikle her adımda elde edilen değerlerin logaritmik ölçekli grafiğinin çizilmesiyle başlanır. Grafik üzerinde elde edilen doğrunun eğimi, fraktal boyutu temsil eder (Lopes & Betrouni, 2009; Sánchez & Uzcátegui, 2011; Smith Jr ve ark., 1996). Fraktal boyut hesaplama yöntemleri genel olarak iki ana gruba ayrılır: 3D düzlemde hacim ölçümüne dayalı yöntemler ve doğrusal düzlemde mesafe ölçümüne dayalı yöntemler (Smith Jr ve ark., 1996). Mesafe tabanlı fraktal boyut

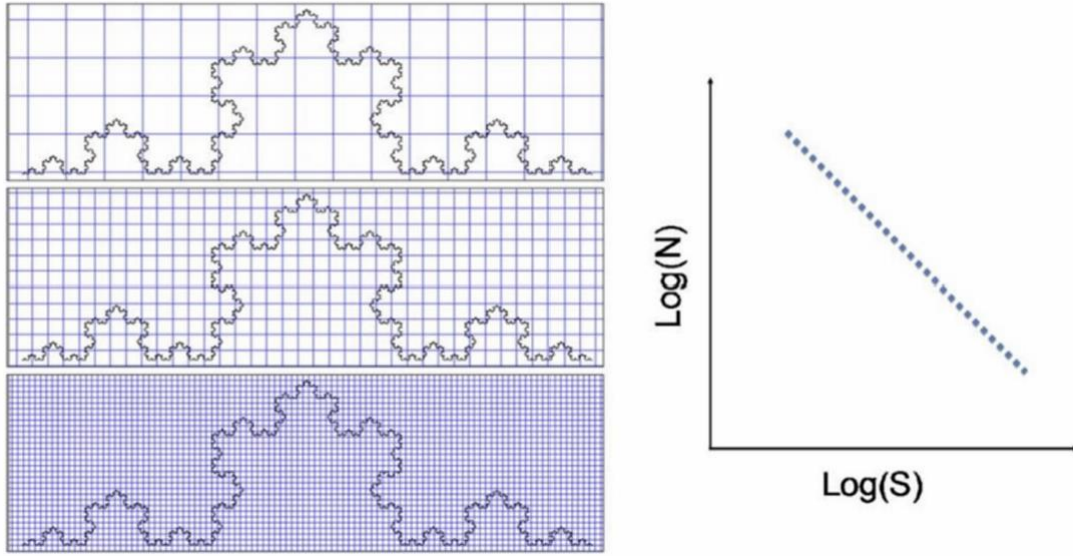
hesaplama yöntemleri arasında kutu sayma, piksel genişletme yöntemi ve Richardson yöntemi bulunmaktadır (Şekil 2.8) (Flook, 1978; Smith Jr ve ark., 1996). Richardson yönteminde fraktal yapının çevresi farklı uzunluklardaki cetvellerle ölçülür. Cetvellerle ölçülen çevre logaritmik ölçekte elde edilir ve grafikteki noktaların birleştirilmesiyle elde edilen doğruya ait eğim kullanılarak fraktal boyut hesaplanır (Smith Jr ve ark., 1996).



Şekil 2.8: FB Hesabında Kullanılan Yöntemler. (A) Richardson yöntemi. (B) Kutu sayma yöntemi. (C) Dilatasyon (piksel genişletme) yöntemi. (D) Hacim ölçümüne dayalı fraktal boyut belirleme. (Smith Jr ve ark., 1996)

Trabeküler kemik mimarisi ve kemik iliği boşluklarının değerlendirilmesini sağlayan kutu sayma yöntemi, fraktal analiz yöntemleri arasında en çok tercih edilen yöntemdir. Bu teknikte, fraktal boyutu hesaplamak için amaçlanan trabeküler kemik yapısı üzerine kutular içeren bir ölçek yerleştirilir. Ölçekteki kutuların boyutları 2 ila 64 piksel arasında değişmekte ve trabeküler kemik üzerine yerleştirildiğinde kemik içeren kutuların sayısı belirlenmektedir (Şekil 2.8). Elde edilen kutu sayısının ölçekteki toplam kutu sayısına oranının logaritmik grafiğinin eğimi fraktal boyutu vermektedir (Demirbaş

ve ark., 2008). Büyük bir fraktal boyut, incelenen trabeküler kemiğin nispeten daha az kemik iliği boşluğu ile daha karmaşık bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Tersine, küçük bir fraktal boyut, daha gözenekli bir yapıya sahip bir kemiği işaret eder (Bollen ve ark., 2001; Demirbaş ve ark., 2008; Smith Jr ve ark., 1996; Southard ve ark., 1996; Zeytinoğlu ve ark., 2015).



Şekil 2.9: FB'yi Belirlemek İçin Kullanılan Kutu Sayma Yöntemi. Farklı boyutlardaki kutular (S) kullanılarak eğrinin uzunluğu ölçülür. Ölçüm, eğriyi kaplamak için gereken kutu sayısı (N) sayılarak gerçekleştirilir. N değeri seçilen S boyutuna bağlıdır. FB, S'nin logaritmasının bir fonksiyonu olarak N'nin logaritmasının bir grafiğinin eğiminden elde edilir. (Sánchez & Uzcátegui, 2011).

Piksel genişletme (dilatasyon) yönteminde ilk adım, incelenecek görüntünün 1 piksel genişliğinde ana çizgisinin elde edilmesidir. Daha sonra bu çizgi üzerine farklı çaplarda daireler yerleştirilir ve sınırlar genişletilir. Genişleme miktarı, her bir dairenin yarıçapıyla doğrudan orantılıdır; tıpkı kutu sayma yönteminde olduğu gibi, daire çapı ve genişleme verilerinin logaritmik grafiğindeki eğim, fraktal boyut değerini belirler (Şekil 2.9) (Smith Jr ve ark., 1996).

Hacim tabanlı fraktal boyut hesaplama yönteminin ikinci kısmında ise görüntünün sınır çizgisi üzerine farklı büyüklükte daireler yerleştirilir ve bu dairelerin çevrelediği görüntü sınırındaki pikseller sayılır. Bu teknik, kutu sayma yönteminin bir türevidir. Dilatasyon yaklaşımında olduğu gibi, fraktalın sınır çizgisi boyunca yerleştirilen dairelerin çapı ile bu dairelerde tespit edilen piksel sayısı arasında doğrudan bir ilişki kurulmaktadır. Piksel sayıları ile daire çaplarının logaritmik ölçekli grafiğinde işaretlenen noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan doğrunun eğimi, aranan fraktal boyut değerini verir (Şekil 2.9) (Smith Jr ve ark., 1996).

Kemik dokunun morfolojik değerlendirmesinde kesin tanı, biyopsi örneği üzerinde yapılan histomorfometrik analiz ile konulmaktadır. Altın standart olarak kabul edilen bilgisayarlı tomografi ve MR, kesin tanıya en yakın değerlendirme yapan tekniklerdir (Pothuaud ve ark., 2000). Fakat kemik biyopsisinin invaziv bir işlem olması ve 3D görüntüleme tekniklerinin yaygınlaşmamış olması, rutin klinik uygulamada iki boyutlu (2D) radyografilere kıyasla kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu noktada, 2D görüntülerde kemik yoğunluğunu yorumlayabilmek önem kazanmaktadır. 2D radyografler, kemik görüntülerindeki gri tonların siyah beyaza dönüştürülmesi, görüntünün iyileştirilmesi ve fraktal analize uygun hale getirilmesi ile işlenir. Yapılan araştırmalar, fraktal boyutun trabeküler kemik mimarisi ile olan ilişkisinin güvenilir sonuçlar ortaya koyduğunu göstermektedir (Demirbaş ve ark., 2008; Dr. Fazzalari & Parkinson, 1997; Pothuaud ve ark., 2000).

Trabeküler kemik, mikroskobik düzeyde birbirini yineleyen kendine benzer (fraktal) yapısal birimlere ve bu birimleri birbirine bağlayan köprü benzeri trabeküllere

sahip karmaşık bir mimari sunar. Bu özelliklerin panoramik veya periapikal radyografilerle ayrıntılı biçimde görüntülenebilmesi, trabeküler dokunun morfolojisini kantitatif olarak incelemek için fraktal analiz yöntemlerinin ideal bir araç olmasını sağlamaktadır (Sansare ve ark., 2012; Wilding ve ark., 1995). Fraktal analizin kullanılması, kemik oluşumu ve rezorpsiyonunun doğal süreci sonucunda meydana gelen değişikliklerin izlenmesi, fizyolojik veya patolojik değişikliklerin tanımlanmasına olanak sağlar (Jolley ve ark., 2006).

2.3.3.2.2 Diş hekimliğinde fraktal boyut analizi

Fraktal analiz yöntemi, diş hekimliğinde temporomandibular eklem değerlendirmesi, çürük tespiti, implant cerrahisi, dental materyallerin analizi, periodontitis teşhisi ve takibi için kullanılmaktadır (Güleç ve ark., 2019).

Periapikal radyografiler üzerinden analiz edilen FB, kemikteki süngerimsi yapının durumuna ilişkin kantitatif veriler sunar. Aynı bölgelerin panoramik ve periapikal görüntülerinden elde edilen FB değerleri karşılaştırıldığında, panoramik görüntülerdeki değerlerin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Periapikal görüntüler, panoramik görüntülere göre daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Buna rağmen, panoramik görüntüler üzerinde gerçekleştirilen fraktal analizler, trabeküler kemikteki osteoporotik değişimleri başarılı bir şekilde yansıtabilmektedir (Bollen ve ark., 2001).

Periodontitisli hastaların hafif ve şiddetli olarak gruplandırıldığı ve sağlıklı bireylerin kontrol grubu olarak alındığı bir çalışmada, panoramik radyografiler fraktal analiz yöntemiyle incelenmiştir. Bu çalışmada, periodontitisli hastalardan elde edilen FB

değerlerinin, kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu bulunmuş olup fraktal boyutu hesaplamak için kutu sayma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin, periodontitise bağlı olarak kemikte meydana gelen değişiklikleri kantitatif olarak gösterebildiği ve bir tanı yöntemi olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur (Eser & Sarıbaş, 2024). Periodontitis sürecinde trabeküler kemik yapının bütünlüğü bozulur ve kemik miktarında azalma meydana gelir. Fraktal analiz, rutin takip yoluyla hastalığın ilerleyişinin erken aşamalarda, hatta gözle görülür kemik kaybından önce anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu durumun, hastalığın ilerleyişinin durdurulmasına potansiyel olarak katkıda bulunabileceği vurgulanmaktadır (Updike & Nowzari, 2008).

Fraktal analiz, dental implant işlemi sonrası kemik iyileşmesinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Dental implant yerleştirmeden önce ve sonra çekilen panoramik radyograflardan elde edilen fraktal boyut değerleri, implant çevresi kemikte anlamlı bir artış göstermektedir. Bu durum başarılı osseointegrasyonun ve trabeküler kemikte iyileşmenin bir işareti olarak değerlendirilmektedir (Lee ve ark., 2010).

Literatürde, temporomandibular eklemdaki dejeneratif hastalıkların erken teşhisinde fraktal analizin yararlı olduğu bildirilmiştir. Kayıpmaz ve ark. yaptığı bir çalışmada, dejeneratif osteoartriti olan 35 hasta, hastalığa bağlı olarak kondillerdeki trabeküler değişiklikleri araştırmak için KIBT görüntüleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Kontrol grubundaki sağlıklı bireylerde kondillerin trabeküler kemiğinden elde edilen fraktal boyut değerleri, çalışma grubundakilere göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu durum, çalışma grubunun kondillerinde meydana gelen osteoporotik değişikliklerin kemik yoğunluğunda azalmaya yol açmasına bağlanmıştır

(Kayipmaz ve ark., 2019). Çalışmalar, kemik metabolizmasının artmasının osteoartritin şiddetiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Kevser ve ark. tarafından çocuklar üzerinde yapılan bir çalışmada, uyku bruksizmi (UB) grubunda kondil bölgesinde daha yüksek FB değeri bulunmuş ve bu durum, UB ile ilgili atipik kuvvetlere bağlı olarak KMY'nin arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca, UB'nin parafonksiyonu ve aşırı yüklenmesi, osteoartritin etiyolojik faktörleri olarak bilinmektedir. Bu nedenle, kondil bölgesindeki artmış kemik yoğunluğu, etiyolojik faktör devam ederse osteoartrite sebep olabilir (Kolcakoglu ve ark., 2022). Yapılan çalışmalar, kemik metabolizmasının artışının osteoartritin şiddetiyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Delpachitra & Dimitroulis, 2022; Kayipmaz ve ark., 2019)

Fraktal analiz, birçok sistemik hastalığın değerlendirilmesinde kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, osteoporoz, talasemi, Sjögren sendromu, hiperparatiroidi, orak hücreli anemi, çölyak hastalığı, diyabet, osteogenezis imperfekta ve kronik böbrek hastalıkları gibi durumların tanı ve takibinde kullanılabilmektedir (Sánchez & Uzcátegui, 2011). Bayrak ve arkadaşları tarafından yürütülen bir çalışmada, FB değeri talasemi major hastalarında sağlıklı kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (Bayrak ve ark., 2020). Demirbaş ve arkadaşları orak hücreli anemi hastalarını incelediği bir çalışmada, bu hastaların panoramik radyografilerinde FB'nin azaldığını göstermiştir. 20 yaş altı orak hücreli anemi hastalarının FB değerleri, sağlıklı kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur (Demirbaş ve ark., 2008). Ayrıca Apolinario ve ark., farklı tiplerde osteogenezis imperfekta (OI) tanısı konulan çocukların dental panoramik radyografilerinde pamidronat (PAM) tedavisinin etkilerini değerlendiren bir çalışma

yapmıştır. Bu çalışmada, PAM tedavi sonrası Oİ'li çocuklarda kortikal kemiğin FB'sinde artış tespit edilmiştir (Apolinário ve ark., 2016).

Yapılan araştırmalar genel olarak osteoporotik değişikliklerin varlığında trabeküler kemiğin fraktal boyut değerlerinin daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, literatürde yaygın olarak belirtilen bir sonuçtur ve bu değerlerin sistemik hastalıkların tanı ve tedavisinde rehberlik edebileceğini göstermektedir.



3.MATERYAL METOD

3.1 ETİK ONAY ve BAP DESTEĞİ

2023-2025 yılları arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı'nda yürütülen bu tez çalışmasının etik ve bilimsel kurallara uygunluğu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (23- KAEK-102). (EK-1)

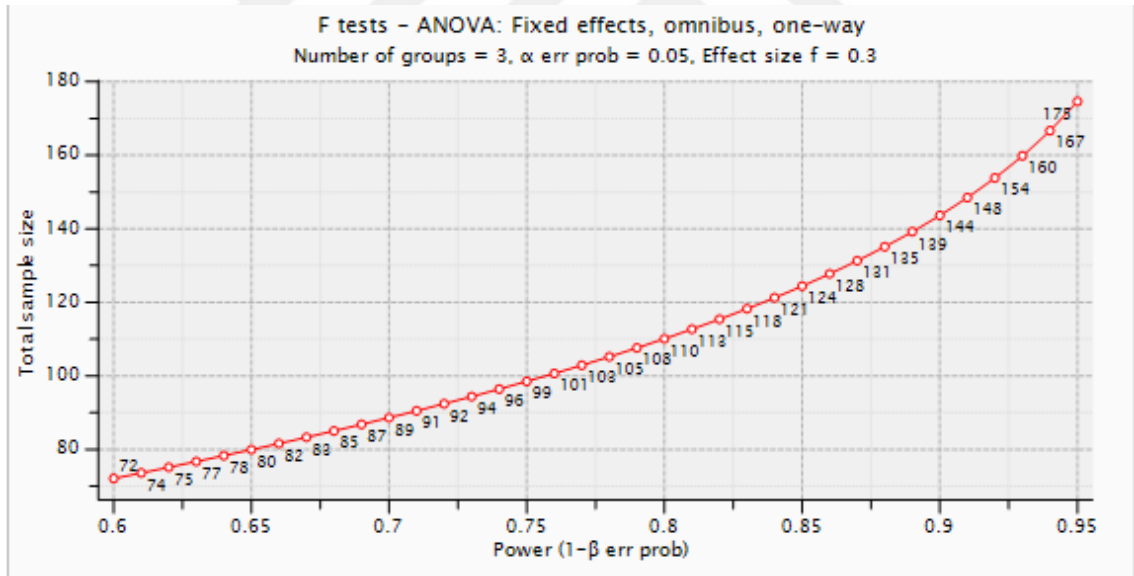
Bu çalışma, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (TOGÜBAP) tarafından 2023/58 proje numarası ile desteklenmiştir.

3.2 VAKA SEÇİMİ

Bu prospektif çalışmaya Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı kliniğine rutin dental muayene için başvuran, obezite tanısı ile takip edilen ve D vitamini eksikliği olmayan hasta, obezite tanısı ile takip edilip D vitamini eksikliği olan ve D vitaminini en fazla 15 gündür kullanan hasta ve kontrol grubu olarak sağlıklı çocuklar dahil edilmiştir. Üç grup arasındaki mandibular kemik dansitesi ve mandibular kemik mikromimarisi farkı, Castellini (X-Radius Trio Plus, Italy) ile çekilmiş radyografiler üzerinden fraktal boyut yöntemi ve radyomorfometrik indeksler kullanılarak analiz edilmiştir.

3.3 ÇALIŞMANIN GÜÇ ANALİZİ

Veriler toplanmadan önce G*Power V. 3.1.9.6 programı kullanılarak örnek genişliği hesaplanmıştır. %95 güven ($1-\alpha$), %95 test gücü ($1-\beta$), $f=0,3$ etki büyüklüğü ile her bir grupta 59 olmak üzere toplamda 177 örnek çalışmaya dahil edilmelidir. Testin gücü minimum değer olan %80 alındığında ise çalışmaya dahil edilmesi gereken vaka sayısı her bir grupta 37 olmak üzere toplamda 111 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1) (Bayrak ve ark., 2020). Kayıplar göze önüne alınarak çalışmaya 120 çocuğun radyografisi dahil edilmiştir. Gözlemci-içi güvenilirlik için ölçümlerin %20'si 1 ay sonra tekrarlanmıştır.



Şekil 3.1: Çalışmanın Güç Analizi

3.4 ÇALIŞMA VE KONTROL GRUPLARININ OLUŞTURULMASI

3.4.1 Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Araştırmamızın çalışma grubu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği kliniğine başvurmuş; Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı tarafından tanısı onaylanan obez çocuklardan oluşturulmuştur.

1. çalışma grubunun araştırmaya dahil edilme kriterleri:

- a) Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı tarafından obezite ($VKİ \geq 95$) tanısı konulmuş fakat D vitamini eksikliği olmayan (≥ 30 ng/mL) hastalar
- a) 5-15 yaş arası çocuk hastalar
- b) Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Kliniği'nde muayenesi yapılmış ve radyografisinin Castellini (X-Radius Trio Plus, Italy) panoramik cihazı ile çekilmiş olması
- c) Çekilen panoramik radyografilerde mental foramenin, mandibula inferior korteksinin ve her iki kondilin sınırlarının net izlenebiliyor olması
- d) Geçirilmiş travma öyküsünün bulunmadığı çocuk hastalar

2. çalışma grubunun araştırmaya dahil edilme kriterleri:

- a) Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı tarafından obezite ($VKİ \geq 95$) tanısı konulmuş ve D vitamini eksikliği olan (< 30 ng/mL) hastalar

- b) 5-15 yaş arası çocuk hastalar
- c) Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Kliniği'nde muayenesi yapılmış ve radyografisinin Castellini (X-Radius Trio Plus, Italy) panoramik cihazı ile çekilmiş olması
- d) Çekilen panoramik radyografilerde mental foramenin, mandibula inferior korteksinin ve her iki kondilin sınırlarının net izlenebiliyor olması
- e) Geçirilmiş travma öyküsünün bulunmadığı çocuk hastalar

Çalışma gruplarının araştırmaya dahil edilmeme kriterleri:

- a) Obezite tanısı konulmamış çocuklar
- b) Belirlenen yaş aralığı (5-15) dışında kalan çocuklar
- c) Panoramik radyografide pozisyonlandırma hataları, mandibulanın inferior korteksinin izlenememesi ve artefakt gibi nedenlerden dolayı görüntü kalitesinin iyi bir ölçüm yapmayı engelleyebileceği durumlar
- d) Geçirilmiş ya da geçirilmekte olan ortodontik tedavi hikayesi
- e) Hastalarda kemik metabolizmasını etkileyebilecek ek bir sistemik hastalığın (osteogenez imperfekta, Paget hastalığı, fibröz displazi, hipo-hiper paratiroidizm vb.) bulunması
- f) Maksilofasiyal bölgede kist/tümör gibi patoloji varlığı ve travma veya cerrahi öyküsü olan çocuk hastalar

3.4.2 Kontrol Grubunun Oluşturulması

Araştırmamızın kontrol grubu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği kliniğine başvurmuş; Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,

Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı tarafından normal kilolu (VKİ<85) olduğu, kemik metabolizmasını etkileyen bir hastalığın bulunmadığı ve D vitamini eksikliği olmadığı belirtilen çocuklardan oluşturulmuştur.

Kontrol grubunun araştırmaya dahil edilme kriterleri:

- b) Cinsiyetleri ve yaşları çalışma gruplarına uygun 5-15 yaş arası çocuklar
- c) Sistemik olarak herhangi bir hastalığın bulunmadığı ve D vitamini eksikliği olmayan (≥ 30 ng/mL) sağlıklı çocuklar
- d) Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Kliniği'nde muayenesi tamamlanmış olmak ve Castellini (X-Radius Trio Plus, Italy) panoramik cihazı ile çekilmiş ve değerlendirmeye uygun radyografilerin bulunması
- e) Dental radyografilerde mental foramenin, mandibula inferior korteksinin ve her iki kondilin sınırlarının net izlenebiliyor olması
- f) Geçirilmiş travma öyküsü bulunmadığı çocuklar

Kontrol grubunun araştırmaya dahil edilmeme kriterleri:

- a) Belirlenen yaş aralığı (5-15) dışında kalan çocuklar
- b) Panoramik radyografide pozisyonlandırma hataları mandibulanın inferior korteksinin izlenememesi ve artefakt gibi nedenlerden dolayı görüntü kalitesinin iyi bir ölçüm yapmayı engelleyebileceği durumlar
- c) Hastalarda kemik metabolizmasını etkileyebilecek ek bir sistemik hastalığın (osteogenez imperfekta, Paget hastalığı, fibröz displazi, hipo-hiper paratiroidizm vb.) bulunması

- d) D vitamini eksikliği olan (< 30 ng/mL) çocuklar
- e) Maksilofasiyal bölgede kist /tümör gibi patoloji varlığı ve travma veya cerrahi öyküsü olan çocuk hastalar
- f) İskelet metabolizmasını etkileyen ilaç kullanımı

3.5 VÜCUT KİTLE İNDEKSİ (VKİ)

İlk ziyarette, vücut ağırlığı ve boyu 0,1 g hassasiyete sahip mekanik bir tartı ve 1 mm dereceli duvara monte bir stadiometre kullanılarak ölçülmüştür. VKİ verileri, kilogram cinsinden vücut ağırlığının metre cinsinden boyun karesine bölünmesiyle elde edilmiştir. Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri, çocuk ve ergenlerin VKİ persentiline göre kilo durumu için özel kılavuzlara sahiptir. Formül kullanılarak, VKİ'nin 5. ve 84. persentil arasında olması normal kilolu, 85. ve 94. persentil arasında olması fazla kilolu, 95. persentilden yüksek olması ise obez olarak tanımlanmıştır. Obeziteye ilişkin persentil eşiklerinin ülkeler arasında farklılık göstermesi nedeniyle, her ülkenin kendi çocuk popülasyonuna özgü büyüme referans değerlerini esas alması, değerlendirme açısından daha güvenilir ve doğru sonuçların ortaya konmasına yardımcı olur. Bu doğrultuda, çalışmamızda Türk çocuklarına özgü referans değerler sunan Neyzi ve ark. tarafından geliştirilen VKİ persentil değerleri dikkate alınarak ölçüm yapılmıştır (Neyzi ve ark., 2006) . Ölçümler, [CHILD METRICS](http://www.childmetrics.org) internet adresi üzerinden kaynak türü Neyzi olacak şekilde yapılmıştır.

3.6 PANORAMİK RADYOGRAFİ

Bu çalışmada, ayna sond ile gerçekleştirilen klinik dental muayene sonrasında radyografi gereksinimi bulunan çocuklardan, Castellini (X-Radius Trio Plus, İtalya) markalı panoramik cihazı ile radyografi çekilmiştir. Çalışmamızda bu röntgen cihazından elde edilen radyografiler kullanılmıştır. Rutin röntgen çekim prosedürü, cihazda bulunan dikey çizgi hastanın sagittal düzlemine, yatay çizgi (Frankfort düzlemi) zemine paralel olacak şekilde yerleştirilmesi şeklindedir. Bu röntgen cihazı ile çekilmemiş radyografiler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Tüm radyografiler, 8 bit gri skala çekim derinliğinde ve 300 dpi uzamsal çözünürlüklerde, saydamlık adaptörüne sahip bir tarayıcı ile taranmıştır. Görüntüler JPEG biçiminde saklanmıştır.

Çekilen radyografik görüntüde mandibulanın kortikal sınırının, mental foramenin, kondilin tam olarak izlendiği ve buralarda distorsiyon veya artefaktın bulunmadığı görüntüler üzerinden ölçümler yapılmıştır.

3.7 FRAKTAL ANALİZ VE RADYOMORFOMETRİK İNDEKSLER

Çalışma ve kontrol gruplarının radyografilerinde, alt çene kemiğinin trabeküler kemiğinin aynı bölgesinde, alanı eş, ilgilenilen kare bölge (ROI) seçilerek fraktal analiz yapılmıştır.

Radyomorfometrik indeksleri (MKİ, PMİ, Mİ) ve fraktal boyutu ölçmek için panoramik görüntüler, World Wide Web'den indirilebilen kamuya açık bir program olan ImageJ v1.53 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) programı kullanılarak deneyimli bir profesyonel tarafından analiz edilmiştir. Mandibular indekslerin ölçümü hem sağ hem de sol mandibula için ayrı ayrı yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması kullanılmıştır. Kaydedilen görüntülerin fraktal analizi, White ve Rudolph tarafından tasarlanan kutu sayma yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

3.7.1 Radyomorfometrik İndeks Ölçümleri

Mandibular indeksler içerisinde MKİ, Mİ ve PMİ seçilerek ölçümler gerçekleştirildi. Kalibrasyon amacıyla bir hastanın panoramik radyografisi üzerinden alt mandibular santral dişlerinin mesio-distal genişliği ölçüldü.

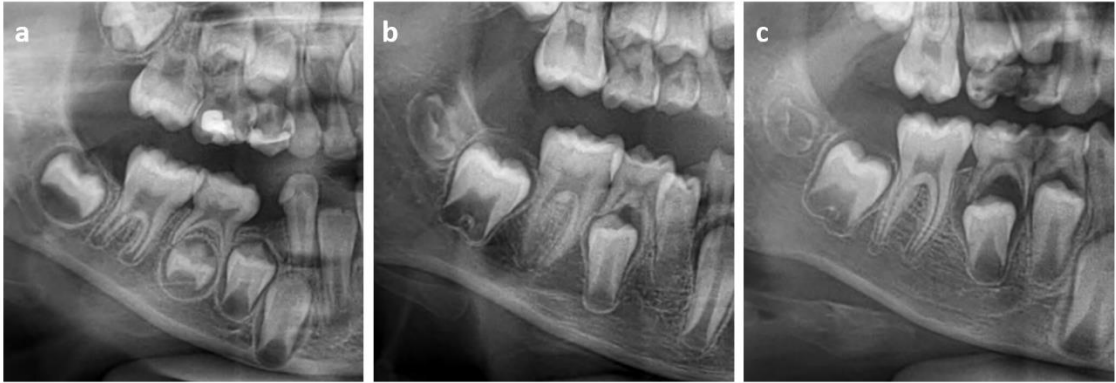
3.7.1.1 Mandibular kortikal indeks (MKİ)

Klemetti ve arkadaşları tarafından tanımlanan yöntemle göre ölçümler yapıldı. Bu yöntemle göre mental foramenin distalindeki kortikal kemik bilateral izlendi ve morfolojisi aşağıdaki kriterlere göre üç sınıfa ayrıldı:

Tip 1, korteksin endosteal sınırı düzgün ve keskin görülmektedir.

Tip 2, kortikal kemiğin sınırlarında yarım ay defektleri mevcuttur veya endosteal kenar kortikal kalıntılar içermektedir.

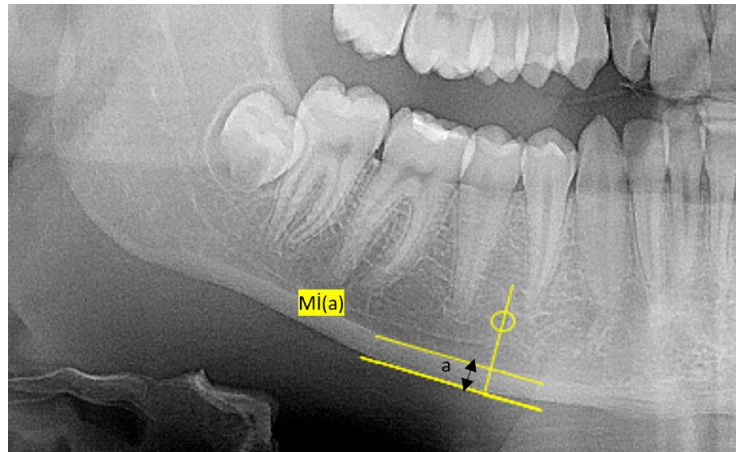
Tip 3, endosteal kenar yoğun kortikal kalıntılar içerir ve belirgin şekilde pörözlüdür.



Şekil 3.2: Mandibular İnferior Korteksin Morfolojik Analizi İçin Klemetti Sınıflandırması (A) Tip 1, (B) Tip 2, (C) Tip 3

3.7.1.2 Mental indeks (Mİ)/ Mandibular kortikal kalınlık (MKK)

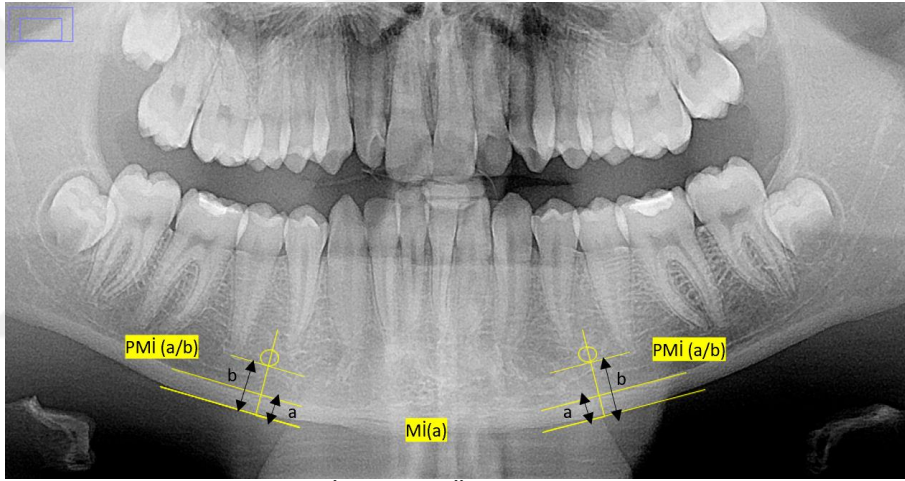
Ölçümler Ledgerton ve arkadaşları tarafından tanımlanan tekniğe göre yapıldı. Mental foramenin orta noktasından geçen ve mandibulanın alt sınırını belirleyen teğete indirilen dik çizgi üzerindeki kortikal kemiğin kalınlığı ölçüldü. Mandibulanın hem sağından hem de solundan ölçümler yapıldı ve ortalamaları hesaplanıp kaydedildi.



Şekil 3.3: Mental İndeksin Ölçümü

3.7.1.3 Panoramik mandibular indeks (PMİ)

Benson ve arkadaşları tarafından belirtilen yönteme göre  l ld . M  ölümünden sonra, bu ölümde kullanılan teğet ve dikmeler üzerinde PM  inferior analizleri yapıldı. Bu indeks, mental indeksin foramen mentalenin orta noktasından mandibulanın alt sınırını belirleyen teğet doğruya olan uzaklığının oranı üzerinden hesaplandı. Mandibulanın hem sa ından hem de solundan ölümler yapıldı ve ortalamaları hesaplanıp kaydedildi.



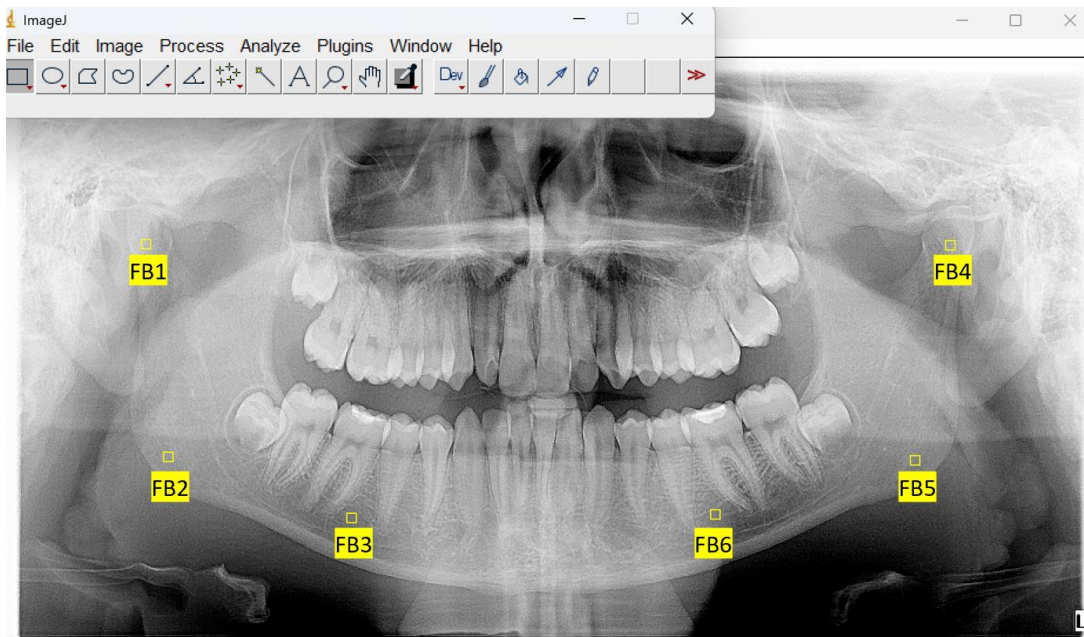
Şekil 3.4: Panoramik Mandibular İndeksin  l m 

3.7.2 Fraktal Boyut Analizi

Fraktal boyut analizleri, tek bir araştırmacı (B.B.) tarafından gerçekleştirildi. Panoramik radyografilerde, trabeküler yapıyı analiz etmek için ilgili alanlar (ROI'ler) seçildi ve bu seçim sırasında kortikal kemik, di  kökleri ve mandibular kanal gibi anatomik yapılar dışarıda bırakıldı. Bu kriterlere dayanarak, her bölge için aynı piksel boyutları tercih edildi.

FB analizi yapılması için her bir hastada:

1. Sol ve sağ mandibular angulus bölgesinden 25 x 25 piksel,
2. Sol ve sağ mandibular ikinci premolar ve molar bölgesinden 25 x 25 piksel,
3. Sol ve sağ mandibular kondil bölgesinden 25 x 25 piksel boyutlarında olacak şekilde toplamda 6 adet ROI seçildi.



Şekil 3.5: İlgili Alanların (ROI'lerin) Program Üzerinde İşaretlenmesi

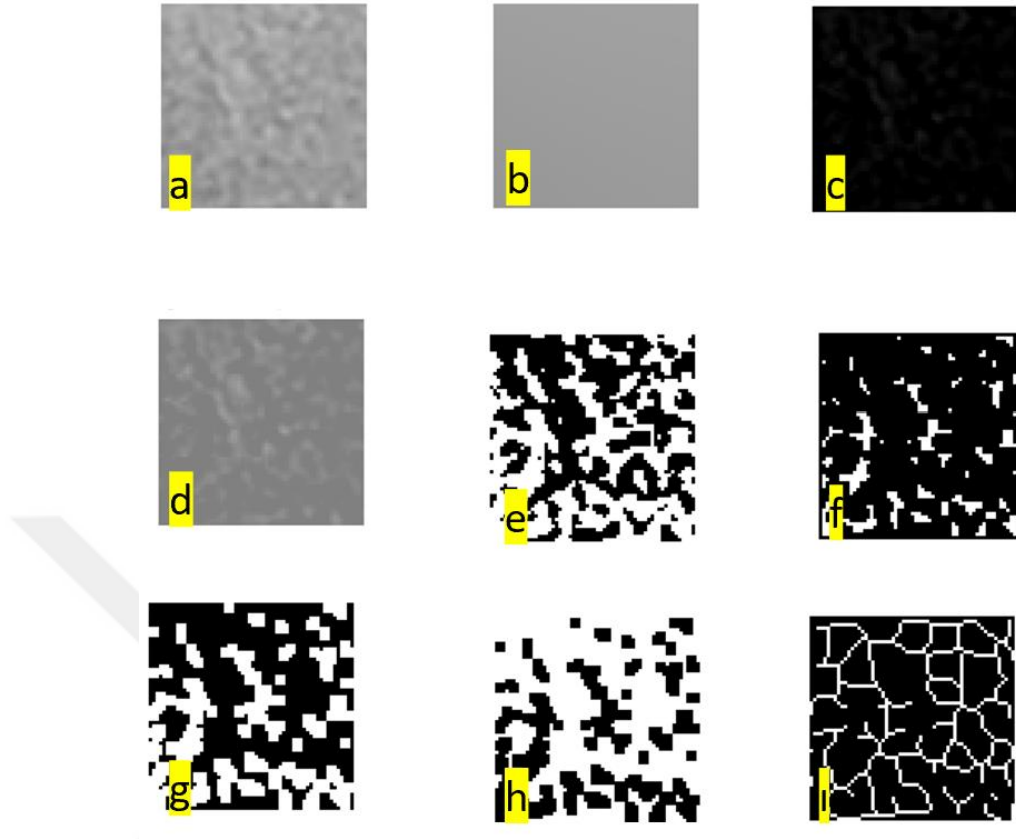
Panoramik radyografide belirlenen piksel boyutlarına sahip ROI'ler seçildikten sonra, White ve Rudolph tarafından tanımlanan yöntem (White ve Rudolph, 1999) göre fraktal analiz işlemleri uygulandı.

Fraktal analiz işlem basamakları:

- ROI kopyalandı (Şekil 3.5.a).
- Kopyalanan görüntü, "Gaussian Filter" (sigma=35) kullanılarak bulanıklaştırıldı.

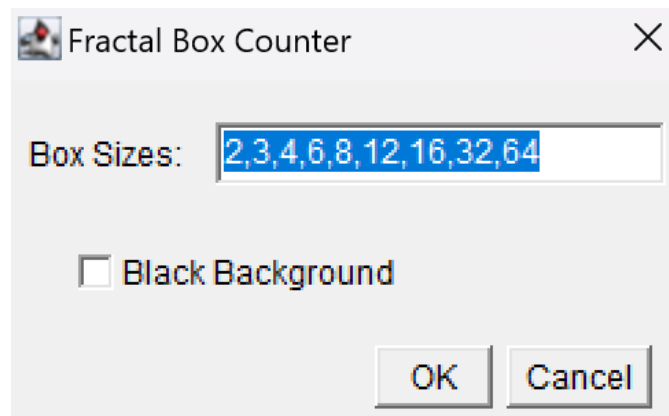
Bu işlem, görüntüdeki belirgin detayları ortadan kaldırır (Şekil 3.5.b).

- Bulanıklaştırılmış görüntü, "Subtraction" (Çıkarma) işlemi kullanılarak orijinal görüntüden çıkarıldı (Şekil 3.5.c).
- "Add" seçeneğiyle her piksele 128 gri ton atandı. Görüntüdeki ortalama değer 128 gri ton olarak hesaplandı. Parlaklık farklılıkları, trabeküler yapıyı vurgulamaya ve ayırt etmeye yardımcı olur (Şekil 3.5.d).
- Görüntü, "Threshold" seçeneği kullanılarak siyah-beyaz bir görüntüye dönüştürüldü (Şekil 3.5.e).
- İkili (siyah-beyaz) görüntüdeki parazitler 'Erode' işlemiyle temizlenmiş, ardından 'Dilate' işlemiyle incelenen bölgeler ön plana çıkarılmıştır (Şekil 3.5. f ve g).
- Siyah alanların beyaza, beyaz alanların ise siyaha dönüştürülmesi için "Invert" seçeneği uygulandı (Şekil 3.5.h).
- Son olarak, trabeküler yapının ana hatlarını doğrusal hale getirmek için "Skeletonize" seçeneği kullanılarak fraktal analiz için hazır bir iskelet görüntü elde edildi (Şekil 3.5.ı).
- Fraktal analiz için programın "Analyze" sekmesindeki "Tools" alt menüsünden "Fractal box count" seçildi. Görüntü boyutları, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32 ve 64 piksel boyutlarında karelere bölündü (Şekil 3.6). Bu karelerin toplam sayısı, box-counting yöntemiyle hesaplandı.
- Öncelikle ölçülen değerler logaritmik ölçekli bir grafikte gösterilir. Grafikte en iyi uyumu sağlayan doğrusal çizginin eğimi ise yapının karmaşıklığını sayısal olarak ifade eden fraktal boyut değerini verir (Şekil 3.7) (Şekil 3.8).

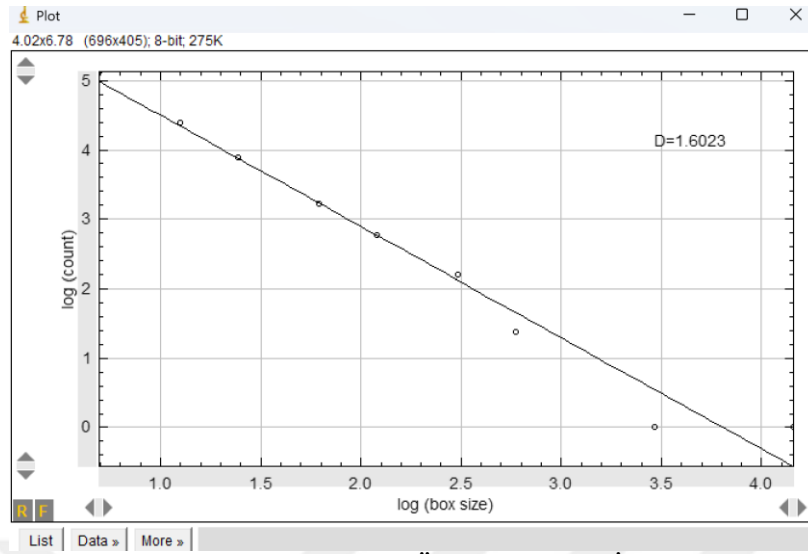


Şekil 3.6: Fraktal Analiz Aşamaları

a. Görüntünün çoğaltılması. b. Gaussian Filtresi ile bulanıklaştırma. c. Bulanıklaştırılmış görüntünün orijinal görüntüden çıkarılması. d. 128 gri tonu ekleme. e. 128 eşik değeri ile iki renkli görüntüye dönüştürme f. aşındırma (Erode) g. Genişletme (Dilate) işlemi. h. tersine çevirme i. ana hatların iskeletsel olarak elde edilmesi.



Şekil 3.7: Görüntünün Farklı Boyutlarda Kutulara Bölünmesi.



Şekil 3.8: Grafikteki Doğrunun Eğimi, Sağ Üst Köşede 'D' İle Gösterilen 'Fraktal Boyut Değeri'ni Temsil Etmektedir.

3.8 İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Veriler IBM SPSS V23 ve R programlama dilinin 4.4.1 versiyonu ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Kolmogorov Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri ile incelendi. İkili gruplarda normal dağılıma uymayan nicel değişkenlerin karşılaştırılmasında Mann Whitney U Testi kullanıldı. İkili gruplarda normal dağılıma uymayan bağımlı değişkenlerin incelenmesinde Wilcoxon Testi kullanıldı. İkili gruplarda normal dağılıma uyan bağımlı değişkenlerin karşılaştırılmasında Eşli Örnek T Testi kullanıldı. Üç ve üzeri grupta normal dağılıma uymayan verilerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis H Testi kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalar Dunn Testi ile incelendi. Üç ve üzeri grupta normal dağılıma uymayan bağımlı nicel verilerin karşılaştırılmasında Friedman Testi kullanıldı. Üç ve üzeri grupta normal dağılıma uyan verilerin karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanıldı. Normal dağılıma uymayan nicel değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman's rho korelasyonu kullanıldı. Normal dağılıma uyan nicel değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Pearson korelasyonu kullanıldı. Kategorik değişkenler arasındaki bağlantının

incelenmesinde Monte Carlo Düzeltmeli Fisher's Exact Testi ve Pearson Ki-Kare Testi kullanıldı. İki zaman arasında nicel değişkenlerin uyumunu incelemek için ICC kullanıldı. İki zaman arasında kategorik değişkenlerin uyumunu incelemek için Kappa Testi kullanıldı. Nicel verilerin gösteriminde Ortanca (minimum – maksimum) ve ortalama $\pm$ standart sapma kullanıldı. Kategorik değişkenlerin gösteriminde frekans (yüzde) kullanıldı. Önem düzeyi $p < 0,05$ alındı.



4. BULGULAR

4.1. DEMOGRAFİK VERİ BULGULARI

Çalışmaya 40 obez D vitamin eksikliği olmayan (çalışma grubu), 40 obez D vitamin eksikliği olan (çalışma grubu) ve 40 sağlıklı (kontrol grubu) olmak üzere toplamda 120 çocuğun panoramik radyografisi dahil edilmiştir. Gruplara göre hastaların yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,997$). Obez D vitamini eksikliği olmayan grubun yaş ortalaması 9,75 iken, obez D vitamini eksikliği olan grubun 9,72 ve kontrol grubun yaş ortalaması 9,71 olarak bulunmuştur. Gruplar arasındaki cinsiyet dağılımı karşılaştırmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p=1,000$). Çalışma gruplarının ve kontrol grubunun %50'si kız iken %50'si erkektir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Demografik Verilerin İncelenmesi

	Obez D vit. eksik olmayan	Obez D vit. eksik olan	Kontrol	Toplam	Test İstatistiği	p
Cinsiyet						
Kadın	20 (50)	20 (50)	20 (50)	60 (50)	0,000	1,000 ^x
Erkek	20 (50)	20 (50)	20 (50)	60 (50)		
Yaş	9,75 ± 2,63	9,72 ± 2,63	9,71 ± 2,62	9,73 ± 2,6	0,003	0,997

^xPearson Ki-Kare Testi; n(%); Ortalama ± Standart Sapma;

4.2 GÖZLEM İÇİ GÜVENİLİRLİK KATSAYILARI

Çalışmamızda yer alan her üç grup için yapılan ölçümlerin tekrarlanabilirliğini değerlendirmek amacıyla, örneklemin rastgele seçilen %20'sinde panoramik görüntüler

üzerinden gerçekleştirilen fraktal boyut ve mandibular indeks ölçümleri, aynı araştırmacı tarafından bir ay ara ile tekrar edilmiştir.

FB sağ kondil değerleri arasında iyi düzeyde uyum vardır ($p<0,001$). FB sağ angulus değerleri arasında mükemmel uyum vardır ($p<0,001$). FB sağ interdental alan değerleri arasında mükemmel uyum vardır ($p<0,001$). FB sol kondil değerleri arasında orta düzeyde uyum vardır ($p=0,003$). FB sol angulus değerleri arasında iyi düzeyde uyum vardır ($p<0,001$). FB sol interdental alan değerleri arasında mükemmel uyum vardır ($p<0,001$). Mİ sağ ve sol değerleri arasında mükemmel uyum vardır ($p<0,001$). PMİ sağ ve sol değerleri arasında mükemmel uyum vardır ($p<0,001$) (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: FB, Mİ ve PMİ İçin Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı

	ICC (%95 CI)	p
FB sağ kondil	0,785 (0,565 - 0,901)	<0,001
FB sağ angulus	0,981 (0,957 - 0,992)	<0,001
FB sağ interdental	0,997 (0,993 - 0,999)	<0,001
FB sol kondil	0,543 (0,187 - 0,773)	0,003
FB sol angulus	0,789 (0,572 - 0,903)	<0,001
FB sol interdental	1 (1 - 1)	<0,001
Mİ sağ	0,921 (0,827 - 0,965)	<0,001
PMİ sağ	0,915 (0,814 - 0,962)	<0,001
Mİ sol	0,957 (0,904 - 0,981)	<0,001
PMİ sol	0,945 (0,878 - 0,976)	<0,001

ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı (%95 Güven Aralığı);

İlk ölçümde MKİ değeri tip 1 olup, son ölçümde MKİ değeri tip 1 olanların oranı %76,9 iken; son ölçümde MKİ değeri tip 2 olanların oranı %23,1 olarak bulunmuştur. İlk ölçümde MKİ değeri tip 2 olarak belirlenen tüm değerler, son ölçümde de MKİ değeri tip

2 olarak bulunmuştur. Farklı zamanlarda ölçülen MKİ değerleri arasında istatistiksel olarak iyi düzeyde uyum vardır (Kappa=0,750; $p<0,001$) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Farklı Zamanlarda Ölçülen MKİ Tipleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

		MKİ ilk ölçüm			Kappa	p ^x
		Tip 1	Tip 2	Toplam		
MKİ son ölçüm	Tip 1	10 (76,9)	0 (0)	10 (41,7)	0,753	<0,001
	Tip 2	3 (23,1)	11 (100)	14 (58,3)		

^xKappa Testi; n(%);

4.3 MANDİBULAR İNDEKS BULGULARI

Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta MKİ dağılımları incelendiğinde; Tip 1 oranı %55, Tip 2 oranı %42,5 ve Tip 3 oranı %2,5 olarak bulunmuştur. Obez D vitamini eksikliği olan grupta MKİ dağılımları incelendiğinde; Tip 1 oranı %47,5, Tip 2 oranı %50 ve Tip 3 oranı %2,5 olarak elde edilmiştir. Kontrol grubunda MKİ dağılımları incelendiğinde; Tip 1 oranı %37,5, Tip 2 oranı %47,5 ve Tip 3 oranı %15 olarak bulunmuştur. Gruplara göre MKİ tiplerinin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,152$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: MKİ Tiplerinin Gruplar Arasında Karşılaştırılması

	Obez D vitamini eksik olmayan	Obez D vitamini eksik olan	Kontrol	Toplam	Test İstatistiği	p
MKI						
Tip 1	22 (55)	19 (47,5)	15(37,5)	56(46,7)	6,576	0,152 ^x
Tip 2	17 (42,5)	20 (50)	19(47,5)	56(46,7)		
Tip 3	1 (2,5)	1 (2,5)	6 (15)	8 (6,7)		

^xMonte Carlo Düzeltmeli Fisher's Exact Testi; n(%);

Gruplara göre ortalama sağ Mİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta ortalama değer 4,77 iken, obez D vitamini eksikliği olan grupta 4,53 ve kontrol grubunda 3,86 olarak elde edilmiştir. Obez D vitamini eksikliği olmayan grup ile obez D vitamini eksikliği olan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken; obez D vitamini eksikliği olmayan ve obez D vitamini eksikliği olan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Gruplara göre ortalama sağ PMİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta ortalama değer 0,42 iken, obez D vitamini eksikliği olan grupta 0,41 ve kontrol grubunda 0,35 olarak elde edilmiştir. Obez D vitamini eksikliği olmayan grup ile obez D vitamini eksikliği olan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken; obez D vitamini eksikliği olmayan ve obez D vitamini eksikliği olan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Gruplara göre ortalama sol Mİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta ortalama değer 4,74 iken, obez D vitamini eksikliği olan grupta 4,53 ve kontrol grubunda 3,745 olarak elde edilmiştir. Obez D vitamini eksikliği olmayan ile obez D vitamini eksikliği olan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken; obez D vitamini eksikliği olmayan ve obez D vitamini eksikliği olan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Gruplara göre ortalama sol PMİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$). Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta ortalama değer 0,4 iken, obez D vitamini eksikliği olan grupta 0,405 ve kontrol grubunda 0,315 olarak elde edilmiştir. Obez D vitamini eksikliği olmayan grup ile obez D vitamini eksikliği olan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken; obez D vitamini eksikliği olmayan ve obez D

vitamini eksikliği olan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: PMİ ve Mİ Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	Obez D vit eksik olmayan	Obez D vit eksik olan	Kontrol	Toplam	Test İstatistiği	p
Sağ Mİ	4,77 (2,87-6,79) ^a	4,53 (3,35-6,7) ^a	3,86 (2,57-6,82) ^b	4,43 (2,57-6,82)	14,459	<0,001 ^x
Sağ PMİ	0,42 (0,27-0,6) ^a	0,41 (0,32-0,59) ^a	0,35 (0,27-0,45) ^b	0,39 (0,27-0,6)	27,556	<0,001 ^x
Sol Mİ	4,74 (2,76-6,17) ^a	4,53 (2,84-7,61) ^a	3,745 (2,55-5,7) ^b	4,375 (2,55-7,61)	17,900	<0,001 ^x
Sol PMİ	0,4 (0,24 - 0,59) ^a	0,405 (0,25-0,52) ^a	0,315 (0,23-0,57) ^b	0,38 (0,23-0,59)	29,600	<0,001 ^x

^xKruskall Wallis H Test; Ortanca (Minimum – Maksimum); a-b Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta Mİ ölçümlerine göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,728). Obez D vitamini eksikliği olan grupta Mİ ölçümlerine göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,305). Kontrol grubunda Mİ ölçümlerine göre ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (p=0,040). Sağ Mİ ortalama değeri 3,86 iken, sol Mİ ortalama değeri 3,745 olarak bulunmuştur. Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta PMİ ölçümlerine ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,158). Obez D vitamini eksikliği olan grupta PMİ ölçümlerine ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,441). Kontrol grubunda PMİ ölçümlerine ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,086)(Tablo 4.6).

Tablo 4.6: PMİ ve Mİ Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması

Parametre	Grup	Sağ	Sol	R	Test İstatistiği	p
Mİ	Obez D vit. eksik olmayan	4,622 ± 0,851	4,661 ± 0,772	0,628	-0,351	0,728 ^x
	Obez D vit. eksik olan	4,8 ± 0,915	4,684 ± 0,963	0,719	1,040	0,305 ^x
	Kontrol	3,86 (2,57-6,82)	3,745 (2,55-5,7)	0,804	563,500	0,040 ^y
PMİ	Obez D vit. eksik olmayan	0,417 ± 0,087	0,403 ± 0,068	0,708	1,439	0,158 ^x
	Obez D vit. eksik olan	0,41 (0,32-0,59)	0,405 (0,25-0,52)	0,086	403,000	0,441 ^y
	Kontrol	0,35 (0,27-0,45)	0,315 (0,23-0,57)	0,492	442,500	0,086 ^y

^xEşli Örnek T Testi; ^yWilcoxon Testi; ortalama ± standart sapma; ortanca (minimum – maksimum);

4.4. FRAKTAL BOYUT ANALİZİ BULGULARI

Gruplara göre ortalama FB sağ kondil ve sağ angulus değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,050$). Gruplara göre ortalama FB sağ interdental alan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p=0,027$). Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta ortalama değer 1,602 iken sıra ortalaması 67,96, obez D vitamini eksikliği olan grupta ortalama değer 1,601 iken sıra ortalaması 49,33 ve kontrol grubunda ortalama değer 1,602 iken sıra ortalaması 64,21 olarak elde edilmiştir. Obez D vitamini eksikliği olmayan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken; obez D vitamini eksikliği olmayan grup ile obez D vitamini eksikliği olan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Obez D vitamini eksikliği olan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Gruplara göre ortalama FB sol kondil, sol angulus ve sol interdental alan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,050$) (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: FB Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	Obez D vitamini eksik olmayan	Obez D vitamini eksik olan	Kontrol	Toplam	Test İstatistiği	p ^x
FB Sağ Kondil	1,602 (1,591-1,602)	1,601 (1,584-1,602)	1,602 (1,585-1,602)	1,601 (1,584-1,602)	1,683	0,431
FB Sağ Angulus	1,602 (1,587-1,602)	1,601 (1,562-1,602)	1,602 (1,590 -1,602)	1,602 (1,562-1,602)	1,305	0,521
FB Sağ İnterdental	1,602 (1,589-1,602) / 67,96 ^a	1,601 (1,505-1,657) / 49,33 ^b	1,602 (1,579-1,602) / 64,21 ^{ab}	1,601 (1,505-1,657)	7,197	0,027
FB Sol Kondil	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,031	0,597
FB Sol Angulus	1,602 (1,593-1,602)	1,602 (1,593-1,602)	1,601 (1,588-1,602)	1,602 (1,588-1,602)	0,549	0,760
FB Sol İnterdental	1,601 (1,332-1,602)	1,600 (1,523 - 1,602)	1,601 (1,588-1,602)	1,601 (1,332-1,602)	2,556	0,279

^xKruskall Wallis H Testi; Ortanca (Minimum – Maksimum) / Sıra ortalaması; ^{a-b}Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur

Grup içi FB ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (p>0,050) (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: FB Değerlerinin Grup İçi Karşılaştırılması

	FB sağ kondil	FB sağ angulus	FB sağ interdental	FB sol kondil	FB sol angulus	FB sol interdental	Test İstatistiği	p ^x
Obez D vit. eksik olmayan	1,602 (1,591-1,602)	1,602 (1,587-1,602)	1,602 (1,589-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,593-1,602)	1,601 (1,332-1,602)	7,210	0,206
Obez D vit. eksik olan	1,601 (1,584-1,602)	1,601 (1,562-1,602)	1,601 (1,505-1,657)	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,593-1,602)	1,600 (1,523-1,602)	9,106	0,105
Kontrol	1,602 (1,585-1,602)	1,602 (1,59-1,602)	1,602 (1,579-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,601 (1,588-1,602)	1,601 (1,588-1,602)	3,578	0,612

^xFriedman Testi; Ortanca (Minimum – Maksimum);

Obez D vitamini eksikliği olmayanlarda kondil ve angulus ölçümlerine göre ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermezken; elde edilen interdental alan

ölçümlerine ait ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ($p=0,041$) Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta sağ interdental ortalama değer 1,602, sol interdental alan ortalama değer 1,601 olarak bulunmuştur. Obez D vitamini eksikliği olan ve kontrol grubunda kondil, angulus ve interdental alan ölçümlerine göre ortalama değerler istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir ($p>0,050$) (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Sağ ve Sol FB Değerlerinin Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılması

Parametre	Grup	Sağ	Sol	r	Test İstatistiği	p ^x
Kondil	Obez D vit eksik olmayan	1,602 (1,591 - 1,602)	1,602 (1,586 - 1,602)	-0,001	189,500	0,731
	Obez D vit eksik olan	1,601 (1,584 - 1,602)	1,602 (1,586 - 1,602)	-0,053	144,500	0,116
	Kontrol	1,602 (1,585 - 1,602)	1,602 (1,586 - 1,602)	0,098	155,000	0,420
Angulus	Obez D vit eksik olmayan	1,602 (1,587 - 1,602)	1,602 (1,593 - 1,602)	-0,007	181,500	0,889
	Obez D vit eksik olan	1,601 (1,562 - 1,602)	1,602 (1,593 - 1,602)	0,006	262,000	0,791
	Kontrol	1,602 (1,59 - 1,602)	1,601 (1,588 - 1,602)	0,175	194,000	0,646
İnterdental	Obez D vit eksik olmayan	1,602 (1,589 - 1,602)	1,601 (1,332 - 1,602)	-0,289	417,500	0,041
	Obez D vit eksik olan	1,601 (1,505 - 1,657)	1,600 (1,523 - 1,602)	-0,256	301,000	0,721
	Kontrol	1,602 (1,579 - 1,602)	1,601 (1,588 - 1,602)	-0,08	259,500	0,368

^xWilcoxon Testi; Ortanca (Minimum – Maksimum);

Grupların ortalama FB değerleri karşılaştırıldığında, istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,050$) (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: FB Ortalama Değerlerinin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	Obez D vit eksik olmayan	Obez D vit eksik olan	Kontrol	Toplam	Test İstatistiği	p ^x
Kondil ortalama	1,601 (1,594 - 1,602)	1,601 (1,593-1,602)	1,601 (1,590-1,602)	1,601 (1,590-1,602)	0,233	0,890
Angulus ortalama	1,601 (1,594 - 1,602)	1,601 (1,582-1,602)	1,601 (1,593-1,602)	1,601 (1,582-1,602)	0,640	0,726
İnterdental ortalama	1,600 (1,466 - 1,602)	1,599 (1,554-1,622)	1,601 (1,591-1,602)	1,600 (1,466-1,622)	5,542	0,063

^aKruskall Wallis H Testi; Ortanca (Minimum – Maksimum) ^{a-b}Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

4.5. İNDEKSLERİN KORELASYON BULGULARI

Cinsiyete göre nicel verilerin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0,050$) (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Cinsiyete Göre Nicel Verilerin Karşılaştırılması

	Kadın	Erkek	Toplam	Test İstatistiği	p
Yaş	9,828 ± 2,859	9,624 ± 2,343	9,726 ± 2,605	0,428	0,670 ^y
FB Sağ kondil	1,601 (1,591-1,602)	1,602 (1,584-1,602)	1,601 (1,584-1,602)	1699,500	0,578 ^x
FB Sağ Angulus	1,602 (1,562-1,602)	1,602 (1,585-1,602)	1,602 (1,562-1,602)	1964,000	0,356 ^x
FB Sağ İnterdental	1,602 (1,579-1,602)	1,601 (1,505-1,657)	1,601 (1,505-1,657)	1975,500	0,331 ^x
FB Sol kondil	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1858,000	0,738 ^x
FB Sol Angulus	1,602 (1,588-1,602)	1,602 (1,590-1,602)	1,602 (1,588-1,602)	1786,500	0,941 ^x
FB Sol İnterdental	1,601 (1,332-1,602)	1,601 (1,523-1,602)	1,601 (1,332-1,602)	1708,000	0,621 ^x
Sağ Mİ	4,615 ± 1,044	4,363 ± 0,826	4,489 ± 0,946	1,465	0,146 ^y
Sağ PMİ	0,399 ± 0,078	0,384 ± 0,068	0,391 ± 0,073	1,162	0,248 ^y
Sol Mİ	4,514 ± 0,929	4,291 ± 0,986	4,402 ± 0,96	1,279	0,203 ^y
Sol PMİ	0,388 ± 0,071	0,371 ± 0,073	0,38 ± 0,072	1,295	0,198 ^y
FB Ortalama	1,600 (1,555-1,602)	1,600 (1,585-1,608)	1,600 (1,555-1,608)	1935,500	0,478 ^x

^xMann Whitney U Testi; ^yBağımsız Örnekler T Testi; Ortanca (Minimum – Maksimum); Ortalama ± Standart Sapma;

Kadınlarda MKİ dağılımları incelendiğinde Tip 1'in oranı %56,7, Tip 2'nin oranı %38,3 ve Tip 3'n oranı %5 olarak bulunmuştur. Erkeklerde MKİ dağılımları incelendiğinde Tip 1'in oranı %36,7, Tip 2'nin oranı %55 ve Tip 3'n oranı %8,3 olarak elde edilmiştir. Cinsiyete göre MKİ tiplerinin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,103$) (Tablo 4.12)

Tablo 4.12: Cinsiyete Göre MKİ Tiplerinin Karşılaştırılması

	Kadın	Erkek	Toplam	Test İstatistiği	p
MKİ					
Tip 1	34 (56,7)	22 (36,7)	56 (46,7)	4,831	0,103 ^x
Tip 2	23 (38,3)	33 (55)	56 (46,7)		
Tip 3	3 (5)	5 (8,3)	8 (6,7)		

^xMonte Carlo Düzeltmeli Fisher's Exact Testi; n(%);

Yaş ile FB sağ angulus arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü çok zayıf bir ilişki vardır ($r=-0,198$; $p=0,030$). Yaş ile Mİ sağ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki vardır ($r=0,544$; $p<0,001$). Yaş ile Mİ sol arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki vardır ($r=0,516$; $p<0,001$). Diğer değişkenler ile yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur ($p>0,05$) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Nicel Veriler ve Yaş Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

	Yaş	
	r	p
FB Sağ kondil	-0,052	0,574 ^x
FB Sağ Angulus	-0,198	0,030 ^x
FB Sağ İnterdental	-0,102	0,265 ^x
FB Sol kondil	-0,033	0,720 ^x
FB Sol Angulus	0,048	0,605 ^x
FB Sol İnterdental	-0,013	0,888 ^x
Sağ Mİ	0,544	<0,001 ^x
Sağ PMİ	-0,041	0,659 ^y
Sol Mİ	0,516	<0,001 ^y
Sol PMİ	-0,074	0,423 ^y

^xSpearman's rho korelasyonu; ^yPearson rho korelasyonu;

Obez D vitamini eksikliği olmayan grupta FB sağ angulus ile sağ PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=-0,330$; $p=0,038$). FB sol kondil ile FB sol angulus arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü zayıf şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=-0,354$; $p=0,025$). FB sol kondil ile sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü orta şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=-0,413$; $p=0,008$). FB sol angulus ile FB sol interdental alan arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,342$; $p=0,031$). Sağ Mİ ile Sağ PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,591$; $p<0,001$). Sağ Mİ ile Sol Mİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,628$; $p<0,001$). Sağ PMİ ile Sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,708$; $p<0,001$). Sol Mİ ile Sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,414$; $p=0,008$) (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Obez D Vitamini Eksikliği Olmayan Grupta Nicel Veriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Ait Korelasyon Katsayısı ve P Değerleri

Grup		FB sağ kondil	FB sağ angulus	FB sağ interdental	FB sol kondil	FB sol angulus	FB sol interdental	Sağ Mİ	Sağ PMİ	Sol Mİ
Obez D Vitamini Eksikliği Olmayanlar	FB Sağ kondil	r								
		p								
	FB Sağ Angulus	r	-0,012 ^x							
		p	0,941 ^x							
	FB Sağ İnterdental	r	-0,053 ^x	0,054 ^x						
		p	0,744 ^x	0,740 ^x						
	FB Sol kondil	r	-0,001 ^x	-0,031 ^x	0,129 ^x					
		p	0,996 ^x	0,849 ^x	0,428 ^x					
	FB Sol Angulus	r	0,013 ^x	-0,007 ^x	-0,132 ^x	-0,354 ^x				
		p	0,935 ^x	0,968 ^x	0,417 ^x	0,025 ^x				
	FB Sol İnterdental	r	-0,098 ^x	-0,202 ^x	-0,289 ^x	-0,201 ^x	0,342 ^x			
		p	0,546 ^x	0,211 ^x	0,070 ^x	0,214 ^x	0,031 ^x			
	Sağ Mİ	r	0,016 ^x	-0,250 ^x	-0,051 ^x	-0,255 ^x	-0,014 ^x	0,055 ^x		
		p	0,923 ^x	0,119 ^x	0,756 ^x	0,113 ^x	0,932 ^x	0,734 ^x		
	Sağ PMİ	r	0,087 ^x	-0,330 ^x	0,119 ^x	-0,134 ^x	-0,014 ^x	-0,039 ^x	0,591 ^y	
		p	0,592 ^x	0,038 ^x	0,463 ^x	0,410 ^x	0,933 ^x	0,810 ^x	< 0,001 ^y	
	Sol Mİ	r	0,233 ^x	-0,168 ^x	-0,215 ^x	-0,197 ^x	0,000 ^x	0,119 ^x	0,628 ^y	0,216 ^y
		p	0,148 ^x	0,301 ^x	0,184 ^x	0,224 ^x	1,000 ^x	0,464 ^x	< 0,001 ^y	0,181 ^y
	Sol PMİ	r	0,146 ^x	-0,198 ^x	-0,083 ^x	-0,413 ^x	0,212 ^x	0,007 ^x	0,256 ^y	0,708 ^y
		p	0,368 ^x	0,221 ^x	0,610 ^x	0,008 ^x	0,188 ^x	0,965 ^x	0,110 ^y	< 0,001 ^y

^xSpearman's rho korelasyonu; ^yPearson korelasyon

Obez D vitamini eksikliği olan grupta FB sağ kondil ile FB sağ interdental alan arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,344$; $p=0,030$). FB sağ angulus ile FB sol interdental alan arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,320$; $p=0,045$). FB sağ interdental alan ile FB sol kondil arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=-0,338$; $p=0,033$). Sağ Mİ ile sağ PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,339$; $p=0,032$). Sağ Mİ ile sol Mİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,719$; $p<0,001$). Sol Mİ ile sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,410$; $p=0,009$) (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: Obez D Vitamini Eksikliği Olan Grupta Nicel Veriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Ait Korelasyon Katsayısı ve P Değerleri

Grup			FB sağ kondil	FB sağ angulus	FB sağ interdental	FB sol kondil	FB sol angulus	FB sol interdental	Sağ Mİ	Sağ PMİ	Sol Mİ
Obez D Vitamini Eksikliği Olanlar	FB Sağ kondil	r									
		p									
	FB Sağ Angulus	r	-0,108 ^x								
		j	0,508 ^x								
	FB Sağ İnterdental	r	0,344 ^x	-0,259 ^x							
		p	0,030 ^x	0,107 ^x							
	FB Sol kondil	r	-0,053 ^x	0,087 ^x	-0,338 ^x						
		p	0,744 ^x	0,594 ^x	0,033 ^x						
	FB Sol Angulus	r	-0,193 ^x	0,006 ^x	-0,081 ^x	0,087 ^x					
		p	0,232 ^x	0,970 ^x	0,619 ^x	0,592 ^x					
	FB Sol İnterdental	r	-0,050 ^x	0,320 ^x	-0,256 ^x	0,075 ^x	-0,153 ^x				
		p	0,762 ^x	0,045 ^x	0,112 ^x	0,644 ^x	0,346 ^x				
	Sağ Mİ	r	-0,118 ^x	-0,064 ^x	-0,066 ^x	-0,086 ^x	-0,080 ^x	0,260 ^x			
		p	0,467 ^x	0,693 ^x	0,685 ^x	0,597 ^x	0,622 ^x	0,106 ^x			
	Sağ PMİ	r	0,166 ^x	0,126 ^x	-0,280 ^x	-0,138 ^x	0,009 ^x	0,031 ^x	0,339 ^x		
		p	0,307 ^x	0,438 ^x	0,080 ^x	0,394 ^x	0,956 ^x	0,848 ^x	0,032 ^x		
	Sol Mİ	r	0,003 ^x	-0,091 ^x	0,050 ^x	-0,138 ^x	0,053 ^x	0,223 ^x	0,719 ^y	-0,062 ^x	
		p	0,986 ^x	0,578 ^x	0,758 ^x	0,396 ^x	0,747 ^x	0,167 ^x	< 0,001 ^y	0,702 ^x	
	Sol PMİ	r	0,224 ^x	0,030 ^x	-0,063 ^x	-0,052 ^x	0,143 ^x	0,242 ^x	0,059 ^y	0,086 ^x	0,410 ^y
		p	0,165 ^x	0,856 ^x	0,701 ^x	0,750 ^x	0,379 ^x	0,133 ^x	0,718 ^y	0,599 ^x	0,009 ^y

^xSpearman's rho korelasyonu; ^yPearson korelasyon

Kontrol grubunda FB sağ angulus ile FB sağ interdental alan arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,389$; $p=0,013$). FB sağ angulus ile FB sol kondil arasında pozitif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,322$; $p=0,043$). FB sağ angulus ile sağ Mİ arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=-0,344$; $p=0,030$). FB sol angulus ile sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü zayıf bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=-0,393$; $p=0,012$). Sağ Mİ ile sağ PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,695$; $p<0,001$). Sağ Mİ ile sol Mİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü çok güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,804$; $p<0,001$). Sağ Mİ ile sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü zayıf şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,400$; $p=0,011$). Sağ PMİ ile sol Mİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,481$; $p=0,002$). Sağ PMİ ile sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü orta şiddette bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,492$; $p=0,001$). Sol Mİ ile sol PMİ arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir ($r=0,660$; $p<0,001$) (Tablo 4.16).

Tablo 4.16: Kontrol Grubunda Nicel Veriler Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Ait Korelasyon Katsayısı ve P Değerleri

Grup		FB sağ kondil	FB sağ angulus	FB sağ interdental	FB sol kondil	FB sol angulus	FB sol interdental	Sağ Mİ	Sağ PMİ	Sol Mİ
Kontrol Grubu	FB Sağ kondil	r								
		p								
	FB Sağ Angulus	r	0,006 ^x							"
		p	0,970 ^x							
	FB Sağ İnterdental	r	0,180 ^x	0,389 ^x						
		p	0,267 ^x	0,013 ^x						
	FB Sol kondil	r	0,098 ^x	0,322 ^x	-0,057 ^x					
		p	0,546 ^x	0,043 ^x	0,727 ^x					
	FB Sol Angulus	r	-0,170 ^x	0,175 ^x	-0,034 ^x	-0,011 ^x				
		p	0,296 ^x	0,280 ^x	0,836 ^x	0,945 ^x				
	FB Sol İnterdental	r	0,032 ^x	0,119 ^x	-0,080 ^x	0,148 ^x	0,012 ^x			
		p	0,845 ^x	0,466 ^x	0,622 ^x	0,362 ^x	0,941 ^x			
	Sağ Mİ	r	0,007 ^x	-0,344 ^x	-0,203 ^x	-0,047 ^x	0,116 ^x	-0,131 ^x		
		p	0,967 ^x	0,030 ^x	0,209 ^x	0,774 ^x	0,477 ^x	0,419 ^x		
	Sağ PMİ	r	0,028 ^x	-0,284 ^x	-0,055 ^x	-0,185 ^x	0,008 ^x	-0,057 ^x	0,695 ^x	
		p	0,862 ^x	0,075 ^x	0,738 ^x	0,253 ^x	0,960 ^x	0,726 ^x	< 0,001 ^x	
	Sol Mİ	r	0,034 ^x	-0,224 ^x	-0,171 ^x	-0,075 ^x	-0,144 ^x	-0,063 ^x	0,804 ^x	0,481 ^x
		p	0,834 ^x	0,165 ^x	0,292 ^x	0,648 ^x	0,377 ^x	0,698 ^x	< 0,001 ^x	0,002 ^x
	Sol PMİ	r	-0,060 ^x	-0,100 ^x	-0,044 ^x	-0,038 ^x	-0,393 ^x	0,081 ^x	0,400 ^x	0,660 ^x
		p	0,712 ^x	0,538 ^x	0,788 ^x	0,816 ^x	0,012 ^x	0,620 ^x	0,011 ^x	< 0,001 ^x

^xSpearman's rho korelasyonu; ^yPearson korelasyon

MKİ tiplerine göre ortalama sol Mİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p=0,031$). Tip 1’de ortalama değer 4,295 iken, Tip 2’de 4,603 ve Tip 3’de 3,749 olarak elde edilmiştir. Tip 1 ile Tip 2 ve Tip 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken; Tip 2 ile Tip 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p=0,031$) (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: MKİ Tiplerine Göre Nicel Verilerin Karşılaştırılması

	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Toplam	Test İstatistiği	p
FB Sağ kondil	1,601 (1,591-1,602)	1,602 (1,584-1,602)	1,602 (1,585-1,602)	1,601 (1,584-1,602)	0,457	0,796 ^x
FB Sağ Angulus	1,601 (1,562-1,602)	1,602 (1,587-1,602)	1,602 (1,598-1,602)	1,602 (1,562-1,602)	1,548	0,461 ^x
FB Sağ İnterdental	1,601 (1,505-1,602)	1,601 (1,556-1,657)	1,602 (1,597-1,602)	1,601 (1,505-1,657)	1,074	0,584 ^x
FB Sol kondil	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	1,602 (1,594-1,602)	1,602 (1,586-1,602)	0,287	0,866 ^x
FB Sol Angulus	1,602 (1,593 -1,602)	1,602 (1,588-1,602)	1,602 (1,594-1,602)	1,602 (1,588-1,602)	0,534	0,766 ^x
FB Sol İnterdental	1,601 (1,332-1,602)	1,601 (1,523-1,602)	1,602 (1,593-1,602)	1,601 (1,332-1,602)	1,071	0,585 ^x
Sağ Mİ	4,2 (2,57-6,79)	4,59 (2,91-6,82)	3,745 (3,53-5,06)	4,43 (2,57-6,82)	4,405	0,111 ^x
Sağ PMİ	0,399 ± 0,08	0,39 ± 0,067	0,349 ± 0,046	0,391 ± 0,073	1,690	0,189 ^y
Sol Mİ	4,295 ± 0,975 ^{ab}	4,603 ± 0,904 ^a	3,749 ± 0,943 ^b	4,402 ± 0,96	3,577	0,031 ^y
Sol PMİ	0,374 ± 0,075	0,392 ± 0,066	0,333 ± 0,081	0,38 ± 0,072	2,774	0,067 ^y

^xKruskall Wallis H Testi; ^yTek Yönlü Varyans Analizi; Ortalama ± Standart Sapma; Ortanca (Minimum – Maksimum); ^{a-b}Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur.

5.TARTIŞMA

Kemik hastalıklarının teşhis ve tedavisi için kemik yoğunluğu ve yapısının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Kemik metabolizmasını etkileyen hastalıklarda kemik mikromimarisinde değişiklikler olabilmektedir (Bayrak ve ark., 2020). Obezite, çocukluk döneminde giderek artan prevalansı ile çeşitli sistemik etkiler oluşturmakta ve kemik metabolizmasını etkilemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, obez bireylerde D vitamini düzeylerinin belirgin şekilde düşük olduğunu ortaya koymuştur. D vitamini eksikliği de kemik mineralizasyonunu olumsuz yönde etkileyerek kemik kalitesinin azalmasına neden olabilmektedir (Pereira-Santos ve ark., 2015). Kemik dokusunda meydana gelen değişiklikler, diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan panoramik radyografiler aracılığıyla tespit edilmektedir.

Diş hekimliğinde sıklıkla tercih edilen dental panoramik radyografiler, çocuk hastaların değerlendirilmesinde de önemli bir yer tutmasına rağmen, mevcut literatürde bu yaş grubunda mandibular indeksler ile fraktal boyut analizinin birlikte ele alındığı çalışmalara nadiren rastlanmaktadır (Apolinário ve ark., 2016). Literatürde çocuklarda obezite ve D vitamini eksikliğinin mandibular kemik yapısı üzerindeki etkilerini hem mandibular indeks hem de fraktal boyut analizi yoluyla inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamız, obezite ve D vitamini eksikliğinin çocuklardaki çene kemiği yapısı üzerindeki etkilerini değerlendiren ve bu iki faktörü birlikte ele alan ilk araştırma olma özelliğini taşımakta ve bu alanda öncü niteliktedir.

Vücut yağ seviyesi, VKİ, deri kıvrımları, bel çevresi, DXA, biyoelektrik empedans analizi, MRI ve BT gibi yöntemler ile ölçülebilmektedir (Kim, 2016). VKİ, boyları hızla uzayan ve büyümekte olan bireyler için kullanılacaksa yaş dikkate alınmalıdır. VKİ persentili, 2-20 yaş arası büyümekte olan gençlerde kilo durumunu değerlendirmek için tek başına VKİ'ye kıyasla daha hızlı, invaziv olmayan ve kolay erişilebilir bir yöntem sunmaktadır. VKİ persentil değerlerini esas alarak, %95 persentil ve üzerini obez, %85 ile %95 arasını ise fazla kilolu olarak tanımlamaktadır (Troiano ve ark., 1995). Obeziteye ilişkin persentil sınırları ülkeden ülkeye değişkenlik gösterebildiğinden, her ülkenin kendi çocuklarına özgü büyüme referans değerlerini kullanması daha sağlıklı ve güvenilir sonuçlar sağlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışmamızda Türk çocuklarına özgü referans değerler sunan Neyzi ve ark. tarafından geliştirilen VKİ persentil değerlerinden yararlanılmıştır (Neyzi ve ark., 2006).

Kemik dokusundaki değişiklikler, diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan panoramik radyografilerle tespit edilebilmektedir. Özellikle, panoramik radyografiler üzerinden hesaplanan radyomorfometrik indeksler, kemik yoğunluğundaki değişiklikleri belirlemede kullanılan yenilikçi yöntemler arasında yer almaktadır. Bu indeksler, mandibular kortikal genişlik ve şeklini hem nicel hem de nitel olarak değerlendirebilmek amacıyla geliştirilmiştir (Leite ve ark., 2010; López López ve ark., 2011). Bunlar arasında MKİ, Mİ ve PMİ gibi parametreler yer almaktadır. Radyomorfometrik indeksler, panoramik radyografilerde kemik kalitesini değerlendirmek ve rezorpsiyon ile osteoporoz belirtilerini gözlemlemek için kullanılmaktadır (Asha ve ark., 2014; Gulsahi ve ark., 2008). Böylece, rutin diş hekimi muayeneleri sırasında kemik yapısındaki değişiklikleri taramak mümkün hale gelmektedir.

Mandibular kortikal indeks, alt mandibular korteksin niteliksel değerlendirilmesi için en yaygın kullanılan indekslerden biridir. İlk olarak Klemetti tarafından geliştirilmiş olduğundan, aynı zamanda ‘Klemetti indeksi’ olarak da bilinmektedir (Devlin ve ark., 2007). Klemetti ve ark. yaptığı bir çalışmada, MKİ’nin osteoporozu tespit etmede yüksek doğruluk oranına sahip olduğu gösterilmiştir. Ayrıca osteoporoz riskinin değerlendirilmesinde panoramik radyografi kullanımının önemi vurgulanmıştır (Klemetti ve ark., 1994). Govindraju ve Chandra tarafından yapılan bir çalışmada, tip 1 kortikal kemik yapısının gençlerde en yaygın olduğu, tip 2 ve tip 3’ün ise yaşla birlikte arttığı belirtilmiştir (Govindraju & Chandra, 2014). Literatürde, MKİ tip 3 kategorisinin osteoporoz için yüksek riskle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Lopes & Betrouni, 2009; Nakamoto ve ark., 2003).

Çocukların panoramik radyografilerinde MKİ kullanarak mandibular kemik kalitesinin ölçüldüğü bir çalışmada, tip 2’nin MKİ’de en yaygın kategori olduğu bulunmuştur (Firman ve ark., 2020). Taguchi ve ark., tip 2’nin daha yaygın olduğunu, çünkü mevcut tip 2 tanımının, tip 1 ve tip 3 tanımlarına göre çok daha geniş bir alanı kapsadığını belirtmiştir (Taguchi ve ark., 2004). Taguchi başka bir çalışmasında, trabeküler kemiğin mandibulanın alt korteksiyle birleşme noktasının, kortikal erozyon olarak yanlış teşhis edilebileceğini belirtmiştir (Taguchi, 2010). Çalışmamızda 5-15 yaş arasındaki çocuklar dahil edilmiş olup, obez-D vitamini eksikliği olmayan grupta diğer çalışmalardan farklı olarak MKİ tip 1 sınıfı en yaygın görülen kategori olarak bulunmuştur. Çalışmamızda ayrıca; obez-D vitamini eksikliği olan ve kontrol grubunda MKİ tip 2 sınıfı en yaygın görülen kategori olarak bulunmuştur. MKİ sınıflandırmasında

tip 2'nin tanımının daha geniş bir morfolojik aralığı kapsaması, bu kategorinin literatürle uyumlu olarak daha sık gözlenmesine katkıda bulunmuş olabilir.

Frascino ve ark., hematopoietik kök hücre transplantasyonu uygulanmış 3.69–18.88 yaş aralığındaki çocuklarda kemik kalitesini değerlendirmiş ve MKİ ile Mİ kullanarak geç dönemde osteopeni ve osteoporoz gelişiminin izlenebileceğini rapor etmişlerdir. Araştırmada, Mİ değerlerinin artan kırık riskiyle birlikte anlamlı niceliksel değişiklikler gösterdiği; ancak MKİ açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ifade edilmiştir (Frascino ve ark., 2019). Mevcut çalışmamızda da MKİ türlerinin gruplara göre dağılımı arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. MKİ'nin görsel değerlendirmeye dayanması, sayısal bir ölçüm veya hesaplama içermemesi ve değerlendiricinin deneyimine bağlı olarak değişkenlik göstermesi, bu sonuçlar üzerinde etkili olmuş olabilir.

Mental indeks, mental foramen seviyesindeki mandibular kortikal kalınlığı ölçmektedir. Dutra ve ark., panoramik radyografilerde kullanılan Mİ ölçümlerinin gerçeğe uygun kemik dansitesini yansıttığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, klinik açıdan büyük önem taşımaktadır (Dutra ve ark., 2007). Birçok araştırmacı, mandibular korteksi 3 mm veya daha ince olan hastaların osteoporoz açısından ileri tetkiklere yönlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu hastaların osteoporoz riski en yüksek grup olduğu bildirilmektedir (Devlin ve ark., 2007; Horner ve ark., 2002). Gülşahi ve ark., 1863 hastanın panoramik radyografileri üzerinde yaptıkları çalışmada, Mİ'nin azalmış KMY'si olan hastalarda yeterli tanısal etkiye sahip olduğunu belirtmiştir (Gulsahi ve ark., 2008). Çalışmamızda, obez çocuklarda ortalama Mİ değerleri sağlıklı çocuklara kıyasla daha

yüksek bulunmuştur. Bu bulgular doğrultusunda, obez çocuklarda mandibular korpus kortikal kemikte osteoporotik bir kemik yapısının olmadığını ve obezitenin bu bölgedeki kemik yapısı üzerinde koruyucu bir etkiye sahip olduğunu düşünmekteyiz.

Obezitede; leptin gibi adiposit kaynaklı sitokinler, normal kemik metabolizmasını bozabilmektedir. Leptin, kemik büyümesini uyarabilmekte ve kemiğin yeniden şekillenmesini etkileyebilmektedir. Obezitede serum leptini artmaktadır (van Leeuwen ve ark., 2017). Leptinin kemik metabolizması üzerindeki etkisi hala spekülatif olsa da iskelet büyüme merkezlerindeki kondrositler üzerinde büyüme faktörü gibi etkili olabilmektedir. Bu nedenle de kemik yoğunluğu üzerinde doğrudan bir etkisi vardır (Dimitri ve ark., 2015). Leptinin yanı sıra östrojen de kemiğin büyümesi ve olgunlaşmasında önemli bir rol oynar. Östrojen eksikliği trabeküler kemik kaybını ve kortikal rezorpsiyonu artırır. Artan östrojen seviyesi kemik oluşumu üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Väänänen & Härkönen, 1996). Yağ dokusu, östrojen metabolizmasının ana kaynaklarından biridir (Kershaw & Flier, 2004). Bu nedenle obezite; leptin, östrojen ve inflamatuvar etkileşimlerin artması sonucunda kemiklerdeki sistemik metabolizmayı etkiler. Ayrıca obezitede artan vücut ağırlığına bağlı olarak iskelet sistemine binen mekanik yük, kemik oluşumunu teşvik edici bir uyarıcı görevi görebilir (Frost, 1994).

Mandibular alveolar kalınlık ve kemik yapısı iskeletsel KMY'den etkilenebilmektedir (Jonasson ve ark., 2001). Jeddi ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, 472 genç hastanın DXA taraması ile KMY değerleri ölçülmüş ve obez hastaların normal kilolu bireylere kıyasla daha fazla toplam vücut KMY'sine sahip olduğu bulunmuştur (Jeddi ve ark., 2015). Van Leeuwen ve ark. tarafından yapılan bir

metaanalizde, araştırmacılar KMY'nin aşırı kilolu ve obez çocuklarda normal kilolu çocuklara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır (van Leeuwen ve ark., 2017). Manzoni ve ark., toplam ve bölgesel kemik mineral içeriğinin obez çocuklarda normal kilolu çocuklara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Manzoni ve ark., 1996). Yasa ve ark. farklı VKİ'ye sahip adölesan hastaların Mİ ve PMİ'sini değerlendirmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, aşırı kilolu ve obez bireylerde Mİ ve PMİ değerlerini normal kilolu bireylere göre daha yüksek bulmuştur (Yasa ve ark., 2020). Çalışmamızda da obez çocukların mandibular kortikal kalınlığının, normal kilolu çocuklara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bulduğumuz sonuçlar literatürü destekler niteliktedir. Ayrıca çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklarda mandibular kortikal kalınlık, obez D vitamini eksikliği olan çocuklardan daha fazla bulunmuştur. Bu sonuçlar, obez D vitamini eksikliği olan çocuklarda D vitamini eksikliğinin mandibular korpus kortikal kemik mineral yoğunluğu üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunduğunu; ancak bu olumsuz etkinin, östrojen, leptin gibi hormonların etkisi ve obeziteye bağlı olarak kemik dokuya binen mekanik yük sayesinde kompanse edilebileceğini düşündürmektedir.

Ortodontik tedavide kemik yoğunluğu diş hareketini etkileyebilir. Yoğun kemik yapısına sahip bireyler için diş hareketi daha zordur (Bridges ve ark., 1988). Von Bremen ve ark., artmış VKİ'nin ağız sağlığı sorunlarında artış ve daha uzun ortodontik tedavi süresi ile ilişkili olduğunu göstermiştir (von Bremen ve ark., 2016). Rothe ve ark., daha ince mandibular kortekse sahip olan kişilerin ortodontik tedavilerden sonra nüks prevalansının arttığını göstermiştir (Rothe ve ark., 2006). Saloom ve ark. obezitenin ortodontik diş hareketleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Obez hastaların tedavi sürecini

tamamlamak için normal kilolu hastalara göre ortalama olarak daha kısa süreye ihtiyaç duyduğunu, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bulmuşlardır (Saloom ve ark., 2017). Mandibular kortikal kemik kalınlığının ortodontik kuvvetlerin etkinliğini ve diş hareketlerinin stabilitesini etkileyebileceği göz önüne alındığında, tedavi stratejileri geliştirilirken dikkatle değerlendirilmelidir (Tayebi ve ark., 2017). Bu çalışmada gözlemlenen yüksek Mİ ve PMİ değerleri, çocuk hastaların büyüme ve gelişim paternlerine göre gelecekteki ortodontik, protetik ve cerrahi tedavi gereksinimlerini öngörme açısından pedodontistler için değerli bilgiler sunabilir. Bu bulgular, multidisipliner tedavi yönetimini etkileyebileceğinden, tedavi planlamasında dikkate alınmalıdır.

Büyüme ve gelişim sürecinde ısırma kuvvetlerinin artışı, çiğneme kaslarının daha fazla çalışması ve mandibulanın alt sınırında bulunan masseter, buksinatör gibi çiğneme kaslarının bağlandığı bölgelerde oluşan gerilme kuvvetleri, kortikal kemiğin alt kısmının kalınlaşmasına neden olmaktadır (Knezović Zlatarić ve ark., 2006). Knezović Zlatarić ve ark. 6-12 yaş arası çocuklarda, Tayebi ve ark. ise 7-13 yaş aralığındaki çocuklarda Mİ değerlerinin yaşla birlikte anlamlı şekilde arttığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, mandibular indekslerin değerlendirilmesinin mandibular büyüme ve olgunlaşma sürecini tahmin etmede klinik açıdan önemli bir parametre olabileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar, Mİ'deki artış ya da azalmayı kortikal kemiğe uygulanan kuvvetin derecesiyle ilişkilendirmiştir (Knezović Zlatarić ve ark., 2006; Tayebi ve ark., 2017). Mevcut çalışmamızda da Mİ ile yaş arasında orta düzeyde ve pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. Bu sonuç, çocuklarda yaş ilerledikçe kortikal kemik kalınlığında artış olabileceğine işaret etmektedir.

Yasar ve Akgünlü yaptıkları bir çalışmada, kadınlarda Mİ değerlerinin daha düşük olduğunu ve bunun olası hormonal farklılıklarla ilişkili olabileceğini ileri sürmüştür (Yasar & Akgunlu, 2006). Gulsahi ve ark., PMİ'nin cinsiyete göre farklılık gösterdiğini, kadınlarda genellikle daha düşük PMİ değerleri izlendiğini bildirmiştir (Gulsahi ve ark., 2008). Önsüren ve Temur'un Molar Keser Hipomineralizasyonu (MIH) olan çocuk hastalar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, Mİ'nin cinsiyete göre farklılık göstermediğini; ancak, PMİ değerlerinde anlamlı farklılıklar saptandığını bildirilmiştir. Kız çocuklarının erkek çocuklara göre hem sağ hem de sol tarafta daha yüksek PMİ değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (Önsüren & Temur, 2025). Tayebi ve ark.'nın çocuk hastalarda yaptığı bir çalışmada, cinsiyet ve Mİ arasında anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir (Tayebi ve ark., 2017). Altunok Ünlü ve ark., AAA (Ailevi Akdeniz Ateşi) tanısı almış 5-15 yaş aralığında, 124 çocuk hastanın panoramik radyografilerinde mandibular indeks ve fraktal analiz yöntemi kullanarak kemik dansitesini ve kemik mikromimarisini araştırmıştır. Bu çalışmada, Mİ ve PMİ değerlerinin cinsiyet grupları arasındaki dağılımları karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Altunok Ünlü ve ark., 2023). Çalışmamızda da Mİ ve PMİ değerlerinin cinsiyet grupları arasındaki dağılımları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Literatürde bu konuda çelişkili bulgular yer alsa da çalışmamızda gözlemlenen cinsiyete bağlı fark bulunmaması, örneklem grubunun yaş aralığı ve hormonal etkilerin henüz belirginleşmediği bir yaş grubunu içermesi ile açıklanabilir. Ayrıca, mandibular yapının gelişimi üzerindeki bireysel varyasyonlar ve genetik faktörler de bu sonuçları etkilemiş olabilir.

Mİ'ye ek olarak, PMİ de osteoporozun değerlendirilmesinde morfolometrik bir araç olarak çeşitli araştırmalarda kullanılmıştır (Horner & Devlin, 1998; Ledgerton ve ark., 1999) . Ledgerton ve ark. göre, PMİ'nin Mİ'ye göre önemli avantajı, hesaplama yönteminin farklı panoramik cihazlarda oluşabilecek büyütme farklarını hesaba katmasıdır. Bu yönüyle PMİ, diğer doğrusal indekslerden farklı olarak, yayınlanan diğer çalışmalarla doğrudan karşılaştırma yapılmasına olanak tanır (Ledgerton ve ark., 1999).

PMİ'nin teorik temeli, Wical ve Swoope'un rezidüel alveolar kemik rezorpsiyonunun mandibular yükseklik üzerindeki etkilerine ilişkin yaklaşımına dayanmaktadır. Bu yaklaşıma göre, mental foramenin altındaki mandibular kortikal kemik yüksekliği, yaşla birlikte göreceli olarak sabit kalmakta; buna karşın foramenin üstündeki alveolar kemik zamanla rezorbe olmaktadır. Bu nedenle PMİ ölçümleri, mandibular kortikal kalınlığın normal değerlerle karşılaştırılmasını mümkün kılmakta ve dental kliniklerde lokal kemik kaybını saptamada yararlı bir yöntem olarak kullanılabilmektedir (Benson ve ark., 1991; Güngör ve ark., 2006).

Wical ve Swoope, radyomorfometrik analizlerde panoramik radyografiler üzerinde referans olarak alınabilecek anatomik noktalar arasında mandibulanın üst ve alt sınırları ile mental foramenin yer aldığını bildirmiştir. Ancak, mental foramenin üst sınırının her zaman net bir şekilde belirlenememesi, bu bölgenin ölçümlerde kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Araştırmacılar, mental foramenin alt sınırının ölçüm açısından daha güvenilir bir referans noktası olduğunu ifade etmiştir (Wical & Swoope, 1974). Bu sebeple, çalışmamızda alt sınırı temel alan PMİ inferior ölçümleri yapılmıştır.

Sghaireen ve ark. yaptığı bir çalışmada, PMİ'nin yetişkinlerde yaşla birlikte azaldığını gözlemlemiştir (Sghaireen ve ark., 2020). Önsüren ve Temur'un MIH'lı ve sağlıklı çocuklar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, 10 yaş altı çocuklarda 10 yaş üstü çocuklara göre PMİ değerlerinin anlamlı derecede yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Önsüren & Temur, 2025). Ancak Temur ve ark. tarafından yapılan başka bir çalışmada, orak hücreli anemi hastalığı olan çocuklar ve sağlıklı çocukların PMİ değerleri ile yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Temur ve ark., 2023). Bizim çalışmamızın sonuçları da Temur ve ark. bulgularını destekler niteliktedir. Obezite ve D vitamini gibi sistemik durumların kemik morfometrik indeksler üzerindeki etkilerinin daha güçlü olabileceği ve yaş faktörünün tek başına PMİ üzerinde belirleyici olmadığı düşünülebilir. Bu durum, PMİ değerlendirmelerinde yalnızca kronolojik yaşı değil, bireyin metabolik ve sistemik durumunun da dikkate alınması gerektiğini düşündürmektedir.

Gulsahi ve ark. yaptığı bir çalışmada, Mİ ile MKİ arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, hem Mİ hem de PMİ değerleri Tip 1 ve Tip 2 kategorilerinde daha yüksek bulunmuş, Tip 3 kategorisinde ise azalmıştır (Gulsahi ve ark., 2008). Taguchi ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Mİ'nin 3 mm'nin altında olması durumunda osteoporoz açısından anlamlı risk artışı olduğu ve MKİ ile birlikte değerlendirilmesinin tanı koymadaki güvenilirliği artırdığı belirtilmiştir (Taguchi ve ark., 2004). Bizim çalışmamızda da Gulsahi ve ark. çalışmasında olduğu gibi hem Mİ hem de PMİ değerleri Tip 1 ve 2'de daha yüksekken, Tip 3 kategoride azalmıştır. Özellikle de MKİ tiplerine göre ortalama sol Mİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Tip 1 ile Tip 2 ve Tip 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken

Tip 2 ile Tip 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Tüm bu veriler ışığında, tip 3 MKİ kategorisinde yer alan bireylerde Mİ ve PMİ değerlerinin belirgin şekilde azalması, bu bireylerin daha düşük kemik mineral yoğunluğuna sahip olduğunu ve osteoporoz açısından yüksek risk grubunda değerlendirilmeleri gerektiğini düşündürmektedir. Bu durum, MKİ ile birlikte Mİ ve PMİ ölçümlerinin eşzamanlı değerlendirilmesinin, dental panoramik radyografilerin düşük kemik yoğunluğunu erken dönemde tespit etmek için etkili bir tarama aracı olarak kullanılabileceğini gösterebilir.

Gungor ve ark., PMİ'yi yaş, cinsiyet ve kemik mineral yoğunluğu ile ilişkili olarak değerlendirdiği çalışmasında, gözlem içi uyumun yüksek olduğunu ve PMİ'nin klinik kullanım için güvenilir bir indeks olduğunu belirtmiştir (Güngör ve ark., 2006). Günen-Yılmaz ve Aytekin inhale kortikosteroid kullanan astım hastalarında yaptıkları bir çalışmada, PMİ-S değerinin gözlem içi güvenilirliği mükemmel bulunmuşken; PMİ-İ ve Mİ değerlerinin gözlem içi güvenilirliği iyi bulunmuştur (Günen-Yılmaz & Aytekin, 2023). Yasa ve ark. obez, aşırı kilolu ve normal kilolu adölesanlarda yaptığı çalışmada, gözlem içi uyumu belirlemek için ölçümleri 1 ay sonra rastgele seçilen %15 görüntü üzerinde tekrarlamıştır. Sınıf içi korelasyon sonuçları 0,985 (Mİ) ve 0,964 (PMİ) olarak bulunmuş, hem Mİ hem de PMİ ölçümlerinde mükemmel sınıf içi korelasyon katsayısı sonuçlarına ulaşılmıştır (Yasa ve ark., 2020). Çalışmamızda da farklı zamanlarda yapılan Mİ ve PMİ ölçüm değerlerinde mükemmel gözlem içi uyum elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, Mİ ve PMİ ölçümlerinin yüksek tekrarlanabilirliğe sahip olduğunu ve panoramik radyografiler üzerinde yapılan bu indekslerin hem araştırmalarda hem de klinik uygulamalarda güvenle kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

Mandibular kemik kütlesi ve trabeküler yapıyı ölçmek için kullanılan bir diğer teknik ise fraktal boyut analizidir. Fraktal analiz, düzensiz ve karmaşık yapıları sayısal olarak değerlendiren bir matematiksel tekniktir ve bu teknikten elde edilen değer fraktal boyut olarak adlandırılır (Bollen ve ark., 2001; Southard ve ark., 1996). FB analizi, osteoporotik değişikliklerle normal kemik yoğunluğu arasındaki ayırt edici parametre olarak kabul edilmektedir (Ledgerton ve ark., 1999). Literatürde, FB değerindeki artışın yapının karmaşıklığındaki artışla ilişkilendirildiği bildirilmiştir. FB'deki artış, incelenen yapının karmaşıklığının arttığını gösterirken, FB'deki azalma, yapının daha düz ve daha az karmaşık olduğunu gösterir (Baker-LePain & Lane, 2012; Bayram ve ark., 2011).

Kemik dokusu, yapısal ve işlevsel özellikleri bakımından kortikal ve trabeküler olmak üzere iki temel alt tipe ayrılmaktadır. Trabeküler kemik, gözenekli yapısı sayesinde daha geniş bir yüzey alanına sahiptir. Bu nedenle kortikal kemiğe kıyasla çok daha yüksek bir metabolik aktivite gösterir (Lang et al., 1991). Bu durum, trabeküler kemiği çevresel ve sistemik değişimlere karşı daha hassas hâle getirir. Dolayısıyla, kemikteki yapısal değişimleri değerlendirmek açısından trabeküler kemik daha belirleyici bir role sahiptir (Jolley et al., 2006).

Shrout ve ark., ROI lokalizasyonunun fraktal boyut üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, analiz yapılacak alanın dikkatli bir şekilde seçilmesinin önemini vurgulamış ve trabeküler yapıyı analiz etmek için oluşturulan ROI'nin dış yapıları içermemesi gerektiğini belirtmiştir (Shrout ve ark., 1999). Mandibulanın farklı bölgelerinde yapılan bir başka çalışma, ROI'nin anatomik yerleşimine bağlı olarak fraktal boyut değerlerinde değişkenlik olduğunu göstermiştir (Ruttimann ve ark., 1992).

Çalışmamızda, panoramik radyografiler üzerinde trabeküler yapıyı analiz etmek için seçilen ilgili bölgelerdeki (kondil, angulus, interdental bölge) ROI'ler özenle belirlenmiş ve mandibular sinir kanalı, diş kökleri ve kortikal kemik gibi yapılar dahil edilmemiştir.

Fraktal boyut hesaplama yöntemleri arasında genişletme yöntemi (piksel genişletme yöntemi), kutu sayma yöntemi ve Richardson yöntemi bulunmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem kutu sayma yöntemidir. Bu teknik, kemik iliği boşluklarını ve trabeküler kemik yapısını değerlendirmeyi mümkün kılar (Geraets & Van Der Stelt, 2000). Bu nedenle, çalışmamızda White ve Rudolph tarafından tanımlanan kutu sayma yöntemi kullanılmıştır (White & Rudolph, 1999).

Trabeküler kemik için kutu sayma yöntemiyle hesaplanan FB değerleri genellikle 1 ile 2 arasında değişmektedir. FB değerinin 1'e yakın olması, daha az fraktal içeren basit yapıları; 2'ye yakın olması ise daha karmaşık kemik yapıları temsil etmektedir (Tolga Suer ve ark., 2016). Sağlıklı bir maksillofasiyal trabeküler kemiğin FB değeri için önerilen ortalama değer, periapikal görüntülerde yaklaşık 1.5'tir (Amer ve ark., 2012). Ancak, sağlıklı bireylerden oluşan gruplarla yapılan bazı çalışmalarda aynı görüntüleme yöntemi ile daha yüksek (1.74) ya da daha düşük (1.05) FB değerleri saptanmıştır (Sener ve ark., 2015) (Updike & Nowzari, 2008). Benzer varyasyonlar, panoramik radyografilerde ölçülen FB değerlerinde de gözlemlenmiştir (Hwang ve ark., 2017 Kavitha ve ark., 2016; Tosoni ve ark., 2006). Bu değerler, kemik dokusunun yapısal bütünlüğüne ve yoğunluğuna bağlı olarak patolojik durumlarda da değişkenlik gösterebilir. Osteoporoz gibi kemik yoğunluğunun azaldığı durumlarda FB değeri genellikle düşerken (Yasar &

Akgunlu, 2006); trabeküler yapıda düzensizlik ve yoğunluğun arttığı osteoartrit gibi dejeneratif durumlarda ise yükselebilmektedir (Kayipmaz ve ark., 2019).

Fraktal analizin bazı sınırlamaları olmasına rağmen, tıp ve diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmasının nedeni, projeksiyon geometrisi veya radyasyon dozundan etkilenmemesi, uygulama kolaylığı, objektif veriler sunabilmesi ve non-invaziv olmasıdır (Güleç ve ark., 2019; Kato ve ark., 2020).

Shrout ve ark. yaptıkları bir çalışmada, radyografik filmin pozlama ve hizalanması gibi faktörlerdeki değişikliklerin, fraktal boyut değerini etkilemediğini; ancak ROI'nin lokalizasyonu, şekli ve boyutundan etkilendiğini belirtmiştir (Shrout ve ark., 1999). Lee ve ark. iki farklı ROI türünün kullanımının etkisini karşılaştırmak amacıyla yaptıkları bir çalışmada, doğrusal ROI kullanımının trabeküler kemik yapısını yeterince yansıtamadığı ortaya konmuştur (Lee ve ark., 1999). Bu nedenle, çalışmamızda analizler, her biri 25x25 piksel boyutunda kare şeklinde ROI'ler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yalnızca trabeküler kemiği kapsayan ROI'ler tercih edilebilmesi için seçilen yaş grubunun anatomik özellikleri göz önünde bulundurularak, ROI boyutu, yetişkin bireylerde yapılan benzer çalışmalara kıyasla daha küçük tutulmuştur.

Tüp akımı (mAs), enerji (kVp) ve koni açısı gibi radyografik parametrelerdeki değişiklikler, fraktal boyut değerini minimal düzeyde etkilemektedir (Jolley ve ark., 2006). Görüntü depolama, paylaşma ve transfer işlemleri, görüntü kalitesinde azalmaya neden olabilir. Baksi ve Fidler, fraktal boyut değerlerinin görüntü kalitesindeki bozulmalardan bağımsız olduğunu rapor etmişlerdir. (Baksi & Fidler, 2011). Yaptıkları

başka bir çalışmada, pozlama süresi ve görüntü çözünürlüğünün FB üzerindeki etkilerini incelemiş ve bu değişkenler ile FB arasında bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Daha yüksek görüntü çözünürlüğünün daha yüksek fraktal boyut değerleri ile ilişkili olduğunu, pozlama süresindeki artışın ise daha düşük fraktal boyut değerlerine yol açtığını rapor etmişlerdir (Baksi & Fidler, 2012). Samarabandu ve ark. yaptıkları bir çalışmada, fraktal boyutun X-ışını dozundaki artış veya 20°'ye kadar olan projeksiyon açısı değişikliklerinden etkilenmediği saptanmıştır (Samarabandu ve ark., 1993).

Kadavra mandibulaları üzerinde üç farklı projeksiyon açısı kullanılarak fraktal analizin yapıldığı bir çalışmada, fraktal boyutun projeksiyon açısından etkilendiği fakat ROI lokalizasyonundan etkilenmediği belirtilmiştir (Ruttimann ve ark., 1992). Çalışmamızda, tüm panoramik radyografiler, üreticinin belirttiği çalışma parametreleri (70 kVp, 10 mA, 8 saniye) dikkate alınarak Castellini (X-Radius Trio Plus, Italy) panoramik cihazı ile elde edilmiştir.

Periapikal ve bitewing radyografiler, panoramik radyografilere kıyasla daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Bollen ve ark., fraktal boyut perspektifinden iki farklı görüntüleme tekniğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, periapikal görüntülerde ölçülen fraktal boyut değerlerinin panoramik görüntülerde ölçülen fraktal boyut değerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, panoramik görüntülerin trabeküler kemikteki osteoporotik değişikliklerin saptanmasında yeterli olduğu bildirilmiştir (Bollen ve ark., 2001). Barngkei ve ark. yaptığı bir çalışmada ise periapikal radyografiler aracılığıyla hesaplanan 74 fraktal boyut değeri, panoramik radyografilere oranla daha yüksek bulunmuştur (Barngkei ve ark., 2019). Ancak, periapikal ve bitewing

radyografiler sınırlı bir alanın görüntülenmesine olanak tanır ve çevredeki sert dokuları değerlendirmek için yetersizdir. Literatürde, periapikal ve bitewing radyografiler, daha çok interdental alanların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Şener ve ark., sağlıklı bireylerin ve orta derecede periodontitisi olan kişilerin interdental kemik bölgelerine fraktal analiz uygulamışlardır. Mevcut çalışmanın sonuçları, fraktal analiz yönteminin, daha ileri düzeyde kemik kaybı oluşmadan önce orta düzey periodontitisli bireylerde erken trabeküler değişimleri tespit edebilen alternatif bir analiz yöntemi olduğunu ortaya koymuştur. (Sener ve ark., 2015).

KIBT ve mikro-BT gibi 3D ve yüksek çözünürlüklü görüntüler, sifıra yakın süperpozisyon ve minimal distorsiyon gibi önemli avantajlara sahiptir. İlgili sert dokular 3D olarak incelenebilir ve farklı kalınlıklarda 2D kesitler elde edilebilir. Ancak, geleneksel radyografilere kıyasla radyasyon dozu daha fazladır. Ayrıca, diş hekimliğinde maliyet ve erişilebilirlik dezavantajları da bulunmaktadır. Tüm bu durumlar, KIBT'nin fraktal analiz değerlendirilmesinde daha az kullanılmasına yol açmaktadır (Kato ve ark., 2020). Literatürde, fraktal analiz için KIBT kullanan az sayıda çalışma vardır (Coşgunarslan ve ark., 2019; Mostafa ve ark., 2016; Yeşiltepe ve ark., 2018).

Literatürde, 3D görüntüleme teknikleriyle elde edilen 2D kesitlerden alınan fraktal boyut değerlerinin, diğer görüntüleme teknikleriyle elde edilen kesitlerle karşılaştırıldığı çalışmalara rastlanmaktadır. Magat ve Özcan Şener, alveolar kemiğin trabeküler yapısını değerlendirmek için düşük çözünürlük ve yüksek toplam radyasyon dozu olan KIBT'ye kıyasla panoramik radyografinin daha iyi olduğunu belirtmiştir (Magat & Ozcan Sener, 2019). Feitosa ve ark. yaptığı bir çalışmada ise, panoramik

görüntülerde ölçülen fraktal boyut değerlerinin, KIBT'ye kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Feitosa ve ark., 2020).

Sunmuş olduğu avantajlar nedeniyle panoramik radyografiler, diş hekimliğinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Veenland ve ark., 1996). Literatürdeki fraktal analiz üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, panoramik radyografilerin daha yaygın kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, hem panoramik radyografilere erişimin kolay olmasına hem de çok sayıda anatomik bölgeyi tek seferde inceleme imkânı sunmasına bağlanabilir. Çalışmamızda, incelemek istediğimiz bölgeleri kapsamlı bir şekilde içermesi, yeterli veri sağlaması ve fakültemizde rutin kullanımda olması nedeniyle panoramik görüntüler üzerinden fraktal analiz yapılmıştır.

Literatürde, sistemik hastalıklar ve hormonal değişimlerin farklı kemik bölgeleri, özellikle trabeküler ve kortikal kemik üzerinde homojen olmayan etkiler oluşturabileceği belirtilmektedir (Ott, 2018). Bu nedenle, sistemik hastalıkların çene kemikleri üzerindeki etkilerini fraktal analiz yöntemiyle değerlendiren çok sayıda çalışma mevcuttur. Tip 1 ve tip 2 diyabet (Kurşun-Çakmak & Bayrak, 2018), orak hücreli anemi (Demirbaş ve ark., 2008), ailevi akdeniz ateşi (Altunok Ünlü ve ark., 2023), kronik böbrek yetmezliği (Ersu ve ark., 2023), osteogenesis imperfekta (Prado ve ark., 2023) ve astım (Günen-Yılmaz & Aytekin, 2023) gibi birçok hastalığın çene kemiklerine etkisinin değerlendirilmesinde FB analizi kullanılmıştır. Benzer şekilde, bu çalışmanın bulguları da sistemik durumlar ile kemik morfolojisi arasındaki karmaşık etkileşimleri vurgulamakta ve çeşitli faktörlerin trabeküler ve kortikal kemik yapısı üzerinde farklı etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

Obezite, kemik gücünün arttığı ve kırık riskinin azaldığı bir hastalık olarak kabul edilmektedir. Birçok geniş çaplı çalışma bu görüşü desteklemektedir. Ancak son bulgular, bu görüşün mutlak bir doğru olarak kabul edilmemesi gerektiğini göstermektedir. Mevcut çalışmalar, obezitenin kemik sağlığı üzerindeki etkileri konusunda çelişkili bulgular sunmaktadır (Palermo ve ark., 2016). Bazı araştırmalar, obezitenin kemik sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini öne sürerken (Turcotte ve ark., 2021); diğerleri ise obezitenin potansiyel olarak koruyucu bir rol oynayabileceğini göstermektedir (Rinonapoli ve ark., 2021). VKİ ve KMY arasındaki ilişki, birçok farklı faktörün etkisiyle şekillenmekte olup, bu konu geniş kapsamda tartışmaya açık bir alan oluşturmaktadır (Palermo ve ark., 2016).

Mevcut araştırmaların büyük bir kısmı, yağ dokusunun kemik remodelasyonu üzerinde bağımsız bir etkiye sahip olduğunu ve bunun sonucunda kemik kütlesinde artışa yol açtığını ortaya koymaktadır. Bu ilişkinin mekanizmaları arasında, mekanik yüklenmenin kemik oluşumunu teşvik etmesi (Michel ve ark., 1989), yağ dokusunda androjenlerin östrojene dönüşümü, düşük serum Seks Hormonu Bağlayıcı Globulin (SHBG) seviyeleri (Albala ve ark., 1996), artan serum leptin seviyeleri (Goulding & Taylor, 1998), artmış insülin benzeri büyüme faktörü üretimi ve hiperinsülinemi (Haffner & Bauer, 1993) gibi etmenler yer almaktadır. Bununla birlikte, obezitenin önemli göstergelerinden biri olan VKİ'deki her bir birimlik artış, kan D vitamini seviyesinde yaklaşık %1,15 oranında bir azalmaya neden olmaktadır (Vimalleswaran ve ark., 2013). Obez bireylerde D vitamini yağ dokusunda aşırı miktarda depolanırken, ciltte sentezi azalmakta ve kan dolaşımındaki seviyesi düşmektedir (Ding ve ark., 2012). Plazmada

düşük D vitamini seviyeleri genellikle bağırsakta kalsiyum emiliminin bozulmasına ve bunun sonucunda plazma kalsiyum düzeylerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu durum, kemik yapım ve yıkım sürecinin hızlanmasına ve kemik mineral yoğunluğunun azalmasına sebep olmaktadır (Evans ve ark., 2015).

Literatürde, D vitamini eksikliğinin kemik metabolizmasını olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Holick, 2007). D vitamini, fosfor ve kalsiyum metabolizmasını düzenleyerek kemik sağlığını korumakta önemli bir rol oynamaktadır. D vitamini eksikliğinde, osteoklast aktivitesinin artması ve kemik rezorpsiyonunun hızlanması sonucunda kemik mikro yapısı zayıflayabilmektedir (Saggese ve ark., 2002). Gong ve ark. yaptığı çalışmada, 1,25-Dihidroksivitamin D eksikliğinin, yaşa ve kalsiyum-fosfor düzeylerinden bağımsız olarak osteoblastik kemik formasyonunu baskılayıp periodontal dokudaki dejenerasyonu artırarak alveolar kemik kaybını hızlandığı rapor edilmiştir (Gong ve ark., 2018). Zhao ve ark., D vitamini eksikliği ile kemik yoğunluğu arasındaki ilişkiyi inceledikleri bir çalışmada, D vitamini seviyelerinin, interdental kemik yoğunluğu üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir (Zhou ve ark., 2018). Benzer şekilde, Liu ve ark., yaptığı bir çalışmada, D vitamini eksikliğinin periodontal kemik kaybı ile bağlantılı olabileceği gösterilmiştir (Liu ve ark., 2009). Wactawski-Wende ve ark., D vitamininin kemik mineral yoğunluğunu artırma ve rezorpsiyonu azaltma gibi özellikleri sayesinde, postmenopozal kadınlarda periodontal hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde D vitamini takviyelerinin kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir (Wactawski-Wende ve ark., 2005). D vitamini eksikliğinin mandibular kemik yapısı üzerindeki etkilerinin fraktal analiz ve mandibular indeksler kullanılarak değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, D vitamini eksikliği olan hastaların FB değerleri, D vitamini

eksikliği olmayan hastalara göre istatistiksel olarak düşük bulunmuştur (Zihni Korkmaz ve ark., 2023). Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak, FB sağ interdental değeri obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklarda obez D vitamini eksikliği olan çocuklara göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,027$). Sol FB interdental alan değeri gruplar arasında anlamlı bir fark göstermese de obez D vitamini eksikliği olan grupta en düşük FB değeri elde edilmiştir. Ayrıca istatistiksel olarak anlamlı olmasa da sağlıklı grupta sağ ve sol interdental FB değeri obez D vitamini eksikliği olan gruba göre daha yüksek bulunmuştur. D vitamini eksikliği olan obez çocuklarda sağ ve sol interdental trabeküler alanda hem sağlıklı hem de obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklara göre daha düşük FB değerlerinin ölçülmesinin sebebi, artmış mekanik yükün pozitif etkisinin bu bölgede etkili olmaması ve buna bağlı olarak D vitamini eksikliğin negatif etkisinin bu bölgede kompanse edilememesi olabilir.

İnterdental bölge, alveolar kemik içerisinde yer alan ve dişleri destekleyen trabeküler yapılarla ilişkili olduğu için hem fonksiyonel yüklenmeye hem de sistemik metabolik değişikliklere duyarlıdır. Bu duyarlılık, interdental bölgenin sistemik durumlara karşı erken yanıt veren bir yapı olmasına neden olmaktadır (Barbato ve ark., 2015; Tagger-Green ve ark., 2024). Literatürde bireylerin genellikle bir tarafı çiğneme için baskın olarak kullandığı ve bu durumun unilateral yüklenmeye neden olarak alveolar kemikte asimetric adaptasyonlara yol açabileceği belirtilmiştir. Bu adaptasyon trabeküler yapıda mikromimari düzeyde farklılıklara sebep olabilmektedir (Kiliaridis ve ark., 1999). Rovira-Lastra ve ark. doğal dişlere sahip yetişkin bireyler arasında yaptığı bir çalışmada, tek taraflı çiğneme alışkanlığı olanların %77'sinin sağ tarafı tercih ettiği bildirilmiştir. Bu bulgu, sağ tarafın çiğneme sırasında daha fazla kullanıldığını ve tek taraflı çiğneme

alışkanlığının sıklıkla sağ tarafla ilişkilendirildiğini göstermektedir (Rovira-Lastra ve ark., 2016). Çalışmamızda, obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklarda sağ ve sol FB interdental alan ölçümlerine ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Ayrıca, obez D vitamini eksikliği olan çocuklarda ve sağlıklı çocuklarda da ortalama FB sağ interdental değerler sol interdental değere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu bulgu, interdental alanların mandibular kemik yapısının değerlendirilmesinde önemli bir bölge olabileceğini ve fraktal analiz yönteminin bu bölgelerdeki değişiklikleri tespit etmede etkili bir araç olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bu fark, çiğneme sırasında sağ tarafın daha fazla kullanılmasıyla ilişkili olabilir.

Literatürde yaş ve cinsiyet gibi demografik değişkenlerin FB üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu ileri süren çalışmalar olduğu gibi (Gulec ve ark., 2021), bu değişkenlerle FB arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığını ortaya koyan çalışmalar da vardır (Updike & Nowzari, 2008). Baxter-Jones ve ark. yaptığı bir çalışmada, büyüme ve kemik mineralizasyon sürecinin çocukluk ve ergenlik boyunca cinsiyete göre farklılık gösterdiğini vurgulamıştır. Özellikle kızların büyüme eğrisinin erkeklerden daha erken pik yapması, bu farkın temel nedeni olduğu belirtilmiştir (Baxter-Jones ve ark., 2011). 120 çocuğun radyografilerinin değerlendirildiği çalışmamızda kız erkek sayıları eşittir. Çalışmamızda cinsiyete göre FB nicel verilerinin dağılımları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Literatürde, mandibulada uygulanan fraktal analizde gözlem içi uyumun bölgesel olarak değişkenlik gösterebildiği bildirilmiştir. Geraets ve Van Der Stelt'in yaptığı bir

çalışmada, mandibular kemikte yapılan fraktal analiz uygulamalarında genel olarak yüksek düzeyde tekrarlanabilirlik elde edildiğini; ancak görüntü kalitesi, trabeküler yapının yoğunluğu ve anatomik karmaşıklığın bazı bölgelerde ölçümler arası farklılıklara neden olabileceği belirtilmiştir (Geraets & Van Der Stelt, 2000). Çalışmamızda fraktal analiz yöntemiyle yapılan ölçümlerde gözlem içi uyum değerlendirildiğinde, farklı anatomik bölgelerde değişen düzeylerde uyum gözlenmiştir. FB sağ kondil bölgesinde iyi düzeyde uyum ($p<0,001$), sağ angulus ve sağ interdental bölgelerde ise mükemmel düzeyde uyum ($p<0,001$) tespit edilmiştir. Benzer şekilde, sol interdental alan için de mükemmel uyum sağlanırken, sol angulus bölgesinde iyi, sol kondil bölgesinde ise orta düzeyde uyum ($p=0,003$) bulunmuştur. Bu bulgular, ölçüm yapılan bölgeye göre fraktal analiz yönteminin tutarlılığının değişebileceğini düşündürmektedir.

Çitir ve ark., bruksizmlili bireylerde MKİ, Mİ ve PMİ ile fraktal boyut değerleri arasındaki ilişkiyi spearman korelasyon analizi ile incelemiş ve bazı bölgelerde anlamlı ilişkiler bulmuştur (Çitir ve ark., 2023). Benzer şekilde, Altunok Ünlü ve ark. yaptığı çalışmada, AAA'lı çocuklarda panoramik radyografiler kullanılarak mandibular indeksler ve fraktal boyut analizleri yapılmıştır. Çalışmada, fraktal boyut değerleri ile mandibular indeksler arasındaki ilişki spearman korelasyon analizi ile değerlendirilmiş ve bazı bölgelerde fraktal boyut ile mandibular indeksler arasında anlamlı korelasyonlar olduğu gösterilmiştir (Altunok Ünlü ve ark., 2023). Literatürle tutarlı bir şekilde çalışmamızda da, fraktal analiz ile mandibular indeksler arasında hem çalışma gruplarında hem de kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Bu bulgular, fraktal analiz ile radyomorfometrik indekslerin mandibular kemik yapısının değerlendirilmesinde birbirini tamamlayıcı bilgiler sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmada belirtilmesi gereken birkaç kısıtlama bulunmaktadır. Bu kısıtlamalar çalışmanın tek merkezli olması ve çalışma gruplarının DXA görüntülerinin mevcut olmamasıdır.

Bu çalışmada, kemik metabolizmasını etkileyebilecek sistemik hastalığı bulunmayan obez çocuklarda D vitamini düzeyleri üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Ancak, kemik mikromimarisi ve dansitesinin birçok farklı faktörden etkilendiği bilinmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda, obez çocuklarda kemik mikromimarisi ve dansitesini daha kapsamlı bir şekilde araştırabilmek amacıyla, daha fazla parametrenin incelendiği, daha geniş örneklem gruplarını içeren ve longitudinal tasarımla yürütülen çok merkezli çalışmaların planlanması, obezite ve D vitamini eksikliğinin kemik yapısı üzerindeki etkilerinin daha net bir şekilde ortaya konmasına yardımcı olacaktır.

6.SONUÇ

Çalışmamızda, obez D vitamini eksikliği olan ve olmayan çocukların çene kemiklerinde meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi amacıyla, panoramik radyografiler kullanılarak radyomorfometrik indeksler ölçülmüş ve altı farklı bölgeden (sağ kondil, sağ angulus, sağ interdental alan, sol kondil, sol angulus ve sol interdental alan) elde edilen ROI'ler üzerinde fraktal boyut analizi yapılmıştır. Yapılan bu analizler doğrultusunda, kemik dansitesi ve mikromimarisindeki değişiklikler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonuçlarına göre;

1. Çalışmamız, obezite ve D vitamini eksikliğinin çocuklardaki çene kemiği yapısı üzerindeki etkilerini değerlendiren ve bu iki faktörü birlikte ele alan ilk araştırma olma özelliğini taşımakta ve bu alanda öncü niteliktedir.
2. Çalışmamızda obez çocukların Mİ ve PMİ değerleri normal kilolu çocuklara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklarda Mİ değerleri, obez D vitamini eksikliği olan çocuklardan daha fazla bulunmuştur. Bu sonuçlar, obez D vitamini eksikliği olan çocuklarda D vitamini eksikliğinin mandibular korpus kortikal kemik mineral yoğunluğu üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunduğunu; ancak bu olumsuz etkinin, östrojen, leptin gibi hormonların etkisi ve obeziteye bağlı olarak kemik dokuya binen mekanik yük sayesinde kompanse edilebileceğini düşündürmektedir.
3. Gruplara göre MKİ tiplerinin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

4. Mİ ve PMİ ölçüm değerlerinde mükemmel gözlem içi uyum elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Mİ ve PMİ ölçümlerinin yüksek tekrarlanabilirliğe sahip olduğunu ve panoramik radyografiler üzerinde yapılan bu indekslerin kemik dansitesindeki değişiklikleri ölçmede güvenilir bir yöntem olduğunu düşündürmektedir.
5. FB değerlerinde gözlemci içi uyum sağ kondil bölgesinde orta düzeyde bulunmuştur. Diğer bölgelerle kıyaslandığında daha düşüktür. Bu durum, çocukların kondil bölgesinin anatomik olarak küçük ve karmaşık yapısı sebebiyle ROI seçimindeki zorluklarla ilişkilendirilebilir.
6. FB sağ interdental değeri obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklarda obez D vitamini eksikliği olan çocuklara göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Sol FB interdental alan değeri gruplar arasında anlamlı bir fark göstermese de obez D vitamini eksikliği olan grupta en düşük FB değeri elde edilmiştir. Ayrıca istatistiksel olarak anlamlı olmasa da sağlıklı grupta sağ ve sol interdental FB değeri obez D vitamini eksikliği olan gruba göre daha yüksek bulunmuştur. D vitamini eksikliği olan obez çocuklarda sağ ve sol interdental trabeküler alanda hem sağlıklı hem de obez D vitamini eksikliği olmayan çocuklara göre daha düşük FB değerlerinin ölçülmesinin sebebi, artmış mekanik yükün pozitif etkisinin bu bölgede etkili olmaması ve buna bağlı olarak D vitamini eksikliğinin negatif etkisinin bu bölgede kompanse edilememesi olabilir.
7. Obezite ve vitamin D eksikliği mandibulanın kemik mineral yoğunluğunu, porozitesini ve trabekülasyonunu etkilemektedir. Fakat bu faktörlerin etkileri, mandibulanın angulus, kondil, korpus ve interdental alan gibi farklı anatomik bölgelerinde değişkenlik gösterebilmektedir. Bu farklılıkların, dental tedavi

sürecinde uygulanacak ortodontik, protetik ve cerrahi yaklaşımları etkileyebileceği dikkate alınmalıdır.

8. Obezite ve D vitamini eksikliğinin alveolar kemik üzerindeki etkileri hakkında daha ayrıntılı bilgi edinilebilmesi için, daha geniş popülasyonları içeren, daha fazla parametrenin değerlendirildiği, ve hem mandibula hem de maksillayı kapsayan ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.



7.KAYNAKÇA

- Akshita, D., & Asha, V. (2017). Reliability of panoramic radiographic indices in identifying osteoporosis among postmenopausal women. *Journal of Oral and Maxillofacial Radiology*, 5(2), 35-39.
- Albala, C., Yanez, M., Devoto, E., Sostin, C., Zeballos, L., & Santos, J. (1996). Obesity as a protective factor for postmenopausal osteoporosis. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(11), 1027-1032.
- Alikaşifoğlu, A., & Yordam, N. (2000). Obezitenin tanımı ve prevalansı. *Katkı Pediatri Dergisi*, 21(4), 475-481.
- Altunok Ünlü, N., Coşgun, A., & Altan, H. (2023). Evaluation of bone changes on dental panoramic radiography using mandibular indexes and fractal dimension analysis in children with familial Mediterranean fever. *Oral Radiology*, 39(2), 312-320.
- Amano, Y., Komiyama, K., & Makishima, M. (2009). Vitamin D and periodontal disease. *Journal of Oral Science*, 51(1), 11-20.
- Amer, M. E., Heo, M.-S., Brooks, S. L., & Benavides, E. (2012). Anatomical variations of trabecular bone structure in intraoral radiographs using fractal and particles count analyses. *Imaging Science in Dentistry*, 42(1), 5-12.
- Andersen, L. B., Mota, J., & Di Pietro, L. (2016). Update on the global pandemic of physical inactivity. *The Lancet*, 388(10051), 1255-1256.
- Anderson, P. M., & Butcher, K. F. (2006). Childhood obesity: trends and potential causes. *The Future of Children*, 16(1), 19-45.
- Apolinário, A. C., Sindeaux, R., de Souza Figueiredo, P. T., Guimarães, A. T., Acevedo, A. C., Castro, L. C., de Paula, A. P., de Paula, L. M., de Melo, N. S., & Leite, A. F. (2016). Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(4), 20150400.
- Asha, M., Bajoria, A., Babshet, M., Patil, P., & Naveen, S. (2014). Bone mineral density measurement of the jaws—a review. *Journal of Investigative Dentistry Science*, 1(1), 1-8.
- Ayatollahi, S., & Ghoreishizadeh, Z. (2010). Prevalence of obesity and overweight among adults in Iran. *Obesity Reviews*, 11(5), 335-337.
- Bacic, D., Lahir, M., Biber, J., Kaissling, B., Murer, H., & Wagner, C. (2006). The renal Na⁺/phosphate cotransporter NaPi-IIa is internalized via the receptor-mediated endocytic route in response to parathyroid hormone. *Kidney International*, 69(3), 495-503.
- Baker-LePain, J. C., & Lane, N. E. (2012). Role of bone architecture and anatomy in osteoarthritis. *Bone*, 51(2), 197-203.
- Baksi, B. G., & Fidler, A. (2011). Fractal analysis of periapical bone from lossy compressed radiographs: a comparison of two lossy compression methods. *Journal of Digital Imaging*, 24, 993-998.
- Baksi, B. G., & Fidler, A. (2012). Image resolution and exposure time of digital radiographs affects fractal dimension of periapical bone. *Clinical Oral Investigations*, 16, 1507-1510.

- Barbato, L., Francioni, E., Bianchi, M., Mascitelli, E., Marco, L. B., & Tonelli, D. P. (2015). Periodontitis and bone metabolism. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 12(2), 174.
- Barnkggei, I., Halboub, E., & Almashraqi, A. (2019). Effect of bisphosphonate treatment on the jawbone: an exploratory study using periapical and panoramic radiographic evaluation. *Oral Radiology*, 35(2), 159-170.
- Barrère, F., van Blitterswijk, C. A., & de Groot, K. (2006). Bone regeneration: molecular and cellular interactions with calcium phosphate ceramics. *International Journal Of Nanomedicine*, 1(3), 317-332.
- Baxter-Jones, A. D., Faulkner, R. A., Forwood, M. R., Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2011). Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, 26(8), 1729-1739.
- Bayrak, S., Göller Bulut, D., Orhan, K., Sinanoğlu, E. A., Kurşun Çakmak, E. Ş., Mısırlı, M., & Ankaralı, H. (2020). Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiology*, 36(1), 18-24.
- Bayram, M., Yıldırım, M., Köse, A., & Seymen, F. (2011). Pedodonti Anabilim Dalı'nda Başlangıç Muayenesinde Alınan Panoramik Radyografilerin Değerlendirilmesi. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 45(3), 41-47.
- Beccuti, G., & Pannain, S. (2011). Sleep and obesity. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 14(4), 402-412.
- Benson, B. W., Prihoda, T. J., & Glass, B. J. (1991). Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 71(3), 349-356.
- Bird, A. (2007). Perceptions of epigenetics. *Nature*, 447(7143), 396-398.
- Bloom, W., Fawcett D. W., & Maximow, A. A. (1975). *Textbook of Histology*, (Vol. 10th).
- Bochukova, E. G., Huang, N., Keogh, J., Henning, E., Purmann, C., Blaszczyk, K., Saeed, S., Hamilton-Shield, J., Clayton-Smith, J., & O'Rahilly, S. (2010). Large, rare chromosomal deletions associated with severe early-onset obesity. *Nature*, 463(7281), 666-670.
- Boden, G., Chen, X., Mozzoli, M., & Ryan, I. (1996). Effect of fasting on serum leptin in normal human subjects. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 81(9), 3419-3423.
- Bodzsar, E. B., & Zsakai, A. (2014). Recent trends in childhood obesity and overweight in the transition countries of Eastern and Central Europe. *Annals of Human Biology*, 41(3), 263-270.
- Bollen, A., Taguchi, A., Hujoel, P., & Hollender, L. (2001). Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 30(5), 270-275.
- Boucher, B. J. (1998). Inadequate vitamin D status: does it contribute to the disorders comprising syndrome 'X'?, *The British Journal of Nutrition*, 79(4), 315-327.
- Bouxsein, M. L. (2003). Bone quality: where do we go from here? *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 14 Suppl 5, S118-S127.
- Bouxsein, M. L. (2005). Determinants of skeletal fragility. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 19(6), 897-911.

- Boyle, W. J., Simonet, W. S., & Lacey, D. L. (2003). Osteoclast differentiation and activation. *Nature*, 423(6937), 337-342.
- Bridges, T., King, G., & Mohammed, A. (1988). The effect of age on tooth movement and mineral density in the alveolar tissues of the rat. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 93(3), 245-250.
- Buckwalter, J., & Cooper, R. (1987). Bone structure and function. *Instructional Course Lectures*, 36, 27-48.
- Butler, M. G. (2009). Genomic imprinting disorders in humans: a mini-review. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 26(9-10), 477-486.
- Celenk, C., & Celenk, P. (2012). Bone Density Measurement Using Computed Tomography. *InTech*, 123-136.
- Choël, L., Duboeuf, F., Bourgeois, D., Briguët, A., & Lissac, M. (2003). Trabecular alveolar bone in the human mandible: a dual-energy x-ray absorptiometry study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 95(3), 364-370.
- Choudhary, K., Mathur, P., Garg, M., Gupta, P., & Choudhary, K. (2017). Prevalence of overweight and obesity amongst adolescents and identification of risk factors. *International Journal of Contemporary Pediatrics*, 4(4), 1153-1159.
- Considine, R. V., Sinha, M. K., Heiman, M. L., Kriauciunas, A., Stephens, T. W., Nye, M. R., Ohannesian, J. P., Marco, C. C., McKee, L. J., & Bauer, T. L. (1996). Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *New England Journal of Medicine*, 334(5), 292-295.
- Cosman, F., de Beur, S. J., LeBoff, M., Lewiecki, E., Tanner, B., Randall, S., & Lindsay, R. (2014). Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 25(10), 2359-2381.
- Coşgunarslan, A., Aşantoğrol, F., Canger, E. M., Medikoğlu, E. K., & Soydan, D. (2019). Periodontitis ile ilişkili trabeküler kemik değişikliklerinin fraktal analiz ile incelenmesi. *Selcuk Dental Journal*, 6(4), 341-345.
- Cuevas, A. G., Chen, R., Thurber, K. A., Slopen, N., & Williams, D. R. (2019). Psychosocial stress and overweight and obesity: findings from the Chicago community adult health study. *Annals of behavioral medicine : a publication of The Society of Behavioral Medicine*, 53(11), NP.
- Çitir, M., Karslioglu, H., & Uzun, C. (2023). Evaluation of mandibular trabecular and cortical bone by fractal analysis and radiomorphometric indices in bruxist and non-bruxist patients. *BMC Oral Health*, 23(1), 522.
- Dávila-Torres, J., González-Izquierdo, J. J., & Barrera-Cruz, A. (2015). Panorama de la obesidad en México [Obesity in Mexico]. *Revista Medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 53(2), 240-249.
- De Vos, P., Saladin, R., Auwerx, J., & Staels, B. (1995). Induction of ob Gene expression by corticosteroids is accompanied by body weight loss and reduced food intake. *Journal of Biological Chemistry*, 270(27), 15958-15961.
- De Wilde, J., Verkerk, P., & Middelkoop, B. (2014). Declining and stabilising trends in prevalence of overweight and obesity in Dutch, Turkish, Moroccan and South Asian children 3-16 years of age between 1999 and 2011 in the Netherlands. *Archives of Disease in Childhood*, 99(1), 46-51.

- Delpachitra, S., & Dimitroulis, G. (2022). Osteoarthritis of the temporomandibular joint: a review of aetiology and pathogenesis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 60(4), 387-396.
- Demirbaş, A. K., Ergün, S., Güneri, P., Aktener, B. O., & Boyacıoğlu, H. (2008). Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 106(1), e41–e48.
- Devlin, H., Karayianni, K., Mitsea, A., Jacobs, R., Lindh, C., van der Stelt, P., Marjanovic, E., Adams, J., Pavitt, S., & Horner, K. (2007). Diagnosing osteoporosis by using dental panoramic radiographs: the OSTEODENT project. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104(6), 821-828.
- Dietz, W. H., & Baur, L. A. (2022). The prevention of childhood obesity. *Clinical Obesity in Adults and Children*, 323-338.
- Dimitri, P., Jacques, R., Paggiosi, M., King, D., Walsh, J., Taylor, Z., Frangi, A., Bishop, N., & Eastell, R. (2015). Leptin may play a role in bone microstructural alterations in obese children. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 100(2), 594-602.
- Ding, C., Gao, D., Wilding, J., Trayhurn, P., & Bing, C. (2012). Vitamin D signalling in adipose tissue. *British Journal of Nutrition*, 108(11), 1915-1923.
- Dinsa, G. D., Goryakin, Y., Fumagalli, E., & Suhrcke, M. (2012). Obesity and socioeconomic status in developing countries: a systematic review. *Obesity Reviews*, 13(11), 1067-1079.
- Doğusal, G., & Sönmez, I. (2017). Interrelationship between childhood obesity and pediatric dentistry: a literature review. *The Journal of Pediatric Research*, 4(3), 90-96.
- Dr. Fazzalari, N., & Parkinson, I. (1997). Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(4), 632-640.
- Dubern, B., & Clement, K. (2012). Leptin and leptin receptor-related monogenic obesity. *Biochimie*, 94(10), 2111-2115.
- Dubuc, G. R., Phinney, S. D., Stern, J. S., & Havel, P. J. (1998). Changes of serum leptin and endocrine and metabolic parameters after 7 days of energy restriction in men and women. *Metabolism*, 47(4), 429-434.
- Ducy, P., Amling, M., Takeda, S., Priemel, M., Schilling, A. F., Beil, F. T., Shen, J., Vinson, C., Rueger, J. M., & Karsenty, G. (2000). Leptin inhibits bone formation through a hypothalamic relay: a central control of bone mass. *Cell*, 100(2), 197-207.
- Dusso, A. S., Brown, A. J., & Slatopolsky, E. (2005). Vitamin D. *American Journal of Physiology. Renal Physiology*, 289(1), F8–F28.
- Dutra, V., Susin, C., da Costa, N. P., Veeck, E. B., Bahlis, A., & Fernandes, A. d. R. C. (2007). Measuring cortical thickness on panoramic radiographs: a validation study of the Mental Index. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 104(5), 686–691.
- Dutra, V., Yang, J., Devlin, H., & Susin, C. (2005). Radiomorphometric indices and their relation to gender, age, and dental status. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 99(4), 479-484.

- Dyer, S. M., Gomersall, J. S., Smithers, L. G., Davy, C., Coleman, D. T., & Street, J. M. (2017). Prevalence and characteristics of overweight and obesity in indigenous Australian children: A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(7), 1365-1376.
- Ersu, N., Şirin Sarıbal, G., Tanyeri, F. Z., & Amuk, M. (2023). Evaluation of chronic renal failure with cone beam computed tomography radiomorphometric indices and fractal analysis in the mandible. *Oral Radiology*, 39(1), 133-142.
- Eser, S., & Sarıbaş, E. (2024). Anatomical assessment of the trabecular structure of the alveolar bone in periodontal disease by fractal analysis method. *Folia Morphologica*, 83(1), 157-167.
- Evans, A. L., Paggiosi, M. A., Eastell, R., & Walsh, J. S. (2015). Bone density, microstructure and strength in obese and normal weight men and women in younger and older adulthood. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(5), 920-928.
- Fanusc, M. I., & Chang, T. L. (2004). Three-dimensional morphometric analysis of human cadaver bone: microstructural data from maxilla and mandible. *Clinical oral implants research*, 15(2), 213-218.
- Farr, O. M., Gavrieli, A., & Mantzoros, C. S. (2015). Leptin applications in 2015: what have we learned about leptin and obesity? *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 22(5), 353-359.
- Feitosa, É. F., Vasconcellos, M. M., Magalhães, R. J. P., Domingos-Vieira, A. C., Visconti, M. A., Guedes, F. R., Maiolino, A., & Torres, S. R. (2020). Bisphosphonate alterations of the jaw bones in individuals with multiple myeloma. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(2), 20190155.
- Firman, R. N., Sufiawati, I., Primarti, R. S., Nurrachman, A. S., & Damayanti, M. A. (2020). Mandibular Bone Quality of Panoramic Radiographs in HIV-Infected Children. *Dentino: Jurnal Kedokteran Gigi*, 5(1), 85-89.
- Flook, A. (1978). The use of dilation logic on the quantimet to achieve fractal dimension characterisation of textured and structured profiles. *Powder Technology*, 21(2), 295-298.
- Florez, H., Martinez, R., Chacra, W., Strickman-Stein, N., & Levis, S. (2007). Outdoor exercise reduces the risk of hypovitaminosis D in the obese. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 103(3-5), 679-681.
- Fraschino, A. V., Costa, C., Salgado, D. M. R. d. A., Coracin, F. L., Fava, M., & Odone-Filho, V. (2019). Mandibular radiomorphometric assessment of bone mineral density in survivors of pediatric hematopoietic stem-cell transplantation. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 74, e929.
- Fretz, J. A., Zella, L. A., Kim, S., Shevde, N. K., & Pike, J. W. (2006). 1, 25-Dihydroxyvitamin D3 regulates the expression of low-density lipoprotein receptor-related protein 5 via deoxyribonucleic acid sequence elements located downstream of the start site of transcription. *Molecular Endocrinology*, 20(9), 2215-2230.
- Frost, H. M. (1994). Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. *The Angle Orthodontist*, 64(3), 175-188.
- Gardiner, E. M., Baldock, P. A., Thomas, G. P., Sims, N. A., Henderson, N. K., Hollis, B., White, C. P., Sunn, K. L., Morrison, N. A., & Walsh, W. R. (2000). Increased formation and decreased resorption of bone in mice with elevated vitamin D

- receptor in mature cells of the osteoblastic lineage. *The FASEB journal*, 14(13), 1908-1916.
- Genant, H. K., Engelke, K., & Prevrhal, S. (2008). Advanced CT bone imaging in osteoporosis. *Rheumatology (Oxford, England)*, 47 Suppl 4(Suppl 4), iv9–iv16.
- Geraets, W., & Van Der Stelt, P. (2000). Fractal properties of bone. *Dentomaxillofacial Radiology*, 29(3), 144-153.
- Gillman, M. W., Rifas-Shiman, S., Berkey, C. S., Field, A. E., & Colditz, G. A. (2003). Maternal gestational diabetes, birth weight, and adolescent obesity. *Pediatrics*, 111(3), e221-e226.
- Glüer, C. C., & Group, I. Q. U. C. (1997). Quantitative ultrasound techniques for the assessment of osteoporosis: expert agreement on current status. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(8), 1280-1288.
- Goltzman, D. (2018). Functions of vitamin D in bone. *Histochemistry and Cell Biology*, 149(4), 305-312.
- Gong, A., Chen, J., Wu, J., Li, J., Wang, L., Goltzman, D., & Miao, D. (2018). 1, 25-dihydroxyvitamin D deficiency accelerates alveolar bone loss independent of aging and extracellular calcium and phosphorus. *Journal of Periodontology*, 89(8), 983-994.
- Goulding, A., & Taylor, R. (1998). Plasma leptin values in relation to bone mass and density and to dynamic biochemical markers of bone resorption and formation in postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 63, 456-458.
- Goulding, A., Taylor, R. W., Gold, E., & Lewis-Barned, N. J. (1996). Regional body fat distribution in relation to pubertal stage: a dual-energy X-ray absorptiometry study of New Zealand girls and young women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(4), 546-551.
- Govindraju, P., & Chandra, P. (2014). Radiomorphometric indices of the mandible—an indicator of osteoporosis. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 8(3), 195.
- Govindraju, P., Kumar, T. M., Chandra, P., Balaji, P., & Sowbhagya, M. (2015). Panoramic radiomorphometric indices of mandible: biomarker for osteoporosis. *Karnataka: Springer Science*, 1-23.
- Gulec, M., Tassoker, M., Ozcan, S., & Orhan, K. (2021). Evaluation of the mandibular trabecular bone in patients with bruxism using fractal analysis. *Oral Radiology*, 37(1), 36-45.
- Gulsahi, A., Yuzugullu, B., Imirzalioglu, P., & Genc, Y. (2008). Assessment of panoramic radiomorphometric indices in Turkish patients of different age groups, gender and dental status. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37(5), 288-292.
- Güleç, M., Taşşöker, M., & Özcan, S. (2019). Mandibular trabeküler kemiğin fraktal boyutu: Yaş, cinsiyet ve ilgi alanı seçiminin önemi nedir? *Selcuk Dental Journal*, 6(4), 15-19.
- Günen-Yılmaz, S., & AYTEKİN, Z. (2023). Evaluation of jaw bone changes in patients with asthma using inhaled corticosteroids with mandibular radiomorphometric indices on dental panoramic radiographs. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 28(3), e285.
- Güngör, K., Akarslan, Z., Akdevelioglu, M., Erten, H., & Semiz, M. (2006). The precision of the panoramic mandibular index. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(6), 442-446.

- Hadjidakis, D. J., & Androulakis, I. I. (2006). Bone remodeling. *Annals of the New York academy of sciences*, 1092(1), 385-396.
- Haffner, S. M., & Bauer, R. L. (1993). The association of obesity and glucose and insulin concentrations with bone density in premenopausal and postmenopausal women. *Metabolism*, 42(6), 735-738.
- Hamilton, B. S., Paglia, D., Kwan, A. Y., & Deitel, M. (1995). Increased obese mRNA expression in omental fat cells from massively obese humans. *Nature Medicine*, 1(9), 953-956.
- Hernandez, C., Simo, R., Chacon, P., Sabin, P., Baena, J., Castellanos, J., & Planas, M. (2000). Influence of surgical stress and parenteral nutrition on serum leptin concentration. *Clinical Nutrition*, 19(1), 61-64.
- Hill, P. (1998). Bone remodelling. *British Journal of Orthodontics*, 25(2), 101-107.
- Hingle, M., & Kunkel, D. (2012). Childhood obesity and the media. *Pediatric Clinics*, 59(3), 677-692.
- Hinney, A., & Hebebrand, J. (2008). Polygenic obesity in humans. *Obesity Facts*, 1(1), 35-42.
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*, 357(3), 266-281.
- Horner, K., & Devlin, H. (1998). The relationship between mandibular bone mineral density and panoramic radiographic measurements. *Journal of Dentistry*, 26(4), 337-343.
- Horner, K., Devlin, H., & Harvey, L. (2002). Detecting patients with low skeletal bone mass. *Journal of Dentistry*, 30(4), 171-175.
- Hwang, J. J., Lee, J.-H., Han, S.-S., Kim, Y. H., Jeong, H.-G., Choi, Y. J., & Park, W. (2017). Strut analysis for osteoporosis detection model using dental panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 46(7), 20170006.
- Hyppönen, E., & Power, C. (2006). Vitamin D status and glucose homeostasis in the 1958 British birth cohort: the role of obesity. *Diabetes Care*, 29(10), 2244-2246.
- Izquierdo, A. G., Crujeiras, A. B., Casanueva, F. F., & Carreira, M. C. (2019). Leptin, obesity, and leptin resistance: where are we 25 years later? *Nutrients*, 11(11), 2704.
- Jebb, S., Kopelman, P., & Butland, B. (2007). Executive summary: foresight 'tackling obesities: future choices' project. *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 8 Suppl 1, vi-ix.
- Jeddi, M., Dabbaghmanesh, M. H., Omrani, G. R., Ayatollahi, S. M. T., Bagheri, Z., & Bakhshayeshkaram, M. (2015). Relative importance of lean and fat mass on bone mineral density in Iranian children and adolescents. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 13(3), e25542.
- Jett, S., Shrout, M. K., Mailhot, J. M., Potter, B. J., & Borke, J. L. (2004). An evaluation of the origin of trabecular bone patterns using visual and digital image analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 98(5), 598-604.
- Jolley, L., Majumdar, S., & Kapila, S. (2006). Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(6), 393-397.
- Jonasson, G., Bankvall, G., & Kiliaridis, S. (2001). Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, its interdental thickness, and the bone mass of the mandible. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 92(3), 346-352.

- Kanis, J. A., Borgstrom, F., De Laet, C., Johansson, H., Johnell, O., Jonsson, B., Oden, A., Zethraeus, N., Pflieger, B., & Khaltayev, N. (2005). Assessment of fracture risk. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16(6), 581–589.
- Kato, C. N., Barra, S. G., Tavares, N. P., Amaral, T. M., Brasileiro, C. B., Mesquita, R. A., & Abreu, L. G. (2020). Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(2), 20180457.
- Kavitha, M. S., An, S.-Y., An, C.-H., Huh, K.-H., Yi, W.-J., Heo, M.-S., Lee, S.-S., & Choi, S.-C. (2015). Texture analysis of mandibular cortical bone on digital dental panoramic radiographs for the diagnosis of osteoporosis in Korean women. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 119(3), 346-356.
- Kavitha, M. S., Park, S.-Y., Heo, M.-S., & Chien, S.-I. (2016). Distributional variations in the quantitative cortical and trabecular bone radiographic measurements of mandible, between male and female populations of Korea, and its utilization. *PLoS One*, 11(12), e0167992.
- Kayipmaz, S., Akçay, S., Sezgin, Ö. S., & Çandırli, C. (2019). Trabecular structural changes in the mandibular condyle caused by degenerative osteoarthritis: a comparative study by cone-beam computed tomography imaging. *Oral Radiology*, 35(1), 51-58.
- Kershaw, E. E., & Flier, J. S. (2004). Adipose tissue as an endocrine organ. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(6), 2548-2556.
- Khera, A. V., Chaffin, M., Wade, K. H., Zahid, S., Brancale, J., Xia, R., Distefano, M., Senol-Cosar, O., Haas, M. E., & Bick, A. (2019). Polygenic prediction of weight and obesity trajectories from birth to adulthood. *Cell*, 177(3), 587-596.
- Kiliaridis, S., Thilander, B., Kjellberg, H., Topouzelis, N., & Zafiriadis, A. (1999). Effect of low masticatory function on condylar growth: a morphometric study in the rat. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116(2), 121-125.
- Kim, C. H. (2016). Measurements of adiposity and body composition. *The Korean Journal of Obesity*, 25(3), 115-120.
- Kim, S., Yamazaki, M., Zella, L. A., Shevde, N. K., & Pike, J. W. (2006). Activation of receptor activator of NF- κ B ligand gene expression by 1, 25-dihydroxyvitamin D3 is mediated through multiple long-range enhancers. *Molecular and Cellular Biology*, 26(17), 6469-6486.
- Kitazawa, R., Mori, K., Yamaguchi, A., Kondo, T., & Kitazawa, S. (2008). Modulation of mouse RANKL gene expression by Runx2 and vitamin D3. *Journal of Cellular Biochemistry*, 105(5), 1289-1297.
- Klein, K. O., Larmore, K. A., de Lancey, E., Brown, J. M., Considine, R. V., & Hassink, S. G. (1998). Effect of obesity on estradiol level, and its relationship to leptin, bone maturation, and bone mineral density in children. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 83(10), 3469-3475.
- Klemetti, E., Kolmakov, S., & Kröger, H. (1994). Pantomography in assessment of the osteoporosis risk group. *European Journal of Oral Sciences*, 102(1), 68-72.
- Knezović Zlatarić, D., Meštrović, S., & Kostelac, D. (2006). The comparison of cortical thickness of the lower border of the mandible in three malocclusion groups dependent on age and gender. *Acta stomatologica Croatica: International Journal of Oral Sciences and Dental Medicine*, 40(2), 116-125.

- Kolaczynski, J. W., Considine, R. V., Ohannesian, J., Marco, C., Opentanova, I., Nyce, M. R., Myint, M., & Caro, J. F. (1996). Responses of leptin to short-term fasting and refeeding in humans: a link with ketogenesis but not ketones themselves. *Diabetes*, 45(11), 1511-1515.
- Kolaczynski, J. W., Ohannesian, J. P., Considine, R. V., Marco, C. C., & Caro, J. (1996). Response of leptin to short-term and prolonged overfeeding in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 81(11), 4162-4165.
- Kolcakoglu, K., Amuk, M., & Sirin Saribal, G. (2022). Evaluation of mandibular trabecular bone by fractal analysis on panoramic radiograph in paediatric patients with sleep bruxism. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 32(6), 776-784.
- Kranioti, E. F., Bonicelli, A., & García-Donas, J. G. (2019). Bone-mineral density: clinical significance, methods of quantification and forensic applications. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 9(1), 9-21.
- Kurşun-Çakmak, E. Ş., & Bayrak, S. (2018). Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 126(2), 184-191.
- Kwon, A.-Y., Huh, K.-H., Yi, W.-J., Lee, S.-S., Choi, S.-C., & Heo, M.-S. (2017). Is the panoramic mandibular index useful for bone quality evaluation? *Imaging Science in Dentistry*, 47(2), 87-92.
- Ledgerton, D., Horner, K., Devlin, H., & Worthington, H. (1997). Panoramic mandibular index as a radiomorphometric tool: an assessment of precision. *Dentomaxillofacial Radiology*, 26(2), 95-100.
- Ledgerton, D., Horner, K., Devlin, H., & Worthington, H. (1999). Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. *Dentomaxillofacial Radiology*, 28(3), 173-181.
- Lee, D.-H., Ku, Y., Rhyu, I.-C., Hong, J.-U., Lee, C.-W., Heo, M.-S., & Huh, K.-H. (2010). A clinical study of alveolar bone quality using the fractal dimension and the implant stability quotient. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 40(1), 19-24.
- Lee, K., Choi, S., Park, T., & You, D. (1999). Fractal dimension calculated from two types of region of interest. *Dentomaxillofacial Radiology*, 28(5), 284-289.
- Leite, A. F., de Souza Figueiredo, P. T., Guia, C. M., Melo, N. S., & de Paula, A. P. (2010). Correlations between seven panoramic radiomorphometric indices and bone mineral density in postmenopausal women. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(3), 449-456.
- Lekholm, U. (1985). Tissue-integrated prostheses. *Osseointegration in clinical dentistry*.
- Lenders, C. M., Feldman, H. A., Von Scheven, E., Merewood, A., Sweeney, C., Wilson, D. M., Lee, P. D., Abrams, S. H., Gitelman, S. E., & Wertz, M. S. (2009). Relation of body fat indexes to vitamin D status and deficiency among obese adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 459-467.
- Li, Y., Pollock, C. A., & Saad, S. (2021). Aberrant DNA methylation mediates the transgenerational risk of metabolic and chronic disease due to maternal obesity and overnutrition. *Genes*, 12(11), 1653.
- Lieben, L., Masuyama, R., Torrekens, S., Van Looveren, R., Schrooten, J., Baatsen, P., Lafage-Proust, M.-H., Dresselaers, T., Feng, J. Q., & Bonewald, L. F. (2012). Normocalcemia is maintained in mice under conditions of calcium malabsorption

- by vitamin D–induced inhibition of bone mineralization. *The Journal of Clinical Investigation*, 122(5), 1803-1815.
- Lillycrop, K. A., & Burdge, G. C. (2011). Epigenetic changes in early life and future risk of obesity. *International Journal of Obesity*, 35(1), 72-83.
- Liu, H., Guo, J., Wang, L., Chen, N., Karaplis, A., Goltzman, D., & Miao, D. (2009). Distinctive anabolic roles of 1, 25-dihydroxyvitamin D3 and parathyroid hormone in teeth and mandible versus long bones. *Journal of Endocrinology*, 203(2), 203.
- Liu, W., Zhou, X., Li, Y., Zhang, S., Cai, X., Zhang, R., Gong, S., Han, X., & Ji, L. (2020). Serum leptin, resistin, and adiponectin levels in obese and non-obese patients with newly diagnosed type 2 diabetes mellitus: A population-based study. *Medicine*, 99(6), e19052.
- Locke, A. E., Kahali, B., Berndt, S. I., Justice, A. E., Pers, T. H., Day, F. R., Powell, C., Vedantam, S., Buchkovich, M. L., & Yang, J. (2015). Genetic studies of body mass index yield new insights for obesity biology. *Nature*, 518(7538), 197-206.
- Loos, R. J., & Yeo, G. S. (2022). The genetics of obesity: from discovery to biology. *Nature Reviews Genetics*, 23(2), 120-133.
- Lopes, R., & Betrouni, N. (2009). Fractal and multifractal analysis: a review. *Medical image analysis*, 13(4), 634-649.
- López-Gómez, J. J., Castrillón, J. L. P., & de Luis Román, D. A. (2016). Impact of obesity on bone metabolism. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 63(10), 551-559.
- López López, J., Estrugo Devesa, A., Jané Salas, E., Ayuso Montero, R., & Gómez Vaquero, C. (2011). Early diagnosis of osteoporosis by means of orthopantomograms and oral x-rays: a systematic review. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 2011, vol. 16, num. 7, p. 905-913.
- Lönnqvist, F., Arner, P., Nordfors, L., & Schalling, M. (1995). Overexpression of the obese (ob) gene in adipose tissue of human obese subjects. *Nature medicine*, 1(9), 950-953.
- Ludwig, D. S., & Ebbeling, C. B. (2018). The carbohydrate-insulin model of obesity: beyond “calories in, calories out”. *JAMA Internal Medicine*, 178(8), 1098-1103.
- Maestro, B., Dávila, N., Carranza, M. C., & Calle, C. (2003). Identification of a Vitamin D response element in the human insulin receptor gene promoter. *The Journal Of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 84(2-3), 223-230.
- Magat, G., & Ozcan Sener, S. (2019). Evaluation of trabecular pattern of mandible using fractal dimension, bone area fraction, and gray scale value: comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography. *Oral Radiology*, 35, 35-42.
- Mandelbrot, B. (1982). *The fractal geometry of nature*, vol. 460p. New York, NY: W. H. In: Freeman and Company.
- Manzoni, P., Brambilla, P., Pietrobelli, A., Beccaria, L., Bianchessi, A., Mora, S., & Chiumello, G. (1996). Influence of body composition on bone mineral content in children and adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(4), 603-607.
- Masood, B., & Moorthy, M. (2023). Causes of obesity: a review. *Clinical Medicine*, 23(4), 284-291.
- McGrath, J., Feron, F., Eyles, D., & Mackay-Sim, A. (2001). Vitamin D: the neglected neurosteroid? *Trends Neurosci*, 24(10), 570-572.

- Michel, B. A., Bloch, D. A., & Fries, J. F. (1989). Weight-bearing exercise, overexercise, and lumbar bone density over age 50 years. *Archives of Internal Medicine*, 149(10), 2325-2329.
- Misch, C. (1993). *Density of Bone: Effect on Treatment Planning Surgical Approach and Healing in Contemporary Implant Dentistry*. St. Louis, MO: CV Mosby, 470-483.
- Moisio, K. C., Podolskaya, G., Barnhart, B., Berzins, A., & Sumner, D. (2003). pQCT provides better prediction of canine femur breaking load than does DXA. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 3(3), 240-245.
- Moon, R. J., D'Angelo, S., Holroyd, C. R., Crozier, S. R., Godfrey, K. M., Davies, J. H., Cooper, C., & Harvey, N. C. (2023). Parent-offspring associations in body composition: findings from the Southampton Women's Survey Prospective Cohort Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 108(9), e726-e733.
- Morita, R., Yamamoto, I., Yuu, I., Hamanaka, Y., Ohta, T., Takada, M., Matsushita, R., & Masuda, K. (1997). Quantitative ultrasound for the assessment of bone status. *Osteoporosis International*, 7 Suppl 3, S128-134.
- Mosekilde, L., & Thomsen, J. (2020). Bone structure and function in relation to aging and the menopause. *Progress in the Management of the Menopause: Proceedings of the 8th International Congress on the Menopause*, Sydney, Australia,
- Mostafa, R. A., Arnout, E. A., & 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), 20160212.
- Mrdjenovic, G., & Levitsky, D. A. (2003). Nutritional and energetic consequences of sweetened drink consumption in 6-to 13-year-old children. *The Journal of Pediatrics*, 142(6), 604-610.
- Muramatsu, C., Horiba, K., Hayashi, T., Fukui, T., Hara, T., Katsumata, A., & Fujita, H. (2016). Quantitative assessment of mandibular cortical erosion on dental panoramic radiographs for screening osteoporosis. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 11(1), 2021-2032.
- Nakamoto, T., Taguchi, A., Ohtsuka, M., Suei, Y., Fujita, M., Tanimoto, K., Tsuda, M., Sanada, M., Ohama, K., & Takahashi, J. (2003). Dental panoramic radiograph as a tool to detect postmenopausal women with low bone mineral density: untrained general dental practitioners' diagnostic performance. *Osteoporosis International*, 14(1), 659-664.
- Neyzi, O., Furman, A., Bundak, R., Gunoz, H., Darendeliler, F., & Bas, F. (2006). Growth references for Turkish children aged 6 to 18 years. *Acta Paediatrica*, 95(12), 1635-1641.
- Neyzi, O., Günöz, H., Furman, A., Bundak, R., Gökçay, G., Darendeliler, F., & Baş, F. (2008). Türk çocuklarında vücut ağırlığı, boy uzunluğu, baş çevresi ve vücut kitle indeksi referans değerleri. *Çocuk sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 51(1), 1-14.
- Nguyen-Yamamoto, L., Karaplis, A. C., St-Arnaud, R., & Goltzman, D. (2017). Fibroblast growth factor 23 regulation by systemic and local osteoblast-synthesized 1, 25-dihydroxyvitamin D. *Journal of the American Society of Nephrology*, 28(2), 586-597.
- Nowak, A. J., Christensen, J. R., Mabry, T. R., Townsend, J. A., & Wells, M. H. (2019). *Pediatric Dentistry, 6e-South Asia Edition-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

- Oken, E., Levitan, E., & Gillman, M. (2008). Maternal smoking during pregnancy and child overweight: systematic review and meta-analysis. *International Journal of Obesity*, 32(2), 201-210.
- Organization, W. H. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation.
- Organization, W. H. (2018). L'eau, l'assainissement et l'hygiène dans les établissements de santé: mesures pratiques pour instaurer l'accès universel à des soins de qualité. World Health Organization.
- Önsüren, A. S., & Temur, K. T. (2025). Evaluation of Fractal and Radiomorphometric Measurements of Mandibular Bone Structure in Pediatric Patients With Molar Incisor Hypomineralization. *International Journal of Paediatric Dentistry*.
- Palermo, A., Tuccinardi, D., Defeudis, G., Watanabe, M., D'Onofrio, L., Lauria Pantano, A., Napoli, N., Pozzilli, P., & Manfrini, S. (2016). BMI and BMD: the potential interplay between obesity and bone fragility. *International journal Of Environmental Research and Public Health*, 13(6), 544.
- Papathanasiou, A. E., Nolen-Doerr, E., Farr, O. M., & Mantzoros, C. S. (2019). GEOFFREY HARRIS PRIZE LECTURE 2018: Novel pathways regulating neuroendocrine function, energy homeostasis and metabolism in humans. *European Journal of Endocrinology*, 180(2), R59-R71.
- Park, H.-K., & Ahima, R. S. (2015). Physiology of leptin: energy homeostasis, neuroendocrine function and metabolism. *Metabolism*, 64(1), 24-34.
- Parsons, T. J., Power, C., Logan, S., & Summerbelt, C. (1999). Childhood predictors of adult obesity: a systematic review. *International journal of obesity and related metabolic disorders : Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 23 Suppl 8, S1–S107.
- Pereira-Santos, M., Costa, P. d. F., Assis, A. d., Santos, C. d. S., & Santos, D. d. (2015). Obesity and vitamin D deficiency: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(4), 341-349.
- Pérusse, L., & Bouchard, C. (1999). Role of genetic factors in childhood obesity and in susceptibility to dietary variations. *Annals of Medicine*, 31(sup1), 19-25.
- Pietrobelli, A., Faith, M. S., Allison, D. B., Gallagher, D., Chiumello, G., & Heymsfield, S. B. (1998). Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *The Journal of Pediatrics*, 132(2), 204-210.
- Pigeyre, M., Yazdi, F. T., Kaur, Y., & Meyre, D. (2016). Recent progress in genetics, epigenetics and metagenomics unveils the pathophysiology of human obesity. *Clinical Science*, 130(12), 943-986.
- Pothuaud, L., Benhamou, C., Porion, P., Lespessailles, E., Harba, R., & Levitz, P. (2000). Fractal dimension of trabecular bone projection texture is related to three-dimensional microarchitecture. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15(4), 691-699.
- Prado, H. V., Debossan, S. A. T., Loayza, K. S., Abreu, L. G., Brasileiro, C. B., & Borges-Oliveira, A. C. (2023). Radiomorphometric indices and fractal dimension of the mandible in individuals with osteogenesis imperfecta: a matched cross-sectional study. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 136(1), 102-111.
- Programme, N. C. M. (2021/2022, 3 Nov 2022). National Child Measurement Programme, England, 2021/22 school year.

- Pulit, S. L., Stoneman, C., Morris, A. P., Wood, A. R., Glastonbury, C. A., Tyrrell, J., Yengo, L., Ferreira, T., Marouli, E., & Ji, Y. (2019). Meta-analysis of genome-wide association studies for body fat distribution in 694 649 individuals of European ancestry. *Human Molecular Genetics*, 28(1), 166-174.
- Renders, G., Mulder, L., Van Ruijven, L., & Van Eijden, T. (2007). Porosity of human mandibular condylar bone. *Journal of anatomy*, 210(3), 239-248.
- Riggs, B. L., & Melton III, L. J. (1992). The prevention and treatment of osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, 327(9), 620-627.
- Rinonapoli, G., Pace, V., Ruggiero, C., Ceccarini, P., Bisaccia, M., Meccariello, L., & Caraffa, A. (2021). Obesity and bone: a complex relationship. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(24), 13662.
- Roberts, K. C., Shields, M., de Groh, M., Aziz, A., & Gilbert, J.-A. (2012). Overweight and obesity in children and adolescents: results from the 2009 to 2011 Canadian Health Measures Survey. *Health Rep*, 23(3), 37-41.
- Rogers, I. (2003). The influence of birthweight and intrauterine environment on adiposity and fat distribution in later life. *International Journal of Obesity*, 27(7), 755-777.
- Rothe, L. E., Bollen, A.-M., Little, R. M., Herring, S. W., Chaison, J. B., Chen, C. S.-K., & Hollender, L. G. (2006). Trabecular and cortical bone as risk factors for orthodontic relapse. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(4), 476-484.
- Rovira-Lastra, B., Flores-Orozco, E. I., Ayuso-Montero, R., Peraire, M., & Martinez-Gomis, J. (2016). Peripheral, functional and postural asymmetries related to the preferred chewing side in adults with natural dentition. *Journal of Oral Rehabilitation*, 43(4), 279-285.
- Ruttimann, U. E., Webber, R. L., & 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), 98-110.
- Saggese, G., Baroncelli, G. I., & Bertelloni, S. (2002). Puberty and bone development. *Best practice & research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 16(1), 53-64.
- Saladin, R., De Vos, P., Guerre-Millot, M., Leturque, A., Girard, J., Staels, B., & Auwerx, J. (1995). Transient increase in obese gene expression after food intake or insulin administration. *Nature*, 377(6549), 527-528.
- Saloom, H. F., Papageorgiou, S. N., Carpenter, G. H., & Cobourne, M. T. (2017). Impact of obesity on orthodontic tooth movement in adolescents: a prospective clinical cohort study. *Journal of Dental Research*, 96(5), 547-554.
- Samarabandu, J., Acharya, R., Hausmann, E., & Allen, K. (1993). Analysis of bone X-rays using morphological fractals. *IEEE transactions on Medical Imaging*, 12(3), 466-470.
- Sánchez, I., & Uzcátegui, G. (2011). Fractals in dentistry. *Journal of Dentistry*, 39(4), 273-292.
- Sansare, K., Singh, D., & Karjodkar, F. (2012). Changes in the fractal dimension on pre- and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiology*, 28, 15-23.
- Scheiner, S., Hellmich, C., Müller, C., Bonitz, L., & Kober, C. (2015). X-ray physics-and bone composition-based estimation of thickness characteristics from clinical mandibular radiographs. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 45(1), 36-46.
- Schwartz, M. W., Woods, S. C., Porte Jr, D., Seeley, R. J., & Baskin, D. G. (2000). Central nervous system control of food intake. *Nature*, 404(6778), 661-671.

- Sener, E., Cinarcik, S., & Baksi, B. G. (2015). Use of fractal analysis for the discrimination of trabecular changes between individuals with healthy gingiva or moderate periodontitis. *Journal of Periodontology*, 86(12), 1364-1369.
- Sghaireen, M. G., Alam, M. K., Patil, S. R., Rahman, S. A., Alhabib, S., Lynch, C. D., & Al-Omiri, M. (2020). Morphometric analysis of panoramic mandibular index, mental index, and antegonial index. *Journal of International Medical Research*, 48(3), 0300060520912138.
- Shapira, N., Lessig, M., He, A., James, G., Driscoll, D., & Liu, Y. (2005). Satiety dysfunction in Prader-Willi syndrome demonstrated by fMRI. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76(2), 260-262.
- Shields, M., & Tremblay, M. S. (2010). Canadian childhood obesity estimates based on WHO, IOTF and CDC cut-points. *International Journal of Pediatric Obesity*, 5(3), 265-273.
- Shrout, M., Farley, B., Patt, S., Potter, B., Hildebolt, C., Pilgram, T., Yokoyama-Crothers, N., Dotson, M., Hauser, J., & Cohen, S. (1999). The effect of region of interest variations on morphologic operations data and gray-level values extracted from digitized dental radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(5), 636-639.
- Sindel, D., & Gula, G. (2015). Osteoporozda Kemik Mineral Yoğunluğunun Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Osteoporosis/Türk Osteoporoz Dergisi*, 21(1), 23-29.
- Skinner, A. C., Perrin, E. M., & Skelton, J. A. (2016). Prevalence of obesity and severe obesity in US children, 1999-2014. *Obesity*, 24(5), 1116-1123.
- Smith Jr, T., Lange, G., & Marks, W. B. (1996). Fractal methods and results in cellular morphology—dimensions, lacunarity and multifractals. *Journal of Neuroscience Methods*, 69(2), 123-136.
- Southard, T. E., Southard, K. A., Jakobsen, J. R., Hillis, S. L., & Najim, C. A. (1996). Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 82(5), 569-576.
- Tagger-Green, N., Refael, A., Szmukler-Moncler, S., Nemcovsky, C., Chaushu, L., & Kolerman, R. (2024). The association of systemic condition and medications on alveolar bone loss and tooth attrition. *Quintessence International*, 55(8).
- Taguchi, A. (2010). Triage screening for osteoporosis in dental clinics using panoramic radiographs. *Oral Diseases*, 16(4), 316-327.
- Taguchi, A., Suei, Y., Horner, K., Devlin, H., Nakamoto, T., Yamashina, A., Ishii, K., Ohtsuka, M., Lee, K., & Fujita, M. (2004). Is there any difference between the British and Japanese definitions of the mandibular cortical index (MCI) on panoramic radiographs? A pilot study. *Oral Radiology*, 20, 44-48.
- Tayebi, A., Tofangchiha, M., Fard, M.-A., & Gosili, A. (2017). The relationship of mandibular radiomorphometric indices to skeletal age, chronological age and skeletal malocclusion type. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(8), e970–e975.
- Temur, K. T., Magat, G., Yilmaz, M., & Ozcan, S. (2023). Evaluation of the effect of sickle cell disease on the mandibular bone of children and adolescents by image texture and radiomorphometric analysis. *Oral Radiology*, 39(4), 792-801.
- Thaker, V. V. (2017). Genetic and epigenetic causes of obesity. *Adolescent medicine: state of the art reviews*, 28(2), 379–405.

- Tolga Suer, B., Yaman, Z., & Buyuksarac, B. (2016). Correlation of Fractal Dimension Values with Implant Insertion Torque and Resonance Frequency Values at Implant Recipient Sites. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(1), 55–62.
- Tomiyama, A. J. (2019). Stress and obesity. *Annual Review of Psychology*, 70(1), 703–718.
- Tosoni, G. M., Lurie, A. G., Cowan, A. E., & Burleson, J. A. (2006). Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 102(2), 235–241.
- Triliana, R., Lam, N. N., Sawyer, R. K., Atkins, G. J., Morris, H. A., & Anderson, P. H. (2016). Skeletal characterization of an osteoblast-specific vitamin D receptor transgenic (ObVDR-B6) mouse model. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 164(1), 331–336.
- Troiano, R. P., Flegal, K. M., Kuczmarski, R. J., Campbell, S. M., & Johnson, C. L. (1995). Overweight prevalence and trends for children and adolescents: the National Health and Nutrition Examination Surveys, 1963 to 1991. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 149(10), 1085–1091.
- Turcotte, A.-F., O'Connor, S., Morin, S. N., Gibbs, J. C., Willie, B. M., Jean, S., & Gagnon, C. (2021). Association between obesity and risk of fracture, bone mineral density and bone quality in adults: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 16(6), e0252487.
- Turer, C. B., Lin, H., & Flores, G. (2013). Prevalence of vitamin D deficiency among overweight and obese US children. *Pediatrics*, 131(1), e152–e161.
- Tyrrell, J., Wood, A. R., Ames, R. M., Yaghootkar, H., Beaumont, R. N., Jones, S. E., Tuke, M. A., Ruth, K. S., Freathy, R. M., & Davey Smith, G. (2017). Gene–obesogenic environment interactions in the UK Biobank study. *International Journal of Epidemiology*, 46(2), 559–575.
- Udpike, S. X., & Nowzari, H. (2008). Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *Journal of Periodontal Research*, 43(6), 658–664.
- Väänänen, H. K., & Härkönen, P. L. (1996). Estrogen and bone metabolism. *Maturitas*, 23(1), S65–S69.
- van Leeuwen, J., Koes, B. W., Paulis, W. D., & van Middelkoop, M. (2017). Differences in bone mineral density between normal-weight children and children with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(5), 526–546.
- Veenland, J., Grashuis, J., van der Meer, F., Beckers, A., & Gelsema, E. (1996). Estimation of fractal dimension in radiographs. *Medical physics*, 23(4), 585–594.
- Vieth, R. (1999). Vitamin D supplementation, 25-hydroxyvitamin D concentrations, and safety. *The American journal of clinical nutrition*, 69(5), 842–856.
- Vimaleswaran, K. S., Berry, D. J., Lu, C., Tikkanen, E., Pilz, S., Hiraki, L. T., Cooper, J. D., Dastani, Z., Li, R., & Houston, D. K. (2013). Causal relationship between obesity and vitamin D status: bi-directional Mendelian randomization analysis of multiple cohorts. *PLoS Medicine*, 10(2), e1001383.
- von Bremen, J., Lorenz, N., & Ruf, S. (2016). Impact of body mass index on oral health during orthodontic treatment: an explorative pilot study. *European Journal of Orthodontics*, 38(4), 386–392.

- Vranić, L., Mikolašević, I., & Milić, S. (2019). Vitamin D deficiency: consequence or cause of obesity? *Medicina*, 55(9), 541.
- Wactawski-Wende, J., Hausmann, E., Hovey, K., Trevisan, M., Grossi, S., & Genco, R. J. (2005). The association between osteoporosis and alveolar crestal height in postmenopausal women. *Journal of Periodontology*, 76, 2116-2124.
- Wahner, H. W., & Fogelman, I. (1994). The evaluation of osteoporosis: dual energy X-ray absorptiometry in clinical practice.
- Wehrli, F. W. (2007). Structural and functional assessment of trabecular and cortical bone by micro magnetic resonance imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine*, 25(2), 390-409.
- Weiner, S., & Wagner, H. D. (1998). The material bone: structure-mechanical function relations. *Annual Review of Materials Science*, 28(1), 271-298.
- White, S. C., & Rudolph, D. J. (1999). Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(5), 628-635.
- Wical, K. E., & Swoope, C. C. (1974). Studies of residual ridge resorption. Part I. Use of panoramic radiographs for evaluation and classification of mandibular resorption. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 32(1), 7-12.
- Wilding, R., Slabbert, J., Kathree, H., Owen, C., Crombie, K., & Delpont, P. (1995). The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Archives of Oral Biology*, 40(1), 61-72.
- Wortsman, J., Matsuoka, L. Y., Chen, T. C., Lu, Z., & Holick, M. F. (2000). Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 690-693.
- Wright, D. C., Hucker, K. A., Holloszy, J. O., & Han, D. H. (2004). Ca²⁺ and AMPK both mediate stimulation of glucose transport by muscle contractions. *Diabetes*, 53(2), 330-335.
- Yasa, Y., Buyuk, S. K., & Genc, E. (2020). Comparison of mandibular cortical bone among obese, overweight, and normal weight adolescents using panoramic mandibular index and mental index. *Clinical Oral Investigations*, 24(1), 2919-2924.
- Yasar, F., & Akgunlu, F. (2006). The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(1), 1-9.
- Yazdi, F. T., Clee, S. M., & Meyre, D. (2015). Obesity genetics in mouse and human: back and forth, and back again. *PeerJ*, 3, e856.
- Yeler, D. Y. (2016). Bone quality and quantity measurement techniques in dentistry. *Cumhuriyet Dental Journal*, 19(1), 73-86.
- Yengo, L., Sidorenko, J., Kemper, K. E., Zheng, Z., Wood, A. R., Weedon, M. N., Frayling, T. M., Hirschhorn, J., Yang, J., & Visscher, P. M. (2018). Meta-analysis of genome-wide association studies for height and body mass index in ~ 700000 individuals of European ancestry. *Human Molecular Genetics*, 27(20), 3641-3649.
- Yeşiltepe, S., Yılmaz, A. B., Kurtuldu, E., & Sarıca, İ. (2018). Fractal analysis of temporomandibular joint trabecular bone structure in patients with rheumatoid arthritis on cone beam computed tomography images. *Meandros Medical and Dental Journal*, 19(4), 345.

- Young, A. I., Wauthier, F., & Donnelly, P. (2016). Multiple novel gene-by-environment interactions modify the effect of FTO variants on body mass index. *Nature Communications*, 7(1), 12724.
- Zeit, U., Weber, K., Soegiarto, D. W., Wolf, E., Balling, R., & Erben, R. G. (2003). Impaired insulin secretory capacity in mice lacking a functional vitamin D receptor. *The FASEB Journal*, 17(3), 1-14.
- Zeytinoğlu, M., İlhan, B., Dündar, N., & Boyacıoğlu, H. (2015). Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. *Clinical Oral Investigations*, 19, 519-524.
- Zhang, Y., Zhao, J., Chu, Z., & Zhou, J. (2016). Increasing prevalence of childhood overweight and obesity in a coastal province in China. *Pediatric Obesity*, 11(6), e22-e26.
- Zhou, X., Zhang, P., Wang, Q., Xia, S., Ji, N., Ding, Y., & Wang, Q. (2018). 25-hydroxyvitamin D3 alleviates experimental periodontitis via promoting expression of cathelicidin in mice with type 2 diabetic mellitus. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 64(5), 307-315.
- Zihni Korkmaz, M., Yemenoğlu, H., Günaçar, D. N., Ustaoglu, G., & Ateş Yildirim, E. (2023). The effects of vitamin D deficiency on mandibular bone structure: a retrospective radiological study. *Oral Radiology*, 39(1), 67-74.

8.EKLER

EK-1: Etik Kurul Onayı

	T.C. TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI Klinik Araştırmalar Etik Kurulu	
		29.05.2023
Sayı	: 83116987 - 357	
Konu	: Etik Kurul Kararı	
Toplantı Tarihi	: 13.04.2023	
Toplantı No	: 2023/07	
Proje No	: 23-KAEK-102	

Sayın, Dr. Öğretim Üyesi Alem COŞGUN

Etik Kurulumuzun 13.04.2023 tarihli toplantısında görüşülen 23-KAEK-102 kayıt numaralı **“Obez Çocuklarda Mandibular İndeksler ve Fraktal Boyut Analizi Kullanılarak Dental Panoramik Radyografi Üzerinden Kemik Değişikliklerinin Değerlendirilmesi”** başlıklı çalışmanız gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına karar verilmiştir.

İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmeliğin 14-4. maddesi ve yönergemizin 18-3. maddesine göre çalışmanız tamamlandıktan sonra sonuç raporunun tarafımıza en geç 90 gün içerisinde bildirilmesi gerekmektedir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Doç.Dr. Muzaffer KATAR
Başkan

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Tel:(0356)212 52 98-212 95 00/7515

9.ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Burcu BÖLÜKBAŞI
Kişisel Bilgiler	Uyruğu: Doğum Tarihi ve Yeri:
İletişim Bilgileri	E-posta:
Öğrenim Bilgileri	Lise: 2010–2015 Cağaloğlu Anadolu Lisesi Lisans: 2015-2020 Biruni Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Uzmanlık: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği
İş Deneyimi	2022-halen: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı