

T.C.

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**MANDİBULA MİKRO YAPISININ KONİK IŞINLI
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ, BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ,
MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ: MEKANİK TESTLER İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Diş Hekimi Sema KAYA

AĞIZ DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

(DOKTORA TEZİ)

DANIŞMAN

Doç. Dr. Alaettin KOÇ

VAN-2021

T.C.

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MANDİBULA MİKRO YAPISININ KONİK IŞINLI
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ, BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ,
MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ: MEKANİK TESTLER İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Diş Hekimi Sema KAYA

AĞIZ DIŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI

(DOKTORA TEZİ)

DANIŞMAN

Doç. Dr. Alaettin KOÇ

VAN-2021

ETİK BEYAN

T.C

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE;

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Mandibula Mikro Yapısının Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi, Bilgisayarlı Tomografi, Mikro Bilgisayarlı Tomografi İle Değerlendirilmesi: Mekanik Testler İle Karşılaştırılması.” başlıklı tezim; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikri ve hipotezi tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan bilimsel çalışma ve araştırmalar tarafımda yapılmış olup; tüm cümleler yorumlar bana aittir. Bu tezdeki bütün bilgiler akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak hazırlanıp, bu kural ve ilkeler gereği, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce sonuçlara atıf yapılmış ve kaynak olarak gösterilmiştir.

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Sema KAYA

Tarih:29/12/2021

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim sürecimde; her zaman, her konuda destek olan ve bu tez çalışmamda emeğini ve ilgisini sürekli gösteren ve bu günlere gelmem de büyük payı olan hem tez danışmanım, hem de Anabilim Dalı başkanımız olan Doç Dr. Alaettin KOÇ'a,

Doktora eğitim sürecim boyunca hem değerli bilgileri ile beni donatan; hem de her konuda varlıklarını yanımda hissettiğim Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı değerli öğretim üyeleri Prof. Dr. Özlem ÜÇOK, Prof. Dr. Meryem TORAMAN ALKURT, Prof. Dr. Zühre ZAFERSONY AKARSLAN, Prof. Dr. İlkay PEKER, Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR'e

Asistanlık hayatım boyunca desteklerini ve ilgilerini benden esirgemeyen; bu süreçte beni her daim motive eden ve akademik anlamda sürekli gelişmemi isteyen ayrıca kılavuzluk eden Dr. Öğr. Üyesi Esin ÖZLEK'e,

Tez sürecim boyuca güler yüzünü ve desteğini her zaman hissettiren Dr. Öğr. Üyesi Mehmet UĞUR'a,

Sadece bilimsel anlamda değil, bir birey olarak hayata tutunabilmem noktasında beni her zaman motive eden, yanımda olan Dr. Öğr. Üyesi Murat ESKİTAŞÇIOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Beyza ÜNALAN DEĞİRMENCİ, Dr. Öğr. Üyesi Alperen DEĞİRMENCİ'ye,

Bana çoğu zaman bir meslektaştan ziyade bir kardeş samimiyeti ve desteği gösteren; ayrıca Ortodonti Anabilim Dalı'nı ikinci ailem olarak hissetmemi sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Murat TUNCA, Dt. Yasemin TUNCA, Dt. Selma BİLEN, Dt. Hüseyin Melik BÖYÜK, Arş. Gör. Dt. Seda KOTAN ve Öğr. Gör. Helin DURSUN'a,

Doktora sürecim boyunca tek bir gün bile çalışma motivasyonunu kaybetmeden, benimle birlikte tüm zorluklara rağmen büyük özverilerle çalışan Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda görevli çalışma arkadaşlarım Sinan BAKKALBAŞI, Zafer TAYLAN, Zübeyde AKAY'a, Vehbi SÖNMEZ'e, Metin ASLAN'a

Hayatımın her anında beni yürekten ve koşulsuz kucaklayan, beni her zaman destekleyen ve seven canım aileme;

Bu günlere gelmemde en büyük destekçim, sırdaşım, akıl danışmanım CANIM ANNEME;

Sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Öğr. Gör. Dt. Sema KAYA



ÖZET

Diş hekimliği uygulamalarında maksiller ve mandibular kemik yapının radyolojik görüntüleme yöntemleri kullanarak analizini yapmak oldukça önem arz etmektedir. Bu amaçla iki boyutlu radyografi teknikleri kullanılabildiği gibi üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinden de faydalanılmaktadır. Diş hekimliği uygulamalarında rutin olarak kullanılan konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) ve tıbbi alanda daha çok kullanım alanı bulan bilgisayarlı tomografi (BT) yöntemleri bu üç boyutlu yöntemlerden bazılarıdır. Ex-vivo bir yöntem olan mikro bilgisayarlı tomografi (μ BT) yöntemi ise tomografik görüntüleme yöntemleri arasında altın standart olarak kabul edilmektedir. Cerrahi işlemlerden önce kemik yapı hakkında bilgi edinmek ve ayrıca çenelere yapılan herhangi medikal ya da cerrahi tedavi sonrası meydana gelen değişiklikler mikro düzeyde değerlendirebilmek diş hekimine oldukça faydalı bilgiler sağlayacaktır. Bu çalışmada koyun mandibulasına ait 30 adet numune KIBT, BT ve μ BT görüntüleme yöntemleri kullanılarak mikro mimarisi açısından değerlendirildi. Mikro mimarı değerlendirmesinde; BS (Bone Surface), BV (Bone Volume), TV (Total Volume), BS/TV, BV/TV, FD (Fractal Dimension), DA (Degree of Anisotropy), SMI (Structure Model Index), Tb/Th (Trabecule Thickness), Tb/Sp (Trabecule Separation) ve Con. Dens (Connectivity Density) parametreleri kullanıldı. Analizleri tamamlanan kemik numuneler mekanik basma testine tabi tutuldu. Test sonucu elde edilen basma dayanımı değerleri ile mikro yapı parametreleri arasında herhangi bir ilişki olup olmadığı lineer ve çoklu stepwise regresyon analizleri yapılarak değerlendirildi. Her bir görüntüleme yöntemi için istatistiksel olarak anlamlı modeller elde edildi. Ayrıca KIBT ve BT görüntüleme yöntemlerinin mikro yapı parametrelerini analiz etmedeki etkinliklerinin μ BT görüntüleme yöntemine göre alternatif olarak kullanılabilirliğini belirleyebilmek için Bland&Altman analizi yapıldı. Sonuç olarak; birçok parametrenin değerlendirilmesinde, diş hekimliğinde yaygın bir kullanım alanı olan KIBT görüntüleme yönteminin; altın standart olarak kabul edilen μ BT görüntüleme yöntemiyle istatistiksel olarak anlamlı şekilde uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Basma Dayanımı, Bilgisayarlı Tomografi, Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi, Mandibula, Mikro Bilgisayarlı Tomografi,

ABSTRACT

It is very important to analyze the maxillary and mandibular bone structure using radiological imaging methods in dentistry applications. For this purpose, as well as two-dimensional radiography techniques three-dimensional imaging methods can also be used. Cone-beam computed tomography (CBCT), which is routinely used in dentistry practices, and computed tomography (CT), which is more widely used in the medical field, are some of these three-dimensional methods. Micro-computed tomography (μ CT), an ex-vivo method, is considered the gold Standard among tomographic imaging methods. Getting information about the bone structure before surgical procedures and also evaluating the changes at the micro level that may occur after any medical or surgical treatment of the jaws will provide the dentist with very useful information. In this study, 30 samples of sheep mandible were evaluated in terms of microarchitecture using CBCT, CT and μ CT imaging methods. In evaluation of the bone microarchitecture; BS (Bone Surface), BV (Bone Volume), TV (Total Volume), BS/TV, BV/TV, FD (Fractal Dimension), DA (Degree of Anisotropy), SMI (Structure Model Index), Tb/Th (Trabecule Thickness), Tb/Sp (Trabecule Separation), and Con. Dens (Connectivity Density) parameters were used. The analyzed bone samples were then subjected to mechanical compression test. Linear and multiple stepwise regression analyses were performed to evaluate whether there was any relationship between the compressive strength values and the micro structure parameters obtained as a result of the test. Statistically significant models were obtained for each imaging method. In addition, Bland&Altman analysis was performed to determine the effectiveness of CBCT and CT imaging methods in analyzing micro structural parameters, as an alternative to μ CT imaging method. As a result; CBCT imaging method, which is widely used in dentistry, in the evaluation of many parameters was found to be statistically significantly compatible with the μ CT imaging method, which is accepted as the gold standard.

Key Words: Compression Test, Computed Tomography, Cone Beam Computed Tomography, Micro Computed Tomography, Mandible.

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIII
RESİMLER DİZİNİ	XV
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
1 GİRİŞ VE AMAÇ	1
2 GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Kemik Yapı	3
2.1.1 Kemik histomorfometrisi	3
2.1.2 Kemiği oluşturan yapıların özellikleri	5
2.1.3 Kemik mikro yapısı.....	8
2.1.4 Kemik geometrisi	10
2.1.5 Trabeküler kemik analizi	11
2.2 Mandibular Kemik	13
2.3 Kemik Yapıyı Etkileyen Sistemik Hastalıklar	14
2.3.1 Endokrin hastalıklar	14

2.3.2	Metabolik hastalıklar.....	15
2.3.3	Diğer sistemik hastalıklar.....	17
2.4	Çenelerin Trabeküler Yapısını Etkileyen Kemik Hastalıkları	18
2.4.1	Kemik displazileri	18
2.4.2	Diğer kemik lezyonları.....	20
2.5	Kemik Yapıyı Etkileyen İlaçlar	22
2.5.1	Nonsteroid antiinflamatur ilaçlar	22
2.5.2	Hastalığı modifiye eden antiromatizmal ilaçlar	22
2.5.3	Bifosfonatlar.....	22
2.5.4	Psikotropik ilaçlar	23
2.5.5	Antiepileptik ilaçlar.....	23
2.5.6	K vitamini	23
2.5.7	Antiasit ilaçlar	23
2.5.8	Statin grubu ilaçlar	24
2.5.9	Steroid hormonlar	24
2.6	Diş Hekimliği Uygulamalarında Kemik Yapının Değerlendirilmesi....	24
2.7	Kemik Histomorfometrisini Morfometrik Yöntemlerle Değerlendirme	27
2.8	Kemik Histomorfometrisini Belirlemede Radyolojik Değerlendirme ..	28
2.8.1	Üç boyutlu radyomorfometrik görüntüleme yöntemleri.....	29
2.9	Trabeküler Kemik Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	34

3	MATERYAL METOT	38
3.1	Kemik Numunelerinin Hazırlanması	38
3.2	Radyolojik Değerlendirme	39
3.2.1	Mikro bilgisayarlı tomografi görüntülerin elde edilmesi	39
3.2.2	Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntülerin elde edilmesi	40
3.2.3	Bilgisayarlı tomografi görüntülerin elde edilmesi	40
3.3	Numune Mikro Yapısının Radyolojik Analizi	40
3.4	Kemik Numunelerin Basma Dayanımlarının Değerlendirilmesi	43
3.5	İstatiksel Analiz	45
4	BULGULAR	47
4.1	μ BT Lineer Regresyon Analizi Bulguları	47
4.2	KIBT Lineer Regresyon Analizi Bulguları	51
4.3	BT Lineer Regresyon Analizi Bulguları	54
4.4	μ BT Çoklu Stepwise Regresyon Analizi Bulguları	57
4.5	KIBT Çoklu Stepwise Regresyon Analizi Bulguları	59
4.6	BT Çoklu Stepwise Regresyon Analizi Bulguları	62
4.7	Bland-Altman İstatiksel Analizi Bulguları	64
5	TARTIŞMA VE SONUÇ	74
	KAYNAKLAR	94
	ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
	EKLER	110

EK 1: Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu-Çalışma Onay Belgesi **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

EK-2: Tez Orjinallik Raporu 111



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. BS/ TV parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği	66
Şekil 2. BS/ TV parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	66
Şekil 3. BV/TV parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	67
Şekil 4. BV/TV parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	67
Şekil 5. FD parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	68
Şekil 6. FD parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	68
Şekil 7. Tb/Th parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	69
Şekil 8. Tb/Th parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği	69
Şekil 9. Tb/Sp parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği	70
Şekil 10. Tb/Sp parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği	70
Şekil 11. DA parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	71
Şekil 12. DA parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği	71
Şekil 13. Con. Dens parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği	72
Şekil 14. Con. Dens parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği .	72
Şekil 15. SMI parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	73
Şekil 16. SMI parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği.....	73

SİMGELER VE KISALTMALAR

BMD	: Bone Mineral Density
BMP	: Bitmap
BS	: Bone Surface
BSD	: Bone Surface Density
BS/TV	: Bone Surface / Total Volume
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
BV	: Bone Volume
BV/TV	: Bone Volume / Total Volume
Con. Dens	: Connectivity Density
Ct/Th	: Cortical Thickness
DA	: Degree of Anizotrophy
DICOM	: Digital Imaging and Communications in Medicine
FD	: Fractal Dimension
FOV	: Field Of View
HU	: Hounsfield Unite
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
LHH	: Langerhans Hücreli Histiyoitozis
Mm	: Milimetre
PTH	: Paratiroid Hormon
ROI	: Region Of Interest

SMI	: Structure Model Index
SPF	: İmplant Stability Criterion
Tb/Sp	: Trabecule Seperation
Tb/Th	: Trabecule Thickness
TBV	: Trabecular Bone Volume
TV	: Total Volume
μBT	: Mikro Bilgisayarlı Tomografi

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Koyun mandibulasından elde edilen kemik numunelerin üstten görünümü. .	39
Resim 2. Koyun mandibulasından elde edilen kemik numunelerin yandan görünümü	39
Resim 3. Kemik numuneye ait μ BT görüntüsü	42
Resim 4. Kemik numuneye ait KIBT görüntüsü	42
Resim 5. Kemik numuneye ait BT görüntüsü.....	43
Resim 6. Kemik numunelerin basma dayanımlarının değerlendirildiği Shimadzu marka cihaz	44
Resim 7. Basma dayanımı testi öncesi kemik numunelerin sabitlenmesi ve mikro boyut jiginin ayarlanması.....	45

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo- 1. μ BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları ...	47
Tablo- 2. μ BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları ...	47
Tablo- 3. μ BT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları ...	48
Tablo- 4. μ BT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları ...	48
Tablo- 5. μ BT FD değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	48
Tablo- 6. μ BT FD değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	48
Tablo- 7. μ BT Tb/Th değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	49
Tablo- 8. μ BT Tb/Th değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	49
Tablo- 9. μ BT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları.....	50
Tablo- 10. μ BT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları.....	50
Tablo- 11. μ BT mikro yapı parametreleri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	50
Tablo- 12. KIBT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	51
Tablo- 13. KIBT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	51
Tablo- 14. KIBT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	52
Tablo- 15. KIBT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	52
Tablo- 16. KIBT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	53
Tablo- 17. KIBT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	53
Tablo- 18. KIBT Con. Dens değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	53

Tablo- 19. KIBT Con. Dens değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	54
Tablo- 20. KIBT mikro yapı parametreleri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları.....	54
Tablo- 21. BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	55
Tablo- 22. BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	55
Tablo- 23. BT SMI değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	56
Tablo- 24. BT SMI değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları	56
Tablo- 25. BT mikro yapı parametreleri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları.....	57
Tablo- 26. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları.....	57
Tablo- 27. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları.....	58
Tablo- 28. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları.....	58
Tablo- 29. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları.....	58
Tablo- 30. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları.....	59
Tablo- 31. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları.....	60
Tablo- 32. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları.....	60

Tablo- 33. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları.....	61
Tablo- 34. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 3 bulguları.....	61
Tablo- 35. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 3 bulguları.....	62
Tablo- 36. Basma dayanımı ve BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi bulguları.....	63
Tablo- 37. Basma dayanımı ve BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi bulguları.....	63
Tablo- 38. μ BT, KIBT ve BT ile analiz edilen mikro yapı parametrelerin ile basma dayanımı ilişkisini gösteren çoklu stepwise regresyon modelleri	63
Tablo- 39. Bland-Altman analizi sonuçları	64

1 GİRİŞ VE AMAÇ

Diş hekimliği uygulamalarında; alveolar kemiğin kalitesinin ve kantitesinin önceden belirlenebilmesi tedavilerin başarısını artıracaktır. Bu tahminlerin önceden yapılabilmesi özellikle periodontal, ortodontik tedavilerde ve implant uygulamalarında oldukça büyük bir klinik önem arz etmektedir (Antoun ve ark., 2017). Ayrıca kemik yapının kalitesinin değerlendirilmesinde; kemiğin mikro yapısının bu konuda oldukça etkili olduğu görülmüştür (Jiang ve ark., 2005). Bununla birlikte kemik mikro yapı değerlendirmelerinde standart morfolojik parametreler şunlardır; kemik hacminin total kemik hacmine oranı BV/TV (Bone Volume/Total Volume), trabekül kalınlığı (Tb/Th-Trabecule Thickness), trabeküller arası mesafe (Tb/Sp-Trabecule Separation), trabekül sayısı (Tb/N-Trabecule Number), kortikal kalınlık (Ct/Th), konnektivite densitesi (Con. Dens), anizotropi (DA), fraktal boyut (FD) ve yapısal model indeksi (SMI- Structure Model Index) yapılarıdır (Hildebrand ve Rüegsegger, 1997). Mikro yapıların kemik kalitesini değerlendirme analizlerinde iki boyutlu değerlendirmede histolojik ya da histomorfometrik değerlendirme ve üç boyutlu değerlendirme de ise; mikro bilgisayarlı tomografi (μ BT) yöntemi altın standart olarak kabul edilmektedir (Feldkamp ve ark., 1989; Rüegsegger ve ark., 1996)

Histomorfometrik değerlendirme yöntemi; fazla zaman aldığı ve ayrıca ekstra işlem prosedürü gerektirdiği için kemik mikro yapı değerlendirmelerinde son yıllarda μ BT yöntemi oldukça yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Uchiyama ve ark., 1997). Ancak bu tomografik görüntüleme yöntemi oldukça küçük bir çalışma alanına sahip olduğu ve yüksek radyasyon içerdiğinden maalesef in- vivo çalışmalar için uygulama alanı bulamamıştır (Hsu ve ark., 2012).

Bu amaçla kullanılan bir diğer üç boyutlu değerlendirme yöntemi olan konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) yöntemi de; kemik kalite ve kantitesinin değerlendirilmesinde 1990'lerden bu yana oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur (Kapila ve ark., 2011). Ayrıca KIBT görüntüleme yönteminin alveolar kemiğin değerlendirmesinde oldukça güvenilir bir yöntem olduğunu gösteren bir çok çalışma mevcuttur (Menezes ve ark., 2016).

Diş hekimliğinde bir dönem de olsa kullanım alanı bulan bir diğer tomografi yöntemi bilgisayarlı tomografi (BT) yöntemidir. Ancak BT yöntemi kemik mikro yapıyı değerlendirme noktasında aşama aşama gelişim göstermiştir. Oral implant uygulamalarında zaman zaman kullanılan BT yöntemleri kemik mikro yapı değerlendirmesinde ve kemik yoğunluğu hesaplamalarında sınırlı kullanım alanına sahiptir (Naitoh ve ark., 2010; Araki ve Okano, 2013)

İlerleyen yaşa ve kemik yapıyı etkileyen çeşitli ilaç ve hastalıklara bağlı olarak zamanla kemik mikro yapısında değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişikliklerin de çeşitli cerrahi işlemler ve bireyin sağlıklı bir hayat sürmesi için oldukça elzem olan kemiğin gücünü etkilediği yıllardır bilinmektedir (Tovar,2005).

Bu çalışmamızda; mandibula kemik mikro yapısı altın standart olarak kabul edilen μ BT, KIBT ve BT cihazı ile değerlendirilecek; yapılan değerlendirme ile elde edilen veriler altın standart yöntem olan μ BT yöntemi değerleri ile karşılaştırılacaktır. Beraberinde kemiğin basma dayanımını; diğer bir tabirle gücünü belirleyebilmek için kemik numunelere mekanik testler yapılacaktır. Son olarak ise; mikro yapı parametrelerinden yola çıkarak basma dayanımı tahmini yapıp yapılamayacağı tespit edilmeye çalışılacaktır.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Kemik Yapı

2.1.1 Kemik histomorfometrisi

Kemik dokusu, insan vücudunda hareket ve destek görevini yerine getiren kas ve iskelet sisteminin oldukça önemli bir unsurudur. İskeleti oluşturan kemikler yapılarına göre ikiye ayrılmaktadır; bunlar kortikal kemik ve trabeküler (kansellöz) kemiktir. Kortikal kemik, apendiküler iskelette (vücudun uzun ekseninde bulunan kemiklerden oluşan iskelet) daha fazla olarak görülürken, bükme kuvvetlerine karşı oldukça dayanıklıdır. Trabeküler kemik ise, eksenel iskelette (vücudun uzun ekseninde boyunca bulunan kemiklerden oluşan iskelet) daha fazla olarak görülürken, basınç uygulayan tüm kuvvetlere karşı dayanıklı olup aynı zamanda iskelet sistemine sertlik vermektedir. Trabeküler kemik, kortikal kemiğe nazaran daha hafif ve daha gözenekli bir yapıya sahip olduğundan, kemik remodelasyonunda daha fazla yüzey alanı sağlar ve metabolik açıdan daha aktiftir (Ciarallo ve ark., 2006).

Kemiklerin tümünde değişen biyomekanik kuvvetlere uyum sağlayabilmek için sürekli olarak remodelasyon olayı meydana gelmektedir. Ayrıca mikro düzeyde hasar oluşan kemiğin tamirini sağlamak ve kemiğin gücünü korumak için kemikler yeniden şekillenmektedir. Kortikal kemik yoğun ve katı olup kemik iliği çevresini saran bir kemik yapısıdır. Trabeküler kemik ise; kemik iliği bulunan kısımlarda görülen trabeküler plaka ve çubuklardan oluşan petek benzeri bir ağdan meydana gelen bir yapıdır. Kortikal kemik trabeküler kemiğe göre metabolik açıdan daha az aktif olmakla birlikte; bu durum canlılar arasında değişiklik gösterebilmektedir (Clarke, 2008).

Kemikler histolojik olarak değerlendirildiklerinde; kemiğin merkezi kısmında Haversian (osteon) sistemi bulunduğu görülmüştür. Bu sistemi oluşturan osteonlar; kemiğin uzun eksenine paralel, çevresi intrasellüler sıvı ile dolu kalsifiye olmuş sütunlardır. Trabeküler kemik; ortalama olarak 50 ile 400 mm kalınlığında plaka ve çubuklardan oluşmaktadır. Trabeküler osteonlar ise, normal olarak yaklaşık 5 mm kalınlığındaki yarım daire şeklindedir ve eş merkezli lamellerden oluşur. Sağlıklı yetişkinlerde 14×106 trabeküler osteon olduğu ve toplam trabeküler alanın yaklaşık olarak 7 m^2 olduğu tahmin edilmektedir (Clarke, 2008). Maksilla ve mandibulada

bulunan trabeküler kemik, interdental bölgede yer alan kemi dokunun büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Garlet ve ark., 2007).

Kortikal kemikte yer alan osteonlar da yine aynı şekilde Haversian sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Bu haversian sistemleri silindir şeklindedir; ayrıca yaklaşık 400 mm uzunluğunda ve 200 mm genişliğindedir. Bu sistem kortikal kemik içinde bir ağ oluşturmaktadırlar. Bu Haversian sisteminin duvarları eş merkezli tabakalardan oluşur. Havers kanallarını birbirine bağlayan dikey kanallar Wolkman kanalları olarak adlandırılmaktadır. Wolkman kanallarının etrafında şekil olarak daireye benzeyen lameller yapı yer almaktadır. Lameller arasında bulunan boşluklara ise lakün ve lakünleri bağlayan küçük kanallara ise kanalikül adı verilir. Kemik üretiminden sorumlu olan osteoblastlar da bu lakünler içinde yer almaktadır. Havers ve Wolkman kanallarında kapiller damarlar, az miktarda yağ dokusu ve myeloid doku bulunur (Clarke, 2008).

Kortikal kemiğin dışında periosteal, içinde ise endosteal yüzey bulunmaktadır. Periosteum; kemiğin kan damarları, sinir lifleri, osteoblastlar ve osteoklastlardan zengin kemiğin dış kortikal yüzeyini çevreleyen lifli bir bağ dokusu kılıfıdır. Periosteal yüzeyin metabolik aktivitesi, büyümenin düzenlenmesinde ve kırıkların tamirinde oldukça önemlidir. Ancak eklem bölgelerinde eklemler, eklem kıkırdağı ile kaplı olduğundan periost içermezler. Periosteum, kemiğin dış kortikal yüzeyine, Sharpey kolajen lifleri adı verilen kalın kollajenöz lifler tarafından altta bulunan kemik dokusuna sıkıca bağlanmaktadır (Clarke, 2008).

Endosteum; kortikal kemiğin, trabeküler kemiğin ve kemikte yer alan Wolkman kanallarının iç yüzeyini kaplayan membranöz bir yapıdır. Endosteum yüzeyi; kemik iliği, trabeküler kemik ve kan damarı kanalları ile temas halindedir. Ayrıca kan damarı, osteoblast ve osteoklast hücreleri içermektedir. Kemik endosteal yüzeyi, yaklaşık olarak 0,5 m²'lik toplam alana sahipken, büyük biyomekanik basınca maruz kaldığından veya bitişğinde yer alan kemik iliğinde yer alan sitokinlerin de etkisiyle normal periost yüzeyine nazaran daha yüksek remodelasyon aktivitesine sahiptir (Clarke, 2008).

2.1.2 Kemiği oluşturan yapıların özellikleri

Kemikler; hidroksiapatit kristallerinin biyomineralizasyonu ile büyüyen ve gelişen kompozit materyallerdir (Golub, 2009b). Kemik doku çoğunlukla tip I kollajenlerden oluşurken; az miktarda ise non-kollajenöz proteinlerden ve proteoglikanlardan oluşmaktadır (Fratzl ve ark., 2004). Kemik yapıyı meydana getiren bu kompozit yapı, kemiğe gelen kuvvetleri elastik deformasyon özelliği ile absorbe etmesini sağlar. Böylece kemikler kırılmadan daha yüksek kuvvetlere dayanabilmektedir. Mineralden zengin kısım deformasyona karşı direnç göstermekten sorumluyken; kollajen liflerden zengin kısım ise gelen basıncın absorbe edilmesini sağlar (Seeman, 2009). Bu iki yapı kemiğin hem mekanik özelliklerini oluşturur; hem de kemiğin kırılmalara karşı direnç göstermesini sağlar.

Organik Matriks; Tip I kollajenler, kemik sentezi esnasında osteoblastlar tarafından üretilmektedir. Öncelikle, üçlü bir sarmalda üç polipeptit zincirinin oluşturduğu, post-translasyonel modifikasyonlar ve disülfid bağlarıyla stabilizasyonu sağlayan öncü prokollajenler olarak sentezlenir. Hücre dışı matriks içine salgılanan prokollajenler, N- ve C-terminallerinden klivaj edilir ve kollajen fibriller şeklinde kendiliğinden birleşmesini sağlar. Bunlar, moleküller arasında fibriller arası çapraz bağlantıların oluşumuna destek olan post-translasyonel modifikasyonlar sonucunda da stabilize olurlar (Viguet-Carrin ve ark., 2006). Ayrıca kollajen çapraz bağlarda meydana gelen anormalliklerde kemiklerde kırık görülme riskini arttırdığı görülmüştür. Deney hayvanlarında yapılan bir çalışmada düşük piridinyum içeren çapraz bağlardan oluşan kemiklerde; kemik kütlesi değişmediği halde bükülme kuvvetlerine olan direncin % 26 oranında düştüğü ve elastik modülünün ise % 30 oranında azaldığı görülmüştür (Oxlund ve ark., 1995). Ayrıca insanlarda kemiklerin direncinin artmasında bu çapraz bağların etkisinin büyük olduğu bildirilmiştir (Bailey ve ark., 1999).

Kollajenler arası bağların oluşmasında ve çapraz bağların meydana gelişinde kemik matriksinde bulunan non-kollajen proteinlerin etkisi büyüktür; dolayısıyla bu proteinlerin kollajenlerin mekanik özelliklerini de etkilediği düşünülmektedir (Wallace ve ark., 2009). Ayrıca kollajen liflerinin oryantasyonları kemiğe gelen gerilme kuvvetlerine gösterdiği mukavemetinin önemli bir belirteci olarak görülmüştür (R.B. Martin ve Ishida, 1989).

Kemiğin direncini artırmada kollajenlerin önemi, osteogenezis imperfekta gibi yetersiz kollajen yapının görüldüğü hastalıklarda kırık riskini artmasında (E. Martin ve Shapiro, 2007) ve skorbüt hastalarında (Pinnell, 1985) açıkça gözlemlenebilmektedir. Zincirler arasında ve zincir içlerindeki çapraz bağlantılar, polipeptid yapının korunmasını sağladıkları için kollajenin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde anahtar bir rol oynamaktadır. İşte bu çapraz bağlantılar, enzimatik ve enzimatik olmayan süreçlerle, yani gelişmiş glikasyon son ürünlerinin (AGE'ler) üretimiyle oluşturulabilir (Viguet-Carrin ve ark., 2006).

İnorganik Matriks; kemik dokusunun inorganik kısmı, kemik direnci ve sertliği için oldukça çok önemlidir (Follet ve ark., 2004). Yeni kemik üretimi esnasında osteoblastlar; birincil mineralizasyon olayları için bir nevi iskelet görevi gören organik matriksin yapımını sağlar. Oluşan yeni kemik daha sonra, mineral kristal sayısındaki ve boyutundaki kademeli artışa bağlı olarak aşamalı olarak ikincil mineralizasyona uğrar (Golub, 2009a). Kemik dokunun mineralizasyonunun derecesinin ise çoğunlukla kemiğin turn-over hızı ile alakalı olduğu düşünülmektedir (G. Y. Boivin ve ark., 2000). Kemik turn-over seviyesinin çok yüksek olduğu durumlarda, sekonder mineralizasyon verimli bir şekilde gerçekleşmemektedir; çünkü remodelasyon işlemi yavaş gerçekleşen bir olay olup; yeni kemik reabsorbsiyonundan önce tamamlanabilmesi için yeterli zaman yoktur. Bu durumda kemik mineralizasyonunda bir azalma görülür ve sonuç olarak da kemik sertliğinde bir azalma meydana gelir (G. Boivin ve Meunier, 2001). Bu nedenle kemik formasyonu ve absorbsiyonu arasında yeterli dengenin olması, kemik kalitesi açısından çok önemlidir ve bu dengenin iskelet sistemini oluşturan kemiklerin kırılabilirliğinde olan etkisi de birçok çalışmada vurgulanmıştır. Örneğin, post menopozal kadınlarda kırık insidansının, kemik rezorbsiyonu oranı ile ilişkili olduğu, kemik mineral yoğunluğu veya diğer kırık riskini artıran etkenlerden bağımsız olarak gösterilmiştir (Sornay-Rendu ve ark., 2005).

Aşırı derecede artmış kemik mineralizasyonu, kemik gücünü ciddi anlamda azaltırken ve atipik kırık riskini de artırabilir. Örneğin, atipik kırık bölgelerindeki kemik dokusunun yoğun bir şekilde mineralize olduğu gösterilmiştir (Donnelly ve ark., 2012). Bu durum bifosfonatlarla uzun süre tedavi gören hastalarda nadir olarak görülse de, giderek büyüyen bir klinik endişe oluşturmaktadır (Lenart ve ark., 2008).

Kemik turn-over mekanizmasında meydana gelen aşırı azalma kemik dokusunun yenilenmesini azaltmaktadır (Meunier ve Boivin, 1997). Bu olaylar kemiğin daha kırılabilir hale gelmesine neden olurken (Currey, 1990); aynı zamanda kemiğin kendi yapısını deforme edebilecek kuvvetleri absorbe edemeyecek bir hale geldiği görülür.

Sonuç olarak, günlük hareketler sırasında maruz kalınan kuvvetler, tam bir kırık oluşturmaya kadar; devam eden mikro çatlaklar oluşmasına neden olacaktır. Kemik turn-over mekanizmasının ana amaçlarından biri, deforme olmuş olan eski kemiği selektif olarak çıkarmak ve onu mekanik olarak daha etkin olan yeni bir kemik dokusuyla değiştirmektir. Bu nedenle, kemik turn-over hızının aşırı düşük olması, mikro çatlakların artmasına, kemiğin elastik özelliklerin azalmasına (Burr ve ark., 1998) ve kemiğin kırılmalara karşı daha dayanıksız deforme olmuş bir kemik oluşmasına neden olmaktadır (Mashiba ve ark., 2000). Bu nedenle, antirezorptif ilaçların uzun süreli kullanımı sırasında kemik turn-over mekanizması çok fazla bastırıldığı için, bu ilaçları kullanan hastalarda spontan gerçekleşen ve iyileşmeyen kırıklar görülmektedir (Odvina ve ark., 2005).

Kemik hücreleri osteoblastları, osteoklastları ve osteosit hücrelerini içerir. Bunlar arasında osteosit hücreleri büyük çoğunluktadır ve kemiğin remodelasyonunda temel bir role sahiptir (Bonewald, 2011). Osteosit hücrelerinin apoptozunda (Kurata ve ark., 2006) osteoklast hücreleri lokal olarak aktive olur ve kemik yıkımını artırır. Transforming büyüme faktörü (TGF)- β sentezindeki azalmalar (Heino ve ark., 2002), nükleer faktör kappa-B ligandının (RANK-L) (Zhao ve ark., 2002) ve makrofaj kolonizasyonu uyarıcı faktör (M-CSF) sentezinin (Kurata ve ark., 2006) reseptör aktivatöründe artış, apoptotik cisim sentezinin yanı sıra (Kogianni ve ark., 2008) osteoklastların aktivasyonunda rol oynar. Ayrıca, kemik matriksinde meydana gelen mikro hasarlar; osteosit hücrelerinin apoptozunu uyarak; osteoklast hücrelerinin toplanmasına yol açar ve böylece intrakortikal kemiğin remodelasyonunu artırır (Cardoso ve ark., 2009).

Bu mekanizma, daha kötü mekanik özelliklere sahip deforme kemik dokunun yenilenmesini uyarsa da (Cardoso ve ark., 2009), osteosit hücrelerinin sayıca azalması kemik dokunun rezorbe olmasına ve intrakortikal yapının daha poroz bir yapıya

dönüşmesine neden olur. Bu durum da kemik dokunun gücünü ciddi anlamda azaltmaktadır (Tatsumi ve ark., 2007).

Osteosit hücreleri bu nedenle kemiğin remodelasyonunda oldukça önemli hücrelerdir. Ancak çeşitli bulgular, osteosit hücre ağında meydana gelen hasarların, deforme kemiğin tamir mekanizmasını engelleyebileceğini (Dunstan ve ark., 1993) veya kemik rezorpsiyonunda aşırı artışa neden olarak kemik kalitesi üzerinde olumsuz etkiye sahip olacağını göstermektedir.

2.1.3 Kemik mikro yapısı

Kemiğin biyomekanik açıdan yeterli dayanıklılığa sahip olup olmadığı yalnızca kemik doku miktarına ve kemiğin biyofiziksel özelliklerine bakılarak değerlendirilmemelidir. Bu durum aynı zamanda kemiğin mikro yapısına da bağlıdır. Bu da diğer bir deyişle kemik dokusunun uzamsal olarak organize edilme şekline bağlıdır (Fonseca ve ark., 2014).

Trabeküler kemik; kortikal kemiğe nazaran daha büyük yüzey/hacim oranına sahiptir. Bu durum da; trabeküler kemiğin rezorpsiyon mekanizmasında meydana gelen artışlardan daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır. Her bir trabekül; plak benzeri bir şekilden çubuk benzeri bir şekle geçerek; hem giderek inceler, hem de trabeküller arasındaki mesafe giderek artar. Tek tek çubuk şekilli trabeküllerin progresif olarak perfore olması, trabeküller arası bağlantının kaybolmasına ve trabekül sayısının azalmasına neden olarak trabeküler kemiğin mikro yapısının bozulmasına neden olmaktadır (Laib ve ark., 2001; W. S. Siu ve ark., 2004; Boyd ve ark., 2006).

Trabeküler kemik mikro yapısında meydana gelen bu değişiklikler, kortikal kemikte meydana gelen değişikliklerden bağımsız olarak (Fields ve ark., 2009), ekstremitelerde bulunan uzun kemikler ve vertebra gövdeleri gibi trabeküler kemiğin baskın olduğu bölgelerde (Ikeda ve ark., 2001; Turner, 2002) kemik gücünü ciddi anlamda düşürmektedir. 20 ile 90 yaşları arasında gönüllü insanlarda yapılan çalışmalar, artan yaşla beraber kadınların ve erkeklerin radius kemik distal kısmındaki yer alan trabeküler kemiğin hacminde (TBV-Trabecular Bone Volume) yaklaşık % 27 oranında düşüşlerin meydana geldiğini göstermiştir (Khosla ve ark., 2006). Bununla

birlikte, kadınlarında çoğunluğunda trabekül sayısında bir azalma ve buna bağlı olarak trabeküler arasındaki mesafede artış görülürken, erkeklerin çoğunluğunda trabeküllerin kalınlığında bir azalma olduğu görülmüştür (Khosla ve ark., 2006). Ayrıca, aynı kemik bölgesi içinde TBV'de meydana gelen düşüşlerin eşit oranda olmadığı da görülmüştür (Thomas ve ark., 2009).

Kemiğe uygulanan kompresyon testi sırasında; aynı vertebra içindeki trabeküler kemik mikro yapı varyasyonlarının bile, kırık meydana gelme olasılığını değiştirdiğini ve gelen kuvvetlere karşı kemiğin mukavemetini kemik mineral yoğunluğuna kıyasla daha fazla etkilediği görülmüştür (Sran ve ark., 2004, 2007) .

Yaşlanmayla birlikte trabeküllerin mikro yapısında meydana gelen değişikliklerin, kemiğin biyomekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca; trabeküler kemiğin mikro yapısının, kemik mineral yoğunluğundan bağımsız olarak kemik gücünü önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Daha önce kırık oluşmuş ve osteopeni görülen hastalardan alınan kemik biyopsilerinde, TBV veya trabeküllerin kalınlıklarının birbirinden farklı olmamasına rağmen, daha önce kırık görülen hastaların trabeküler arası mesafesinin daha yüksek olduğu ve kırık görülmemiş bireylerle karşılaştırıldığında trabeküller arası bağlantının daha zayıf olduğu görülmüştür (Legrand ve ark., 2000).

Kortikal kemik yapısında meydana gelen zayıflamalar kırıkların oluşmasında büyük önem taşırken; kortikal kemiğin özellikle apendiküler iskelette (MacNeil ve Boyd, 2007) bulunan toplam kemik kütlelerinin önemli bir miktarını oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle kortikal kemiğin mikro yapısında meydana gelen bir bozulmanın da kemiğin gücünü önemli ölçüde etkileyeceği düşünülebilir (Bell ve ark., 1999).

İnsanlarda yapılan çalışmalar, artan yaş ile beraber kortikal kemiğin porozitesi arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Ancak bu durumun, kemik mineral yoğunluğu ile olan ilişkisi tam anlamıyla tespit edilememiştir (Cooper ve ark., 2007) .

Çalışmaya gönüllü dâhil olan genç ve yaşlı hastalara ait kemiklerde kortikal kemiğin porozite miktarı karşılaştırıldığında, aynı kemik mineral yoğunluğuna sahip

olmalarına rağmen yaşlılarda kortikal kemik porozite miktarının genç bireylere oranla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Nicks ve ark., 2012).

Ayrıca osteoporotik hastaların kemik remodelasyon mekanizması düzensizlikleri intrakortikal yapıda porozite artışı şeklinde görülebilmektedir. Beraberinde kortikal kemikte fizyolojik olarak yer alan Haversian kanal ağının, osteoklastların hareketi için bir yüzey sağladığı; ancak bu durumun da kemiğin porozitesinin artmasına neden olduğu ve kortikal kemiğin zayıflamasına yol açtığı görülmüştür. Tüm bu durumların da; sonuç olarak kemik gücünü azalttığı görülmüştür (Sietsema, 1995, Cooper ve ark, 2007) Bu bulgular, aynı kemik mineral yoğunluğuna sahip bireylerde, farklı kortikal kemik mikro yapı deformasyonlarının görülmesinin nedenini açıklamaktadır. Ayrıca bu durum bu bireylerde farklı kırık risklerinin nedenini de açıklamış olacaktır.

Ayrıca kemiğin biyomekanik özelliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda ise; insan kemiklerinin sertliğinin kortikal kemik porozite miktarı ile ters orantılı olduğu görülmüştür (Dong ve Guo, 2004). Bununla birlikte deney hayvanlarında yapılan çalışmalarda ise kortikal kemik porozite miktarının da stresle ters orantılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Fonseca ve ark., 2011).

Tüm bu sonuçlar, kortikal veya trabeküler kemiğin mikro yapısında meydana gelen değişikliklerin, kemik mekanik özelliklerinde meydana gelen önemli varyasyonlardan sorumlu olduğunu göstermektedir. Beraberinde daha da önemlisi, bu varyasyonların büyük bir miktarının sadece kemik mineral yoğunluğu ölçümleri ile tespit edilemeyeceğini göstermektedir (Fonseca ve ark., 2014).

2.1.4 Kemik geometrisi

Kemik boyut, şekil, kortikal kalınlık ve kesitsel alan gibi geometrik parametreleri, kemik gücü (Fonseca ve ark., 2012) ve kırık meydana gelme durumu (Alele ve ark., 2011) ile yakından ilişkili parametrelerdir.

Bu parametrelerden kortikal kemiğin çevre uzunluğu, kemik mukavemetinin çok önemli bir geometrik parametresidir, çünkü içi boş bir silindirin çapında meydana gelen artışlar, kemik kütlesinin bükme ve burma kuvvetlerine karşı direncini büyük anlamda artırmaktadır (Turner ve Burr, 1993).

Çünkü yaşlanma veya menopozla beraber görülen kemik çapında meydana gelen artışların, trabeküler yapıda meydana gelen zayıflamalardan dolayı kemik kütlesi üzerine destekleyici bir mekanizma olduğunu ve böylece bu artışın kemiğin gücünün stabilize etmeye çalıştığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Seeman, 2003).

Bununla birlikte kemik geometri parametrelerinden; kortikal kemik kalınlığında ve çevre uzunluğunda meydana gelen artışların kemik gücünü artırdığı ve kırık görülme riskini azalttığı görülmüştür (Ejersted ve ark., 1993, Andreassen ve ark., 1995)

Bu nedenle, kemik kalitesini değerlendirirken kullanılan diğer parametrelerde görülen değişiklikler şu şekilde yorumlanabilir. Kemik yapıda meydana gelmiş bazı bozuklukları kompanse edebilmek adına diğer parametrelerin sinerji oluşturarak; bir adaptasyon geliştirdikleri ve böylece kemik dayanıklılığının muhafaza edildiği görülmüştür. (Fonseca ve ark, 2014).

2.1.5 Trabeküler kemik analizi

Kansellöz veya trabeküler kemik örüntüsü kişiden kişiye göre, hatta aynı kişideki farklı anatomik bölgelerde bile değişebilir, bu farklılıklar herhangi bir hastalık belirtisi olarak görülmemelidir. Hekimler belirli bölgedeki trabeküler yapıyı değerlendirirken trabeküllerin dağılımını, boyutunu ve densitesini incelemeli ve vücudun karşıt bölgeleri ile kıyaslamalıdır (White ve Pharoah, 2009).

İnsanlarda maxilla anterior bölgede ince granüllü yoğun bir örüntü oluşturan trabeküllerin tipik olarak ince ve çok sayıda olduğu görülmüştür. Bununla beraber maksilla posterior bölgedeki trabeküler örüntü ise; genellikle maksiller anterior bölgedeki dizilime çok benzemekle birlikte kemik iliği boşluklarının daha geniş olduğu görülmüştür (White ve Pharoah, 2014).

Mandibula anterior bölgede yer alan trabeküller, maksilladan daha kalındır ve trabeküllerin daha horizontal olarak yerleştiği bir dizilime sahiptir. Burda bulunan trabekül sayısı, maksillada bulunan trabeküllere göre daha azdır ve buna bağlı olarak kemik iliği boşlukları ise daha geniştir (White ve Pharoah, 2014).

Mandibula posterior bölgede kökler arasında yer alan trabeküler kemik ve kemik iliği boşlukları; mandibula anterior bölgede yer alan trabekül görüntüsüne benzemektedir ancak daha geniştir. Ayrıca trabeküller bu bölgede daha horizontal olarak yerleşmişlerdir. Mandibular molar dişlerin apikallerinin altında ise trabekül sayısının gittikçe azaldığı görülmektedir. Hatta bazen mandibular molar dişlerin kökleri ile mandibula alt sınırı arasında hiç trabekül bulunmuyormuş gibi bile görünebilmektedir (White ve Pharoah, 2014).

Trabeküllerin her iki çenedeki dağılımı ve büyüklüğü, komşuluğunda yer alan kortikal kemiğin kalınlığı ile ilişki gösterdiği görülmüştür. Kortikal kemik tabakasının kalın olduğu yerlerde; içten trabekül yapı ile desteklenme ihtiyacı az olduğundan daha az trabekül yapı bulunmaktadır. Bununla birlikte kortikal kemik tabakasının ince ve daha esnek olduğu, maksillada ve mandibula anterior bölgede, trabekül sayısı oldukça fazladır ve çeneye gelebilecek kuvvetlere karşı iç destek sağlamaktadır (White ve Pharoah, 2014).

Mandibula ve maksillada çiğneme sırasında dişlerden gelen herhangi bir basınç doğrudan trabeküler kemiğe iletilir. Bununla beraber trabeküler kemik, diş hareketlerine, diş kayıplarına veya çiğneme özelliklerine yanıt olarak yeniden şekillenmeye ve yaşam boyunca değişmeye devam eder (Bresin ve ark., 1999). Bu nedenle, fonksiyonda olan dişlerin varlığında, trabeküler kemik hacmi ve yapısal özellikleri alveollerde bazal kemiğe göre değişecektir.

Trabeküler kemiğin analizi, trabeküler kemik içeren dokulardan küçük numuneler elde etmek ve bu numuneleri deforme olana kadar sıkıştırmak ya da çekmek şeklindedir. Yani bu kemiklere basma çekme testleri uygulanması şeklindedir. Trabeküler kemik içerik özellikleri, trabeküler kemik dokuda hiç boşluk yokmuş gibi kuvvet ve yer değiştirme verileri kullanılarak hesaplanır. Bu şekilde hesaplanan malzeme özelliklerine ise görünür mekanik özellikler denir (Fyhrie, 2010).

Yapılan çalışmalara göre; trabeküler kemiğin gücünün Young modülü hesaplanarak gerçeğe oldukça yakın bir tahmin yapılabileceğini göstermektedir. Ancak Young modülü ve kemiğin gücü arasındaki ilişki, kemik altyapısının anormal olduğu durumlarda geçerli değildir. Örneğin, osteogenez imperfekta gibi kollajen defekti

bulunan veya diğer kollajen hasarı bulunan kişilerde, Young modülü ve kemik gücü arasındaki ilişkinin normal olmadığı görülmüştür (Hvid ve ark., 1983).

Kemiğin mekanik özelliklerine zarar veren en önemli değişiklik ise trabeküler yapıların transeksiyonlarının osteoklastik rezorpsiyon sonucu bozulmasıdır (Silva ve Gibson, 1997). Trabeküler yapının rezorbsiyonu dışında trabeküller arası bağlantının deforme olması, trabeküler yapıyı oluşturan elemanların zayıflaması sonucu meydana gelecek olan etkiden daha büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle trabeküler yapının deforme olmasının önlenmesi, yaşlanma ile beraber meydana gelen mekanik özelliklerinin zayıflamasının engellenmesinin en iyi yollarından biridir (Hvid ve ark., 1983).

2.2 Mandibular Kemik

İntra-uterin hayatın altıncı ve yedinci haftasında oluşmaya başlayan mandibulanın ilk olarak korpus ve ramus kısmı gelişim göstermektedir. Sonrasında Meckel kıkırdağından bağımsız olarak gelişimini devam ettirmektedir. Embriyolojik gelişim sürecinde klavikula ilk kemikleşmeye başlayan kemiktir. Mandibula ise ikinci sırada kemikleşme göstermektedir (Ichim ve ark., 2006, Delaire ve Haroun, 2007).

Mandibular kemik kranyumun tek hareketli kemiğidir. Yüz kemikleri arasında da en büyük ve en kuvvetli kemiği olan mandibula yalnızca temporal kemik ile eklem yapar. Mandibular kemik mandibular korpus ve iki ramus mandibula olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır. Mandibular korpus alt çene ön bölgede yer alır ve kavisli bir şekle sahiptir. Mandibular korpusu da iki ayrı segment olarak incelemek mümkündür. Bunlar basis mandibula ve mandibulanın alveolar parçasıdır. Mandibula, vücudun diğer kemikleri ile karşılaştırıldığında benzersiz fonksiyonel ve yapısal özelliklere sahiptir (White ve Pharoah, 2014).

Mandibula; % 80'i kompakt kemik ve % 20'i trabeküler kemikten oluşan kortikal bir kemiktir. Kompakt kemiğin yapısı ise son derece yoğundur. Bu yoğunluk özellikle mandibula alt kısmında daha da artmıştır (Radlanski ve ark., 2003). Mandibulada yer alan trabeküler kemik, dişlerin yer aldığı alveolar kemik ve bazal kemik olarak ayrılabilir (Von Wowern ve ark., 1979). Alveollerin iç tarafları (lingual),

bukkal tarafın en kalın olduğu üçüncü molar hariç, dış taraflardan (bukkal ve labial yüzlerde) çok daha kalındır (Lee ve ark., 2001).

2.3 Kemik Yapıyı Etkileyen Sistemik Hastalıklar

Çeneleri etkileyen sistemik hastalıklar endokrin hastalıklar, metabolik hastalıklar ve diğerk sistemik hastalıklar adı altında incelenmektedir.

2.3.1 Endokrin hastalıklar

Hiperparatroidizm; içsel bir uyaran nedeni ile paratroid hormon salgı mekanizmasının değışmesine primer hiperparatroidizm denir. Ayrıca paratiroid hormonu salgılanmasını sağlayan kalsiyum iyonu dengesindeki bozulmalar; paratiroid bezin fazladan aktive olmasına neden olarak sekonder hiperparatiroidizm tablosunun oluşmasına neden olmaktadır (Fraser, 2009).

Bu hastalarda radyografik olarak; osteoporotik değışiklikler, osteitis fibrosa generalisata (kemiğın Von Recklinghausen Hastalığı) ve Brown tümörü adı verilen lezyonlar görölmektedir. Ayrıca bu hastalarda ilerleyen zamanda kemiğın trabeküler yapısının da değıştiğı görölmüştür. Zamanla hastalığın ilerleyen evrelerinde ise osteoporoz için karakteristik olan buzlu cam görüntüsü görölür. Brown tümörde karakteristik olan muntazam kenarlı, içi homojen gölgelenmiş, kemik harabiyet alanları nedeniyle kemiklerde spontan fraktürler görölebilmektedir. Çenelerdeki Brown tümörler kemikte uzun süre kaldıktan sonra bu tümörlerde santral dejenerasyonlar ve fibrozis geliştiğı için osteitis fibrosa generalisata lezyonları görölebilmektedir (Oygür, 2010)

Hipoparatroidizm; hipokalsemi, hiperfosfatemi ve az veya yetersiz seviyede paratiroid hormonu (PTH) sekresyonu ile karakterize bir hastalıktır. Psödohipoparatroidizmde de benzer bulgular görölür ancak hedef dokularda bir defekt vardır; bu defekt nedeniyle PTH direnci oluşmuştur ancak PTH seviyesi bu hastalarda yüksektir (Al-Azem ve Khan, 2012). Bu hastalarda kemik epifizlerinde erken kapanmalar ve yumuşak doku kalsifikasyonları görölmektedir. Ayrıca bu hastalarda kemikte yer alan trabekül sayı ve kalınlığında artışlar görölmüştür (Rubin ve ark, 2010).

Hiperpituarizm-akromegali-gigantizm; spesifik bir hipofiz adenomu tiplerinden olup; iskeletin uç kısımlarının aşırı büyümesi ile karakterizedir. Bu hastalarda burun, çene, eller ve ayaklar aşırı büyümüştür. Bu hastaların kafatasının dış kısmının kalınlaştığı ve paranasal sinüslerin aşırı genişlediği görülmektedir (Davidoff, 1940).

Hipopituarizm; hipofiz hormonların eksik salgılanması ile karakterize bir hastalık olup; bu hastalarda cücelik görülmektedir. Bu hastalıkta hipofiz bezinin çeşitli nedenlerle fonksiyon göremez hale gelmesi ve cerrahi operasyonlar ile çıkarılması sonucu hormon salgılayamaması ile karakterize bir hastalıktır (Harorlı ve ark., 2001).

Hipertiroidizm; kan dolaşımında fazla miktarda tiroid hormonun bulunması durumu olarak tanımlanmaktadır (Bilge ve ark., 2012). Bu hastalarda osteoklastik aktivitenin artması ile beraber kemik yoğunluğunda azalmalar görülebilmektedir (Kul ve ark., 2016)

Hipotiroidizm; tiroid bezinin az çalışmasının sonucu olarak; tiroid hormonlarının azaldığı bir hastalıktır. Konjenital, juvenil ve adult hipotiroidizm olmak üzere üç tipi bulunmaktadır (Bilge ve ark., 2012).

Cushing Sendromu; glukokortikosteroid hormonların eksojen ya da endojen nedenlerle kanda yüksek seviyede görülmesi ile karakterize bir hastalıktır. Bu hastalarda radyografik olarak kemik densitesinde azalmalar ve osteoporozlar görülmektedir. Ayrıca bu hastalarda osteoporoz kaynaklı patolojik fraktürler görülebilmektedir (Chan ve ark., 2007).

2.3.2 Metabolik hastalıklar

Osteoporoz; kemikte ömür boyu devam eden remodeling olaylarının; kemik yıkımının artışı lehine ilerlediği durumlarda görülmektedir (Ezoddini Ardakani ve ark., 2013). Osteoporoz ilerleyen yaşla birlikte görüldüğü takdirde fizyolojik osteoporoz olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca vitamin eksikliği, yetersiz beslenme, immobilize hayat tarzı, hiperparatroidizm, cushing sendromu gibi hormonal bozukluklar da osteoporoza neden olabilmektedir (Das ve Crockett, 2013).

Osteoporoz kadınlarda menapoz sonrasında östrojen hormon seviyesindeki düşüŖlere baēlı olarak daha sık ve Ŗiddetli formda görölmektedir. Hastalarda radyografik olarak kemik densitesinde azalma ve trabeküllerde incelmeler görölmektedir. Özellikle mandibula kortikal kemik kalınlığında incelmeler gözlenmektedir (White ve Pharoah, 2009).

Hipofosfotazy; otozomal dominant geēiŖi olan bir hastalıktır. Kemik yapının normal bir Ŗekilde mineralize olabilmesi için elzem olan alkalen fosfataz enziminin serumda ve dokularda düşük konsantrasyonda bulunması veya hiē bulunmaması ile karakterize bir hastalıktır. Hastalara ait radyografiler incelendiēinde; alveolar kemik densitesinde azalma ve kortikal kemik kalınlığında incelme gözlenmektedir (Reibel ve ark., 2009).

RaŖitizm ve osteomalazy; serumda yer alan kalsiyum ve fosfor seviyesindeki azalmalar; kemik sentez mekanizmasının öncöl materyali olan osteoid matriksin mineralizasyonunda bozukluēa neden olmaktadır. Hastalık Ŗayet epifizler kapandıktan önce meydana gelmiŖse raŖitizm olarak adlandırılırken; epifizler kapandıktan sonra görölürse osteomalazy Ŗeklinde adlandırılmaktadır. Osteomalazy radyolojik olarak çenelerde belirgin bir bulgu vermez. Ancak bazen mandibula angulus bölgesinde psödofraktör Ŗeklinde tanımlanan radyolüsant bir görüntöl bu hastalarda görölülebilmektedir. Bu hastalarda kortikal kemik kalınlıēı ve trabeköl sayısı azalmıŖtır (White ve Pharoah, 2009).

Osteopetrosis; kemikte ömör boyu devam eden remodeling olaylarının osteoklastik aktivitenin artması lehinde izlenen kalıtım yolu ile aktarılan bir hastalıktır. Bu hastalıēa ait radyografik bulgular oldukça tipiktir. Kemik densitesinde yaygın bir artış vardır ve bu nedenle kortikal sınırlar net bir Ŗekilde ayırt edilemeyebilmektedir. Trabeköl dizilim anormal bir görünüm kazanmıŖtır (Tohidi ve Bagherpour, 2012).

Renal osteodistrofi; kronik böbrek yetmezliēi olan hastalarda kandaki kalsiyum ve fosfor seviyelerinde meydana gelen düzensizliklerle görölen kemik dokusu bozukluklarını ifade etmektedir. Bu hastalarda D vitamini mekanizmasındaki aksaklıklar nedeniyle intestinal sistemden kalsiyumun emilimi azalmıŖtır. Kandaki kalsiyum seviyesi azaldıēı için sekonder hiperparatiroidizm geliŖmektedir. Artan

parathormon seviyesi ile kemiklerden kana kalsiyum geçişi meydana gelmektedir. Bu olaylar neticesinde kemik fraktürleri ve generalize bir demineralizasyon görölmektedir. Radyografik incelemelerde yüz kemiklerinde litik kemik lezyonları ve skleroze alanlarının aynı anda görölməsi ile karakterize tuz-biber görüntüsü dikkat çekmektedir. Trabeküler şekilleri daha kaba bir hal almış ve trabeküller sayıca azalmışlardır (Chang ve ark., 2007).

Hipofosfatemi; X genine bağlı otozomal çekinik geçişli bir hastalıktır. Bu hastalıkta böbrek fonksiyonlarındaki bozulma sonucu fosfor geri emilimi azalmıştır. Ayrıca Multiple Myeloma hastalarında da böbrekler sekonder olarak etkilenir ve hipofosfatemi tablosu görölebilir. Radyolojik değerlendirmelerde, bu hastalarda trabekül sayısının azaldığı, kortikal kemik kalınlığının azaldığı ve çenelerin daha radyolüsent izlendiği görölmüştür (White ve Pharoah, 2009).

2.3.3 Diğer sistemik hastalıklar

Orak hücreli anemi; otozomal çekinik olarak aktarılan hemoglobinin β zincirinde meydana gelen hasar nedeniyle görölen kronik kan hastalıklarından biridir (Bilge ve ark., 2012). Radyografik incelemelerde trabeküllerin incelendiği ve kortikal kemik kalınlığının azalması ile meydana gelen generalize osteoporoz dikkat çekmektedir (White ve Pharoah, 2009).

Talesemi; otozomal çekinik olarak aktarılan hemoglobin zincirlerinden bir veya bir kaçının sentezi esnasında defekt meydana gelmesi nedeniyle oluşan, hipokrom mikrositer anemi tablosu ile karakterize bir hastalıktır. Bu hastalarda yaygın osteoporoz görölmekte ve kortikal kemik sınırında incelmeler radyolojik olarak göze çarpmaktadır (White ve Pharoah, 2009).

Lösemi; kemik iliği hücrelerinin malign transformasyonu sonucu meydana gelen bir neoplazidir. Hastalara ait radyografik incelemelerde düzensiz sınırlı, yama görünümlü radyolüsent alanlar ve soğan kabuğu şeklinde periostal reaksiyonlar görölebilmektedir (White ve Pharoah, 2009).

Romatoid artrit; eklemler arasında yer alan sinoviyal sıvı içerisinde inflamatuvar içerik birikmesine neden olan; ayrıca eklem, tendon ve periartiküler bölgede

inflamasyon oluşturan otoimmün bir hastalıktır (Yılmaz ve ark., 2012). Bu hastalara ait radyografik incelemelerde; hastalığın erken döneminde bile etkilenen bölgede yer alan kemiklerde densitede azalışları dikkat çekmektedir (Kurup ve ark., 2012).

2.4 Çenelerin Trabeküler Yapısını Etkileyen Kemik Hastalıkları

Kemik hastalıkları kemik displazileri ve diğer kemik lezyonları olmak üzere iki ayrı sınıfta incelenmektedir. Kemik displazileri ise kendi içinde fibröz displaziler ve osseöz displaziler olarak ikiye ayrılırlar. Osseöz displaziler ise florid osseöz displaziler ve periapikal osseöz displaziler olarak anlatılmaktadır.

Diğer kemik lezyonları ise şunlardır: santral dev hücreli granüloma, anevrizmal kemik kisti, cherubism, paget hastalığı ve langerhans hücreli histiositozistir.

2.4.1 Kemik displazileri

Fibröz Displaziler; benign hastalıklar içerisinde değerlendirilmektedir. Normal kemik doku yerine anormal fibrosseöz doku büyümesiyle karakterizedirler. Yavaş ancak oldukça progresif büyüme göstermektedirler (Jethanamest ve Roehm, 2011; Ömeroğlu, 2021). Bu büyüme kemiklerde şekil bozukluğu ve yıkıma neden olarak meydana gelir ve organize olmamış kemik trabekülleri içermektedir (Younus ve Haleem, 1987). Hastalık tüm yaşta görülebildiği gibi daha çok gençlerde görülmektedir. Ayrıca vücudun tüm kemiklerinde de görülebilmektedir. Yapılan çalışmalarda; büyümenin kemiğin olgunlaşmasını tamamladığında durduğu görülmüştür (Morrissey ve ark., 1997).

Ramsey ve arkadaşları fibröz displazileri üç ayrı grupta tanımlamışlardır. Monostatik tip fibro-osseöz displaziler en yaygın rastlanan formdur. Genellikle tek kemik tutulumu görülür. Fibro-osseöz displazi olgularının % 70'ini oluşturur. Ayrıca olguların % 20'sinde kafa kemiklerinde tutulum gözlenmiştir. Poliostatik tip fibro-osseöz displazilerde ise birden çok kemik tutulumu görülürken; olguların ise yaklaşık olarak % 30'unu bu tip oluşturmaktadır. Ciddi anlamda kemiklerde spontan ve tekrarlayan kırıklara ve deformitelere neden olmaktadır (Nager ve ark., 1982). Mc-Cune Albright Sendromu olarak adlandırılan diğer bir tip fibro-osseöz displazi büyük bir

oranda kadınlarda gözlenmektedir. Endokrin bozukluklar ve ciltte spesifik pigmentasyonlar göstermesi ile karakterizedir. Oldukça nadir rastlanan bir formdur ancak endokrin bozukluklar nedeniyle en erken tanı konabilmektedir (Ramsey ve ark., 1968).

Osseöz Displaziler; bu displaziler kendi içinde florid osseöz displaziler ve periapikal osseöz displaziler olarak ikiye ayrılmaktadır. Florid osseöz displaziler; bu lezyonlar çenelerde oldukça nadir görülen lezyonlardır (Cannon ve ark., 1980). İlk dönemde mandibulanın Paget hastalığı, gigantiform sementoma, multiple osteoma gibi tanılar alan bu displaziler ilk kez Melrose ve arkadaşları tarafından florid semento-osseöz displazi olarak 1976'da tanımlanmıştır (Melrose ve ark., 1976, Beylouni ve ark, 1998). Etiyolojileri tam olarak bilinmemekle birlikte periodontal ligament kaynaklı reaktif ya da displastik bir değişim sonucu meydana geldiği düşünülmektedir (Blaschke, 1994). Çoğunlukla mandibula ya da maksilla premolar molar bölge yerleşimli olan bu lezyonlar; en az olarak ise maxilla anterior bölgede görülürler (MacDonald ve Jankowski, 2003). Bu displazi olgularında kemikteki doku yerine sementin ya da kemik dokunun hatta bazen iki dokunun beraber anormal bir şekilde yerleştiği görülmektedir (Wakasa ve ark., 2002). Radyolojik değerlendirmelerde; displazinin gelişim aşamalarına göre ilgili bölge tamamen radyolüsent görülebildiği gibi, radyolüsent-radyopak bir görüntü de sergileyebilmektedir. Hatta gelişimini tamamlamış lezyonlar normal kemik dokuya göre daha radyopak bir görünümde bile olabilirler.

Periapikal osseöz displaziler; bu displazilerin de florid semento osseöz displaziler ile benzer şekilde periodontal dokulardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Benign bir oluşum olup; daha çok kadınlarda ve mandibula molar bölgede karşımıza çıkmaktadır. Çoğu zaman dişsiz bölgelerde ya da çekim soketlerinin olduğu yerlerde görülmektedir (Summerlin ve Tomich, 1994, Su ve ark., 1997). Radyolojik görüntülerde etrafı sklerotik bir hatla çevrili olan bu displaziler, bulunduğu gelişim aşamasına göre radyolüsent, mix, radyopak bir görünüm sergileyebilirler (Dražić ve Minić, 1999). Bu tip displazi olgularında ilgili bölgeye implant uygulaması gibi herhangi bir cerrahi işlem yapılmayacaksa tedaviye gerek olmadığı; hastanın belirli aralıklarla radyolojik olarak takip edilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Summerlin ve Tomich, 1994). Şayet

fonksiyonel veya estetik bir problem yaratıyorsa ya da implant tedavisi gibi bir işlem uygulanacaksa mevcut lezyonun eksize edilmesi gerekmektedir (Doğan ve ark., 2007).

2.4.2 Diğer kemik lezyonları

Santral Dev Hücreli Granüloma; ilk olarak Jaffe ve Austin tarafından tanımlanan bu lezyonlar hayatın daha çok üçüncü dekadında görülmektedir. Kadınlarda daha çok rastlanılan benign bir kemik tümörüdür (Jaffe, 1953; Austin Jr ve ark., 1959; Whitaker ve Waldron, 1993). Çenelerde destruktif olarak ilerleyen bu lezyonlar daha çok mandibula anterior ve posterior bölge tutulumu yapmaktadırlar. Radyografik görüntülemelerde, mandibula korteksine kadar ilerleyen iyi sınırlı, uniloküler ya da multiloküler lezyonlar olarak karşımıza çıkabilmektedirler (Lucas, 1984).

Anevrizmal Kemik Kisti; bu kistler benign karakterli, lokal olarak büyüme gösteren kistlerdir. Ekspansif büyürler. Vasküler kaynaklı bu lezyonlar non neoplastik olarak değerlendirilmektedirler (Randall ve ark., 2000; Kervancioğlu ve ark., 2002; Cottalorda ve Bourelle, 2006; Kaila ve ark., 2007). Bu kistler mandibulada maksillaya oranla daha sık görülmektedirler. Premolar ve molar bölge tutulumları daha fazladır. Ancak nadir de olsa temporomandibular bölge tutulumu yapan vakalar da görülmüştür (Goyal ve ark., 2006; Rattan ve Goyal, 2006). Kadınlarda daha sık rastlanmaktadır. Bu kistler hayatın ikinci ve üçüncü dekadında daha çok görülmektedirler. Etyolojileri tam olarak belli değildir. Anevrizmal kistler tek başlarına görülebildikleri gibi sekonder olarak başka malign tümörlerle birlikte görülen sekonder formları da mevcuttur. Bu nedenle şüpheli durumlarda histopatolojik olarak tanı konmadan tedaviye geçilmemelidir (Cottalorda ve Bourelle, 2006). Radyolojik olarak iyi sınırlı görülmekle beraber sklerotik sınır gözlenmemektedir. Bu durum klinik olarak benign karakter gösterip; büyüme hızı bakımından malign lezyonlara benzediği için karıştırılma ihtimali yüksektir (Kaffe ve ark., 1999).

Cherubism; mandibular ve maksiller yerleşim gösteren, simetrik, bilateral lezyonlardır. Multiloküler radyolüsent görünümle karakterize fibro osseöz yapı gösteren iskelet displazilerindendir. Doğumdan sonra çeneler normal olup iki ve yedi yaşından sonra çenelerde görülen büyüme ile karakterize lezyonlardır. Bu büyümeler ergenliğe kadar devam etmektedir. Bu hastalarda melek yüz görünümü olarak adlandırılan; Tipik

yuvarlak ve dolgun bir yüz ve göz görünümü mevcuttur. Bu büyümeler yaklaşık otuz yaşına kadar devam ederek dururlar. Süreç sonunda bulgular tamamen kaybolmaktadır (Kozakiewicz ve ark., 2001; Papadaki ve ark., 2012) . Radyolojik olarak multiloküler bir görünüm sergileyen bu lezyonlarda zaman zaman diş köklerinde rezorpsiyonlar ve mandibular kortekste yıkılımlar görülebilmektedir (Raposo Amaral ve ark., 2007).

Paget; ilk kez James Paget tarafından tanımlanmıştır. Diğer bir adı osteitis deformans olarak geçmektedir. Yaşlı hastalarda osteoporozdan sonra görülen en sık kemik hastalığı olarak kabul edilmektedir. Çoğunlukla kırk yaşını geçmiş hastalarda görülen bu hastalık kronik seyirlidir. Bu hastalarda osteoklastik hücre fonksiyonundaki artışa bağlı olarak lokal kemik kayıpları görülmektedir. Beraberinde artış gösteren remodeling olayları ile beraber yoğun, şayet yapısal olarak bozuk bir iskeletsel yapı oluşmaktadır. Böylece kemiklerde kırık görülme olasılığı artarken; ciddi boyutlarda deformiteler görülmektedir (Ankrom ve Shapiro, 1998). Bu hastalarda serum alkalin fosfataz seviyesinde ciddi artışlar görülmesi tanı konulmasında belirleyici faktördür (Tiegs, 1997).

Langerhans Hücreli Histiositozis; bu hastalık langerhans hücrelerinin aşırı olarak büyümesi ile karakterize neoplazik bir hastalıktır. Çoğunlukla bebek ve çocukları etkilemektedir. Bu hastalığın Eozinofilik Granüloma; Hand Schüller Christian ve Letterer Siwe olmak üzere üç türü mevcuttur. Ancak 2016 yılında yapılmış olan çalışmaya göre; LHH (Langerhans Hücreli Histiositozis) hastalığı artık beş ayrı kategoride incelenmektedir. Bu alt gruplar L, C, R, M ve H tipi olmak üzere isimlendirilmişlerdir (Emile ve ark., 2016). Bu hastalığın ilk dönemlerinde baş boyun bölgesi lezyonları görülmektedir. Oral bölgede lezyonların görülmesi LHH hastalığının ilk bulgusu olarak değerlendirilmektedir. Bu hastalarda gingivitis, gingivada kanama, ağrı, ülserasyonlar, yumuşak doku büyümeleri ve kemik dokuda şişlikler görülmektedir. Bu hastalarda alveolar kemikte ciddi yıkımlar mevcut olup; dişlerde yer değiştirmeler ve rezorpsiyonlar gözlenmektedir. Ayrıca bu hastalarda dişler; alveol kemik desteğinden yoksun olduğu için yüzen diş görünümleri ve multiple litik kemik yapı belirleyici radyolojik özelliklerindendir (White ve Pharoah, 2014).

2.5 Kemik Yapıyı Etkileyen İlaçlar

İlaçlar tıbbi bir bozukluğu tedavi etmek amacıyla kullanılabildiği gibi bazı kemik hastalıklarını tedavi etmek amacıyla da kullanılmaktadır. Osteoporoz gibi hastalıklarda direkt kemik metabolizmasını değiştirmek amacıyla medikal tedavilerden faydalanılmaktadır. Bununla beraber kemik ile alakası olmayan bir hastalığı tedavi etmeye çalışırken; ilaca bağlı görülen istenmeyen etkiler nedeniyle de kemik formasyonunda bozulmalar görülebilmektedir (Goodman ve ark., 2007).

2.5.1 Nonsteroid antiinflamatur ilaçlar

Kemik yapı üzerine etki eden ilaçlardan artrit tedavisinde kullanılan nonsteroid antiinflamatur ilaçların etkileri şu şekildedir. Sürekli olarak kullanılan selektif ve non selektif, nonsteroid antiinflamatur ilaçların kemik kırıklarının iyileşmesini geciktirdiği ve kemik büyümesini engellediğini göstermiştir (Brown ve ark., 2004). Kronik artrit ve kronik ağrı sendromu bulunan hastalarda; kırık ve cerrahi iyileşme sürecinin hızlandırılmasının istendiği durumlarda bu ilaçların kullanımlarına ara verilmesi mantıklı olacaktır (Goodman ve ark., 2007).

2.5.2 Hastalığı modifiye eden antiromatizmal ilaçlar

Kemik yapıyı etkileyen bir diğer ilaç grubu ise hastalığı modifiye eden antiromatizmal ilaçlardır. Bu ilaçlar romatizmal hastalıklar ve diğer ilişkili hastalıkları hastalığın erken döneminde agresif bir şekilde tedavi etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu ilaçlar arasında metotreksat (MTX), siklosporin, anti-tümör nekroz faktörü- α (TNF- α) ve antiinterlökin-1 (IL-1) ajanları bulunmaktadır. Bu ilaçların bir kısmı kanser tedavilerinde de kullanılmaktadır. Bu ilaçların kemik formasyonunu bozdukları, kemik turn-over mekanizmasını değiştirdikleri ve osteoklast kaynaklı kemik rezorpsiyonuna neden oldukları görülmüştür (Di Munno ve ark., 2005).

2.5.3 Bifosfonatlar

Bifosfonatların hücresel düzeyde kullanımında osteoklastların kemik yüzeyine tutunmaları engellenerek osteoklast fonksiyonları engellenmektedir. Bifosfonatlar en fazla post-menapoz kaynaklı osteoporozda, glukokortikoid hormonu kaynaklı

osteoporozda; Paget hastalığında ve kemik yıkımı ve hiperkalsemi ile karakterize olan neoplastik hastalıklarda kullanılmaktadır (Goodman ve ark., 2007).

Bifosfonatlarla yapılan tedavilerde bifosfonatların kemik mineralizasyonunu artırdığı ve böylece kemik dokusu hacminde veya mikro yapıda herhangi değişiklik olmaksızın kırık riskini azalttığı görülmüştür (Boivin ve Meunier, 2003).

2.5.4 Psikotropik ilaçlar

Psikiyatrik hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçlar kemik densitesinde azalmaya neden olarak kemik yapıyı etkileyebilmektedir. Uzun dönem bu ilaçlarla tedavi görmüş hastalarda cerrahi işlemler öncesinde kemik yapıda meydana gelebilecek değişimler göz önünde bulundurularak hareket edilmelidir (Misra ve ark., 2004).

2.5.5 Antiepileptik ilaçlar

Antiepileptik ilaçların kemik metabolizmasını her yaşta etkilediği ve kemik anomalilerine sebep olduğu bilinmektedir (Beerhorst ve ark., 2005). Bu ilaçların uzun süre kullanımı çocuklarda Rickets hastalığına, yetişkinlerde ise osteomalazi hastalığına neden olduğu görülmüştür. Bu ilaçlar kemik mineral yoğunluğunu düşürerek kemik kırığı oluşma olasılığını artırmaktadır (Goodman ve ark., 2007).

2.5.6 K vitamini

K vitamini eksikliği olan hastalarda osteoporotik fraktür görüldüğü rapor edilmiştir (Jamal ve ark., 1998).

2.5.7 Antiasit ilaçlar

Fosfatın bir formu olan fosfor elementi kemik yapımında oldukça önemli mineral yapılarıdır. Alüminyum içerikli antiasit ilaçların fosfatın bağırsaktan emilimini azalttığı için hipofosfatemiye neden olduğu ve kemik formasyonunu olumsuz yönde etkilediği görülmüştür (Goodman ve ark., 2007).

2.5.8 Statin grubu ilaçlar

Lipit metabolizmasını değiştirerek akut kardiyovasküler etkileri önleme etkisi olan statin grubu ilaçların az da olsa alkalen fosfataz enzimi üzerinden kemik yapısı üzerine olumsuz etkileri rapor edilmiştir (Gonyeau, 2005).

2.5.9 Steroid hormonlar

Bu hormonlar kanda uygun miktarda olduğunda kemik homeostazını sağlayarak kemik iyileşmesini stimüle etmektedir (Goodman ve ark., 2007).

2.6 Diş Hekimliği Uygulamalarında Kemik Yapının Değerlendirilmesi

Kemik kalitesi; trabeküler devamlılık, kemik geometrisi, kemikte oluşmuş olan mikro hasarlar, kemik dokunun mimarisi, mineralizasyon miktarı ve kusurları gibi birçok faktöre bağlıdır. Kemik kalitesinin etkileyen en önemli faktörler arasında trabeküler kemik bulunmaktadır. Trabeküller veya trabeküla kansellöz kemiğin primer anatomik ve fonksiyonel birimi olarak görülmektedir (İbrahim ve ark., 2014). Kemikte hastalık varlığını düşündürecek bir trabekül kaybı var ise mevcut bölgeden alınmış önceki radyografiler değerlendirilmeli, değişiklik olup olmadığı saptanmalıdır.

Kemik yapının analizinde geçmiş yıllarda sıklıkla kemik mineral yoğunluğu ölçümü kullanılmaktaydı (Cakur ve ark., 2008). Ancak güncel çalışmalar kemik kalitesinin değerlendirilmesinde sadece densite ölçümlerinin yeterli olmadığını, trabeküler mikro yapı analizinin de mutlaka dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur (İbrahim ve ark., 2013).

Ayrıca kemik kalitesinin değerlendirilmesi osteoporoz gibi kemik kaybı ile ilişkili hastalıkların teşhisinde de oldukça önemli olduğunda bu hastalarda cerrahi işlemler öncesi mevcut durumun değerlendirilebilmesi oldukça avantajlı olacaktır (Bouxsein, 2003; Felsenberg ve Boonen, 2005).

Diş hekimliğinde kemiğin kalitesi ve fiziksel özellikleri değerlendirildiğinde; mandibular kemiğin maxillar kemiğe göre daha iyi; anterior bölgede yer alan kemik dokunun ise posterior bölgede yer alan kemik dokuya göre daha iyi olduğu görülmüştür (Jaffin ve Berman, 1991; Jemt ve Lekholm, 1995).

Diş hekimliğinde özellikle mandibula anterior bölgedeki kemik kalitesinin iyi olması sebebiyle bu bölgeye uygulanan implant tedavilerinin maxillada uygulanan implant tedavilerine oranla da daha başarılı olduğu görülmektedir (Adell ve ark., 1981). Maxilla posterior bölgeye uygulanan implant tedavilerinin başarısız olmasının asıl nedeninin ise; bu bölgedeki kemik kalitesinin düşük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Parsa ve ark., 2015).

Maksiller trabeküler mikro yapıyı analiz etmek için az sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen; maksiller kemiğin trabeküllerinin mikro yapısını analiz etmek için gerekli KIBT parametreleri hakkında ise fikir birliğine varılamamıştır (Hashimoto ve ark., 2006; Huang ve ark., 2012; Monje ve ark., 2014; Kim ve ark., 2015). Bu nedenle yapılan çalışmalar bu konuyu netleştirmek ve gerekli mandibular parametreleri değerlendirebilmek yönündedir.

Ayrıca ilerleyen yaşla beraber hastalarda diş kayıplarında artışlar meydana gelmektedir. Bu diş kayıplarının alveolar kemik sırtında, dikey ve yatay boyutta ileri düzeyde boyut kayıplarına neden olduğu oldukça sık görülmektedir. Bu durumun da implant tedavilerinin başarı oranını oldukça düşürdüğü görülmüştür. Tüm bu olumsuz durumların sonuçlarını minimize etmek için alveolar kemik sırtları genişletilmeye çalışılmakta ve uygun radyografi yöntemleri ile bu bölgelerin ve kemik yapının zayıf olduğu kısımlar tespit edilerek uygun implant planlamaları yapılmaya çalışılmaktadır (Lioubavina Hack ve ark., 2006).

Diş hekimliğinde özellikle implant tedavisi yapılacak olan bölgede kemiğin kalitesinin iyi, mekanik özelliklerinin yeterli, kütlesinin fazla, yapısal özelliklerinin iyi ve içeriğinin yoğun olması istenmektedir (Bouxsein, 2003; Felsenberg ve Boonen, 2005).

Başarılı bir implant tedavisi ise; ameliyat öncesinde cerrahi planlamanın doğru bir şekilde yapılması ile mümkündür. İmplant tedavilerinin başarılı olarak kabul edilmesi için önemli faktör, çevre anatomik yapılara zarar vermeksizin implantların çenede doğru bir şekilde konumlandırılmış olması gerektiği şeklindedir (Liang ve ark., 2010). Bu da ancak operasyon öncesi ilgili bölgenin hem anatomik yapılara olan mesafesinin iyi bir şekilde belirlenmesi, hem de kemik kalitesinin doğru bir şekilde

değerlendirilmesi ile mümkündür. Bu nedenle en iyi sonuca ulaştıracak radyografi yöntemi işlem öncesinde seçilmeli ve planlama bu doğrultuda yapılmalıdır.

Kemik kalitesinin zayıf olması implantın primer stabilizasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir (Bryant, 1998; Cassetta ve ark., 2014; Parsa ve ark, 2015). Primer stabilite ise o bölgede bulunan kemiğin kalitesine, kemiğin miktarına, kullanılan implantın tipine, implantın yerleştirilme tekniğine bağlı bir fenomendir (Javed ve Romanos, 2010; Meredith, 1998). Primer stabilizasyonu iyi olmayan bir implant, iyileşme döneminde hareket edecektir. Bu küçük hareketler neticesinde de implant çevresinde yer alan dokularda biyolojik bir tepki olarak fibröz doku oluşumu görülecektir. Kemik doku yerine fibröz dokunun geçmesi de, kötü kemik desteği nedeniyle implant kaybına neden olacaktır (Lioubavina Hack ve ark., 2006).

Ayrıca kortikal kemiğin primer implant stabilitesinin sağlanmasında etkili olduğu düşünülürken; trabeküler kemiğin rolünün kemik kalitesinin belirlenmesinde daha büyük öneme sahip olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise trabeküler kemiğin kortikal kemiğe oranla daha yüksek turn-over mekanizmasına sahip olması ve implant yüzeylerinin daha çok kemik yapı ile temas halinde olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir (Fanuscu ve Chang, 2004). Bu durumun da implant yüzeyindeki iyileşme ve osseointegrasyon sürecini ciddi anlamda etkilediği görülmüştür (Minkin ve Marinho, 1999).

İmplant tedavilerinin başarısı belirlenirken mevcut kemiğin gücünün de oldukça önemli bir rolü vardır. Bu nedenle kemiğin gücünü artırmak için kemik trabeküllerin yoğunluklarının ve mikro yapılarının birlikte değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Müller, 2003). Bunun sebebi ise sadece kemik trabeküler yoğunluğunun ya da sadece kemik mikro yapının değerlendirilmesinin; kemik gücünü belirleme konusunda tek başına yeterli olmamasıdır. Örneğin; kemik yoğunluğunun fazla olmasının, kemik trabekül sayısının ve trabekül kalınlıklarının da fazla olduğu anlamına gelmediği görülmüştür (İbrahim ve ark., 2014). Bu nedenle sadece trabekül yoğunluğunu değerlendirerek implant uygulanacak kemik bölgelerini seçmenin yetersiz olduğu görülmüş ve rutin kullanım için uygun olmadığına kanaat getirilmiştir (Wirth ve ark., 2011).

Tüm bu durumlar göz önüne alındığında özellikle trabeküler kemiğin mikro yapısının implant stabilitesini önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir (Wirth ve ark., 2011). Bu nedenle implant tedavilerine başlamadan önce trabeküler kemiğin mikro yapısı değerlendirilerek; uygun implant bölgelerinin belirlenmesinin işlem başarısını artıracığına dair çalışmalar mevcuttur (Panmekiate ve ark., 2014).

Yapılan başka bir çalışmada ise kaliteli bir kemikte sadece kemik kütlesinin yoğunluğunun fazla olmasının değil ayrıca kemiğin mikro yapısının da iyi olması gerektiği ifade edilmektedir (Kim ve ark., 2015). Bu aşamada; trabeküler kemiğin mikro yapısı ve kemik mineral densitesi olarak adlandırılan terminolojilerin en önemli parametreler olduğu ifade edilmektedir (Müller, 2003). Kemiğin ne kadar güçlü olduğunun tespitinde bu iki parametrenin de aynı anda değerlendirilmesinin klinisyene daha doğru bir bilgi sağlayacağı ifade edilmektedir (J. C. Teo ve ark., 2006).

2.7 Kemik Histomorfometrisini Morfometrik Yöntemlerle Değerlendirme

Kantitatif kemik morfolometri yöntemleri; trabeküler kemikteki trabeküllerin yapısal özelliklerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Trabeküler morfolometri yöntemi ise; geleneksel olarak yapısal parametrelerin görsel olarak incelendiği, ölçüldüğü ve üçüncü boyutun stereoloji temeli esas alınarak yapılan iki boyutlu değerlendirme yöntemidir (Rüegsegger ve ark., 1996).

Morfometri yöntemi konvansiyonel olarak uygulanırken; numuneler metilmetakrilat içine gömülür, ardından bu numuneler dilimler halinde bölümlere ayrılırdı. Yöntem, yüksek uzamsal çözünürlük ve yüksek görüntü kontrastı avantajı sağlamasına rağmen, yoğun emek isteyen ve zaman alıcı bir tekniktir (Williams ve Lewis, 1982; Müller ve Rüegsegger, 1996). Geçmişte trabeküler kemiğin mikro yapısının özelliklerini anlayabilmek ve morfolometrik parametreleri hesaplamak için; kemik biyopsi örnekleri geleneksel histomorfometri yöntemi kullanılarak değerlendirilirdi (Huh ve ark., 2006; Drage ve ark., 2007; Kim ve ark., 2015). Ancak geleneksel histomorfometri yöntemi ise invaziv bir teknik olup, uygulama prosedürleri oldukça karmaşıktır ve işlemler oldukça fazla zaman almaktadır (Kim ve ark., 2015). Ayrıca üç boyutlu örneklerin iki boyutta görüntülenmesine ve incelenmesine imkân verdiğinden sınırlı bilgi edilebilmektedir (Huh ve ark., 2006; Pauwels ve ark., 2015).

Histolojik kesitlerin iki boyutlu olarak analizinde görülen bazı sınırlamalarının üstesinden gelmek için, birkaç üç boyutlu (3D) ölçüm ve analiz teknikleri araştırılmaktadır. Bu amaçla kullanılan en yaygın teknik, stereo veya tarama mikroskopi yönteminin kullanılmasıdır. Bu yöntemleri kullanarak, araştırmacılar trabeküler ağda yaşla birlikte değişim gösteren trabeküler bağlantı kaybını üç boyutlu olarak gözlemleme ve modelleme imkânı elde etti (Mosekilde, 1990).

Bu yöntemle, trabeküler arası bağlantı durumu ve kayıpları ölçülebilmekte; hacim fraksiyonu ve yüzey alanı gibi diğer yapısal özelliklerin değerlendirilmesi de yapılabilmektedir. Ancak bu yöntemde numuneler kesitlere ayrıştırıldığı için; geri dönüşü mümkün olmayan bir yöntem olup; numuneler başka statik veya dinamik histomorfometrik analizlerde tekrar kullanılamamaktadır. Buna ek olarak, gerçekten destrüktif bir yöntem olan seri kesit oluşturma teknikleri ile hazırlanan numuneler deforme olmakta ve sonraki mekanik testlere veya diğer ikincil ölçümlere de olanak vermemektedir (Müller ve ark., 1998).

Günümüzde ise kemik kalitesini değerlendirmek amacıyla çok çeşitli radyografik yöntem kullanılmaktadır (Parsa ve ark., 2015). Kemik kalitesi hesaplamalarında; üç boyutlu radyografik görüntüleme yöntemlerinin yanı sıra, iki boyutlu düz radyografileri kullanılarak da kemiklerin fraktal boyutları hesaplanabileceği savunulmaktadır (İbrahim ve ark., 2013).

2.8 Kemik Histomorfometrisini Belirlemede Radyolojik Değerlendirme

Radyolojik inceleme, diş hekimliğinde hastanın klinik muayene sonrasında değerlendirmesinde kullanılan önemli bir tanı yöntemidir. 1960'larda panoramik radyografinin piyasaya sürülmesi; 1970'lerde ve 1980'lerde yaygın olarak kullanılmaya başlanması diş hekimliğinde büyük bir ilerleme kaydedilmesini sağlamıştır. Böylece bu gelişme hekimlere; çenelerin ve maksillofasial dokuların kapsamlı radyolojik görüntüsünün elde edilmesini sağlama imkânı vermiştir (Scarfe ve Farman, 2008).

Herhangi bir sebeple diş hekimine başvuran hastaların detaylı olarak değerlendirilmesinde basit, pratik ve ucuz bir görüntüleme yöntemi olan panoramik radyografiler en çok tercih edilen radyografi yöntemidir. Bu radyografilerde kemik

morfolojisi incelenebilmekte ayrıca farklı ölçüm teknikleri ile değişik analizler de yapılabilmektedir (Taguchi ve ark., 1996). Bununla birlikte, ayrı ayrı veya kombinasyon halinde kullanılan intraoral ve ekstraoral yöntemler, tüm düzlemsel iki boyutlu (2D) projeksiyon yöntemleri ile aynı dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlar obje büyüklüklerin görüntüye tam olarak yansıtılamaması, görüntülerin bozulması, bazı yapıların birbiri üzerine süperpoze olmaları ve bu nedenle doku değerlendirmelerinin istenilen şekilde yapılamaması şeklindedir. Üç boyutlu (3D) radyografik görüntülemeye yönelik çok sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Medikal BT yöntemi mevcut olmasına rağmen, maliyetinin fazla olması, erişim olanaklarının kısıtlı olması ve radyasyon dozunun fazla olması gibi sebepler nedeniyle bu cihazların diş hekimliğinde uygulama alanları sınırlı kalmıştır. Bu nedenle özellikle olarak maksillofasiyal bölgenin görüntülenmesinin amaçlandığı durumlarda KIBT kullanımı daha avantajlı olmaktadır.

2.8.1 Üç boyutlu radyomorfometrik görüntüleme yöntemleri

Bilgisayarlı tomografi; 1960'larda modern bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle uygulanabilir hale gelmiştir. Ancak o dönemde BT tıbbi amaçla kullanılmamıştır (Kalender, 2006).

Rekonstrüktif tomografinin tıbbi uygulamaları üzerine ilk deneyler, Güney Afrika'nın Cape Town'daki Groote Schuur Hastanesi'nde radyoterapi tedavi planlamasını geliştirmek için çalışan fizikçi A M Cormack tarafından gerçekleştirilmiştir (Kalender, 2006).

BT görüntüleme yönteminin ilk başarılı pratik uygulaması 1972'de halen BT'nin mucidi olarak tanınan İngiliz mühendis G N Hounsfield tarafından gerçekleştirilmiştir (Hounsfield, 1973).

Cerrahi işlem öncesi BT yöntemi; mevcut kemik hacminin analizi ve planlanan implantların uygun pozisyonunu, düzlemlerle yaptığı açıları, kullanılacak implant sayısını ve uzunluğunu belirlemeye yardımcı olması açısından oldukça kullanışlıdır. BT yöntemi, yüksek yoğunluklu bir çözünürlük imkânı verirken; ayrıca yumuşak dokuları da bir dereceye kadar görselleştirme şansı sunar (ASC. Siu ve ark., 2010). Dental

implant cerrahisi planlamalarında da BT yöntemi ile değerlendirmenin oldukça etkili olduğunu savunan çalışmalar mevcuttur (Andersson ve Kurol, 1987).

BT yöntemi; mandibular kanalın pozisyonunu, periapikal ve panoramik radyografi ile karşılaştırıldığında çok daha doğru bir şekilde yansıtır. Ayrıca mandibular anteriorundaki bukkal depresyonların varlığının BT taramalarında daha kolay saptandığı görülmüştür (A.S.C. Siu ve ark., 2010). Reformat görüntülerle yapılan bilgisayarlı tomografik incelemelerin, maksiller sinüslerin altında bulunan kemik hacmini değerlendirmenin tek etkili yolu olduğu düşünülmektedir (Andersson ve Kurol, 1987). Ayrıca BT görüntüleme yöntemi ile kemik kalınlığının değerlendirildiği durumlarda; BT yönteminin sonuçlarının güvenilir olmadığı ve bu görüntülerden elde edilen ölçümlerin tedaviyi olumsuz yönde etkilediği görülmüştür (A.S.C. Siu ve ark., 2010).

BT yönteminde, kemik kalitesi değerlendirmelerinde diğer alternatif yöntemlere nazaran hastanın daha fazla radyasyona maruz kalmasına sebep olmaktadır (Ekstube ve ark., 1992; Frederiksen ve ark., 1995; Dula ve ark., 1996;). Hatta çok kesitli BT görüntüleme yönteminde; geleneksel BT görüntüleme yöntemi protokollerine göre daha fazla radyasyon uygulandığı görülmüştür (Cohnen ve ark., 2002).

Ayrıca kemik densitesi ölçümünün, kalibre edilmiş Hounsfield üniteleri sayesinde kemik mineral yoğunluk ölçümleri hesaplanarak BT yöntemi ile yapılabileceği görülmüştür (Shahlaie ve ark., 2003; Shapurian ve ark., 2006).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi; yeni bir teknolojidir. Bu teknik, μ BT gibi farklı endüstriyel ve biyomedikal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk klinik uygulamalar arasında tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT), anjiyografi ve görüntü kılavuzu olarak KIBT yönteminin kullanıldığı radyoterapi tedavileri vardı. Oral ve maksillofasiyal bölgeyi görüntüleme imkânı sunan bu yeni tekniğe karşı farklı araştırma grupları büyük bir ilgi göstermeye başlamışlardır (De Vos ve ark., 2009).

Oral ve maksillofasiyal bölge için özel KIBT tarayıcılarını, 1990'ların sonunda; Mozzo ve arkadaşları ise (Mozzo ve ark., 1998) İtalya'da Arai ve arkadaşları (Arai ve ark., 1999) Japonya'da ve kullanmaya başlamışlardır (De Vos ve ark., 2009).

Görüntüleme, bir x-ışını kaynağı ve detektörün sabitlendiği döner bir portal kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Farklı bir piramidal veya koni şeklindeki iyonlaştırıcı radyasyon kaynağı, görüntüsü istenen bölgenin ortasından karşı taraftaki x-ışını detektörüne yönlendirilir. Röntgen kaynağı ve detektörü, görüntüsü istenen bölgenin merkezi içine sabitlenmiş bir dönme dayanağı etrafında döner. Döndürme sırasında, görüntüleme alanının (FOV- Field Of View) çoklu (150 ile 600'den fazla) ardışık düzlemsel projeksiyon görüntüsü, tam veya bazen kısmi bir yay da elde edilir. Bu prosedür, FOV alanının ayrı ayrı görüntü kesitlerini elde etmek için helezoni bir ilerlemede fan şeklinde bir x-ışını huzmesi kullanan ve daha sonra üç boyutlu bir görüntü elde etmek için kesitleri depolayan geleneksel bir tıbbi bilgisayarlı tomografi tekniğine göre farklıdır. Her kesit ayrı bir tarama ve ayrı iki boyutlu rekonstrüksiyon gerektirir. KIBT yöntemi başlangıçta anjiyografi, daha yeni tıbbi uygulamalara radyoterapi rehberliği ile beraber mamografi uygulamalarında da kullanım alanı bulmuştur (Scarfe ve Farman, 2008).

KIBT; oral ve maksillofasiyal radyoloji pratiğinde devrim yaratmayı vaat eden bir görüntüleme yöntemidir. KIBT yöntemi konvansiyonel BT yöntemine göre daha düşük bir radyasyon dozu, daha düşük maliyetli bir alternatif sunmaktadır. KIBT cihazlarının; BT cihazlarına nazaran daha küçük olması, kompakt malzeme içermesi de maksillofasiyal ve oral bölge görüntülemesinde KIBT yönteminin kolay uygulanabilir olması bu yöntemin tercih edilme sebepleri arasında olmuştur (Parsa ve ark., 2015).

Yüksek çözünürlüklü KIBT üniteleri 0,076 mm kadar bile küçük voxel boyutlarını inceleme imkânı sunar, kemik trabekül yapısını ayrıntılı bir şekilde görselleştirebilir (İbrahim ve ark., 2014). Birçok çalışma; KIBT yönteminin doğrusal ölçümlerde yüksek geometrik doğruluk gösterdiğini; (Naitoh ve ark., 2004; Lagravère ve ark., 2006) ancak kemik kalitesini değerlendirmedeki güvenilirliğinin tartışmalı olduğunu savunmaktadır. Yalnız birkaç çalışma kemik kalitesini değerlendirmek için KIBT'nin tercih edilebileceğini savunmaktadır (Dos Santos Corpas ve ark., 2011). Ancak KIBT yöntemi; Hounsfield ünitesi olarak bildiğimiz kalibre edilmiş gri voxel değerlerini göstermemektedir (Hua ve ark., 2009).

Günümüzde ise KIBT diş hekimliğinde en çok kemiklere ve dişlere ait patolojik durumlarının değerlendirilmesinde ve maksillofasiyal bölge kırıklarının

değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Maksillofasiyal dokuların yapısal deformitelerini ve kırıklarını değerlendirmede, mevcut patolojilerden etkilenen dişlerin ameliyat öncesi değerlendirilmesinde ve temporomandibular eklem görüntülemesinde kullanılmaktadır. Ayrıca implant cerrahisi öncesinde mevcut kemiğin analizinde de kullanılmaktadır. Ortodontide ise, KIBT görüntüleme şimdi üç boyutlu sefalometriye doğru ilerlemektedir. KIBT endodontik tedavilerde, maksillofasiyal bölge cerrahisinde (Nakagawa ve ark., 2002; Hamada ve ark., 2005), oral bölge ve dokuların değerlendirilmesinde (Ogawa ve ark., 2005), periodontolojide (Sato ve ark., 2004), restoratif diş hekimliği uygulamalarında (Hatcher ve ark., 2003) ve ortodonti disiplinlerini içeren çok sayıda uygulamada kullanılmaktadır (Maki ve ark., 2003). Ayrıca implantların güvenli ve sorunsuz şekilde yerleştirilmesinde rehberlikte veya ortodontik apareylerde bulunan implantların yerleştirilmeden önceki planlamalarında kullanılmaktadır. Beraberinde ciddi yüz asimetrisi olan hastalarda; ortodontik tedavilerin ve ortognatik cerrahi uygulamaların planlama aşamasında da üç boyutlu görüntüleme yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır.

KIBT yöntemi; üç boyutlu görselleştirmeye yönelik ek teşhis ve tedavi yazılımı uygulamalarının kullanımını da genişletmektedir. Çünkü KIBT yöntemi tanıdan daha fazlasına izin verir; görüntü rehberliğinde yapılan cerrahi işlemleri kolaylaştırır. Ortodontik değerlendirme ve analizlerde (örn. Dolphin 3D, Dolphin Imaging, Chatsworth, California) ve cerrahi modellerle (örn. Biomedical Modeling Inc., Boston, Massachusetts) ortodontik tedaviyi kolaylaştıran yazılımları mevcuttur. İmplant cerrahisi öncesinde sanal implant yerleşimini kolaylaştırarak; cerrahi implant kılavuz stentleri oluşturan yazılımlar mevcuttur. (Örnek: Sanal İmplant Yerleştirme, İmplant Mantık Sistemleri, Cedarhurst, New York; Simplant, Materialize, Leuven, Belçika; EasyGuide, Keystone Dental, Burlington, Massachusetts). Hatta implant protezlerinin bilgisayar destekli tasarımına ve üretimine yardımcı olmak için bile çeşitli yazılımlar üretilmiştir. (NobelGuide / Procera yazılımı, Nobel Care AG, Gothenburg, İsveç). Beraberinde osteotomiler ve distraksiyon osteogenezi için faydalı cerrahi simülasyonlar sağlayan yazılımlar da mevcuttur (Maxilim, Medicim NV, Mechelen, Belçika) (Scarfe ve Farman, 2008).

KIBT teknolojisinin maksillofasiyal görüntüleme konusundaki etkinliği göz ardı edilemez, ancak bu KIBT'ın diş hekimliğinde ilk tercih edilen görüntüleme yöntemi olarak uygun olduğu anlamına gelmez. Bununla birlikte, maksillofasiyal görüntülemede KIBT kullanımı için belirli bir hasta seçim kriteri yayınlanmamıştır. Ancak KIBT yöntemi, hastaya diş hekimliğinde kullanılan diğer tüm görüntüleme yöntemlerine göre daha yüksek bir radyasyon dozu uygulandığından, uygulayıcıların ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ilkesine uymaları çok önemlidir. Bu prensibin temeli, hastaya radyasyon uygulanmasının mantıklı bir sebebe dayanması gerektiğini, toplam potansiyel teşhis faydalarının, bireye uygulanan radyasyon dozunun zararlarından daha fazla olması gerektiği mantığına dayanır (Scarfe ve Farman, 2008).

Mikro bilgisayarlı tomografi yöntemi, Feldkamp ve arkadaşları bu görüntüleme yönteminin öncüleri olarak, 50 mm'lik tipik bir çözünürlüğe sahip üç boyutlu bir nesne oluşturmak için X ışını tabanlı bir mikro-tomografik sistemi kullanmışlardır (Feldkamp ve ark., 1989).

Mikro bilgisayarlı tomografi (μ BT) görüntüleme yönteminde farklı açılardan multiple x ışını projeksiyonları kemik numunelerinin üç boyutlu olarak tam rekonstruksiyonuna ve kemik trabekülünün değerlendirilmesine izin vermektedir (Martín ve ark., 2003). μ BT insan dokularının tolere edemeyeceği ultra yüksek radyasyon dozu kullanılması nedeniyle klinik görüntüme için uygun değildir (Müller, 2003; Huh ve ark., 2006; Swain ve Xue, 2009). Ayrıca μ BT tekniğinin oldukça pahalı bir yöntem olması; sadece uygun numune boyutlarının incelenebilmesi ve taşınmasının oldukça zor olması gibi dezavantajlara da sahiptir. Bununla birlikte μ BT yönteminin hızlı bir teknik olması, uzamsal çözünürlüğünün mükemmel olması, metal artefaktlarının minimum düzeyde olması, tekrarlanabilmesi, non-destrüktif bir teknik olması gibi avantajlara da sahiptir (Feldkamp ve ark., 1989; Scarfe ve Farman, 2008).

μ BT yöntemi farklı amaçlar için kullanılmıştır. Büyüme ve gelişme çalışmaları, fareleri model olarak kullanarak iskelet fenotiplerinin incelenmesi, genetik olarak değiştirilmiş farelerin incelenmesi, postmenopozal dönem, osteoporoz veya renal distrofi ile ilgili hayvan modellerinde yapılan çalışmalar, farmakolojik etkileşimlerle ilgili çalışmalar, yük ve gerilme kuvvetleri ile ilgili mekanik çalışmalar, skarlaşma

izleri ile ilgili çalışmalar ve eklem morfolojisi ile ilgili çalışmalar μ BT kullanım yerlerinden bazılarıdır (Bouxsein ve ark., 2010).

μ BT görüntüleme yöntemi; kemik mikro yapısının radyolojik olarak değerlendirme yöntemleri arasında altın standart olarak kabul edilmektedir (İbrahim ve ark., 2013). μ BT görüntüleme yöntemi, trabeküler kemiğin üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesi için alternatif bir yaklaşımdır. μ BT yöntemi ile trabekül aralığı (Tb/Sp), trabekül sayısı (Tb/N), kemik hacmi fraksiyonu (BV/TV), trabekül kalınlığı (Tb/Th), toplam hacim ve kemik hacmi gibi çok sayıda histomorfolojik değişkenleri değerlendirmek mümkündür (Odgaard, 1997). Ancak μ BT ile değerlendirme yapabilmek için; ex vivo ve küçük numuneler elde edilmelidir. Bu nedenle hastalarda kullanılamamaktadır (İbrahim ve ark., 2013).

Ayrıca implant uygulamalarında; μ BT yöntemiyle implant çevresindeki kemik değerlendirmelerini histomorfometrik çalışmalarla destekleyen çalışmalar yapılmıştır (Sennerby ve ark., 2001; Rebaudi ve ark., 2004; Akça ve ark., 2006; Morinaga ve ark., 2009). μ BT ayrıca kemik implant temasının üç boyutlu olarak doğru ölçülmesine imkân sağlamaktadır (Hsu ve ark., 2013).

Beraberinde KIBT yöntemi ve μ BT rekonstrüksiyonuna dayanarak doğal kemiğin kemik morfolojisini değerlendirmek için kadavra üzerinde ve klinik olarak birçok çalışma yapılmıştır (Monje ve ark., 2014; J. Liu ve ark., 2017).

KIBT yöntemi ve μ BT verilerini ilişkilendiren herhangi bir klinik çalışmanın karşılaştırılmasındaki temel zorluk, KIBT rekonstrüksiyonunun μ BT ile taranan biyopsi örneklerinde incelenen ilgi alanlarının (Region of interest-ROI) aynı bölgeler olmasını sağlamaktır (Kivovics ve ark., 2020).

2.9 Trabeküler Kemiğin Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Herhangi bir cisme ya da malzemeye kuvvet uygulandıktan sonra malzemede meydana gelen değişiklik ya da cismin tepkisine mekanik davranış adı verilmektedir. Bu davranış ise malzemenin mekanik özellikleri tarafından belirlenmektedir. Cisimlere uygulanan kuvvetlerden sonra cisimlerde önce şekil değişikliği meydana gelir sonrasında ise tamamen deforme olurlar. Bu uygulanan kuvvetler karşısında

malzemelerin özellikleri değişkenlik göstermektedirler. Yükün büyüklüğüne ve yönüne göre malzemeler uzarlar, koparlar, bükülürler, yırtılırlar veya parçalanırlar. Bir cismin mekanik özellikleri; cisimlere uygulanan kuvvetler neticesinde meydana gelen şekil değişiklikleri kaydedilerek belirlenmektedir. Bir cismin herhangi bir yük ya da kuvvet altında göstermiş olduğu davranış bize cismin sadece şekli ve yapısı hakkında değil; aynı zamanda mekanik özellikleri hakkında da bilgi vermektedir (Evans, 1969). Malzemelere ait mekanik özellikler çekme/ basma mukavemeti (tensile/compression), sertlik (hardness), darbe (impact), kırılma (fracture), yorulma (fatigue), sürünme (creep) şeklindedir.

Mukavemet; malzemeye uygulanan kuvvet ve malzeme arasındaki ilişkiyi tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Uygulanan kuvvetler tek yönlü olabileceği gibi çok yönlü de olabilmektedir. Bu kuvvetler çoğunlukla basma/çekme kuvvetleri şeklindedir. Bu kuvvetler neticesinde akma, basma, çekme, yorulma ve darbe mukavemetleri hakkında bilgi alınmaktadır. Mekanik testler daha çok dört şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; çekme testi, basma test, bükme testi ve burma testi şeklindedir. Bu testler malzemelerinin mekanik özelliklerini anlayabilmek için yapılan en yaygın testlerdir. Çekme testi daha çok kortikal kemiklerin değerlendirilmesinde kullanılırken; basma testi ise trabeküler kemiklerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca bükme ve burma testleri de aynı yöntemle uygulanabilir ancak yorumlamaları oldukça zor testlerdir (Goodyear ve Aspden, 2012).

Kemikler iskelet sistemine yapısal destek sağlamakla birlikte hücrelerin korunmasını ve depolanmasına da destek olurlar. Ayrıca minerallerin homeostazı gibi çeşitli mekanik, biyolojik ve kimyasal işlevleri yerine getirmek için uyum içinde çalışmaktadırlar (Rho ve ark., 1998).

Kemiklerin mineral yapıları ve içeriklerinin yanı sıra mikro yapının düzeni kemiğin mekanik özelliklerini belirlemektedir (Bayraktar ve ark, 2004). Kemiğin özellikle trabeküler kısmının mekanik özellikleri hakkında bilgi edinmesi gereken durumlarda kompresyon testleri oldukça yaygın kullanılmaktadır (Linde ve ark., 1988; Røhl ve ark., 1991). Bu nedenle yapı olarak trabeküler kemik dokudan zengin olan vertebral kemiklerin kuvvetin gelme yönünü etkili bir şekilde iletme imkanı verdiği için net gücünü hesaplamada bu testler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Oksztulska-

Kolanek ve ark., 2016). Bu testlerden elde edilen değerler kemik geometrisini oluşturan DA ve porozite gibi parametreler hakkında bilgi verirken; diğer parametrelerden bağımsızdır. Kemiklerin mekanik özelliklerinin her biri farklı şekilde yorumlanabileceğinden her bir parametreyi kendi içinde değerlendirmek gerekmektedir. Örneğın osteoporoz görölen sıçanlarda kemiğın sertliğinin arttığı gözlemlenirken; kırılma dayanıklılığının ise azaldığı görölmüştür. Diğer taraftan ise daha az mineralize olan genç sıçan kemiklerinin esnekliklerinin daha fazla olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Turner ve Burr, 1993). Bu nedenle yapılacak olan her mekanik testin bize kemik hakkında hangi bilgileri vereceği araştırılmalı bu yönde yorumlamalar yapılmalıdır. Ayrıca kemik kalitesinin mekanik testler kullanılarak değerlendirilmesi istenen durumlarda basma dayanımının yanında bükme testlerinden de faydalanılması konu hakkında daha net bir bilgi edinilmesini sağlayacaktır (Oksztulska ve ark., 2016). Bu testlerin uygulanması nispeten hızlı ve kolay olmasının yanı sıra kemiğın net gücünü hesaplama konusunda da oldukça iyidir (Donnelly, 2011). Ancak test yapılmadan önce muhakkak hangi parametrenin ölçöleceğine karar verilmelidir. Çünkü test sonunda numune deforme olacağından testlerin tekrarlanabilirliği mümkün değildir. Ayrıca mekanik testler esnasında kuvvetlerin uygulama hızı ve kemik numunenin su içerip içermemesi mekanik özelliklerini etkileyeceğinden bu iki parametre göz önünde bulundurularak olası yanlış yorumlamalardan kaçınılmalıdır. Ayrıca daha çok mühendislik alanında kullanılan bu yöntemlerde numuneler boyut ve şekil olarak daha standart iken kemiklerde bu standardizasyonu sağlamak biraz güçtür bu nedenle kemiklerin canlı dokudan uzaklaştırma işlemlerinin daha standart apareyler aracılığıyla yapılması bu sorunu minimize edecektir. Bu durum kortikal kemiğın test edildiği deneylerde oldukça önem arz etmektedir. Mekanik testler esnasında yapılacak hatalar sonucu ciddi anlamda ve geri dönüşü olmayacak şekilde etkilediklerinden bu konuda uygulama standartları oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu standartlar şu şekilde ifade edilmiştir. Numunelerin daha çok dikdörtgen ya da silindirik şekilde, yüzeylelerinin birbirine paralel ve numune boyunun numune çapının en az iki katı boyutunda olması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca mekanik testler öncesinde numuneler şayet hemen test edilmeyecekse dondurularak saklanması gerektiği; dondurmanın mekanik özellikler üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı ifade edilmiştir. Kullanılacak fiksatiflerin kemiğın mekanik özellikleri üzerine olan olumsuz etkileri nedeniyle kullanılmamaları

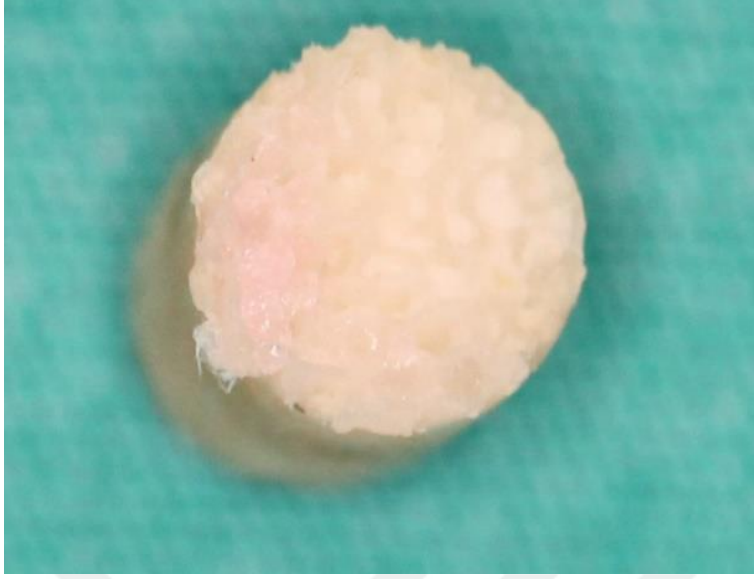
gerektiği anlatılmıştır. şayet iki dört saat içinde teste tabi tutulacaklarsa saline solüsyonunda bekletilebileceği vurgulanmıştır (Goodyear ve Aspden, 2012).



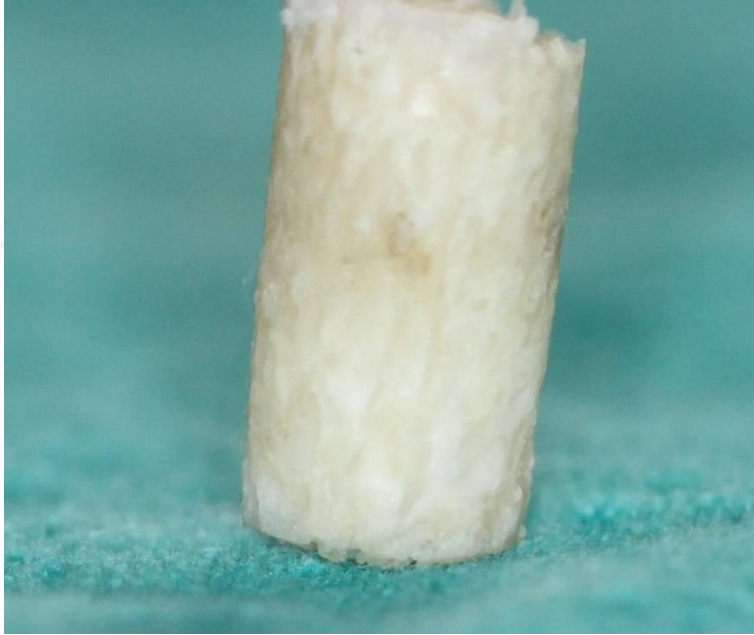
3 MATERYAL METOT

3.1 Kemik Numunelerinin Hazırlanması

Tüm çalışmalar Van 100. Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınan 06/02/2020 tarih 2020/01 sayılı çalışma onay belgesi alınarak yapılmıştır. Kemik numune elde etmek için ex vivo koyun mandibulaları kullanılmıştır. İki yaş ve üzeri koyunlar mandibular gelişimini tamamlamış oldukları ve daha fazla trabeküler kemik yapı içerdiğinden çalışmaya dâhil edilmiştir. Kasaptan alınan 2 yaşından büyük koyun mandibulaları üzerinde bulunan tüm kas ve derilerinden arındırılarak -20 derecede derin dondurucuda depolanmıştır. Numunelerin elde edilmesinden yaklaşık iki saat önce numuneler derin dondurucudan çıkarılarak normal oda sıcaklığına getirilmiştir. Öncesinde yumuşak dokularından uzaklaştırılmış olan koyun mandibulalarından; premolar molar diş kökleri arasından; mandibular kanal üzerinden, mandibula korteksindeki kortikal kemik uzaklaştırıldıktan sonra 1*0,3 cm trepan frezi ve cerrahi mikro motor kullanılarak otuz adet numune elde edilmiştir. İşlemler sürtünme sonucu meydana gelen ısı oluşumunu ve beraberinde kemikte meydana gelebilecek deformasyonları engellemek için sürekli salin solüsyonu (% 0,9 NaCl) irrigasyonu altında yapılmıştır. Frez mandibula aksiyal düzlemine paralel olacak şekilde kullanılmış ve 30 adet silindir uzunluğu çapının yaklaşık üç katı boyutunda kemik numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler radyolojik olarak değerlendirmeye alınmadan önce ve alındıktan sonra salin solüsyonu emdirilmiş gazlı bezlere sarılıp, dondurularak muhafaza edilmiştir. Hazırlanan her bir numune ayrı ayrı isimlendirilen plastik kutularda ağzı kapalı bir şekilde derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Resim 1. Koyun mandibulasından elde edilen kemik numunelerin üstten görünümü.



Resim 2. Koyun mandibulasından elde edilen kemik numunelerin yandan görünümü

3.2 Radyolojik Değerlendirme

3.2.1 Mikro bilgisayarlı tomografi görüntülerin elde edilmesi

μ BT ölçümleri; Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırma Laboratuvarında bulunan mikro bilgisayarlı tomografi cihazı (SkyScan, Kontich, Belgium) ile yapıldı. Numuneler μ BT cihazının tarama eksenine uygun olarak

numunelerin uzun eksenleri yer düzlemine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Tüm tomografi çekim işlemleri 80 kVp, 125 mikroA, 10,000810 mikro metre kesit kalınlığı, 50 ms tarama zamanında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2 Konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerin elde edilmesi

KIBT ölçümleri için Van 100. Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'na ait yıllık rutin bakım ve onarımları yapılan KaVo 3D eXam (Biberach, Germany) marka tomografi cihazı kullanılmıştır. Ölçüm esnasında numuneler cihazın en düşük kesit kalınlığı olan 0,125 mm kalınlıkta kesitlerde taranmıştır. Kullanılan KIBT cihazı 120 kVp, 18,54 mAs, 4,8–8,9 s tarama zamanı, 0,125–0,4 mm voxel boyutu 160*60–130 aralığında görüntüleme alanına (FOV) sahiptir. Tüm tomografi çekim işlemleri 120 kVp, 5 mAs, 7 s tarama zamanı, 0,125 mm voxel boyutu ve 16*4 cm FOV alanında yapıldı. Numuneler KIBT cihazının tarama eksenini göz önünde bulundurularak; numunelerin uzun eksenleri yer düzlemine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Toplam otuz numune için otuz ayrı çekim yapılmıştır.

3.2.3 Bilgisayarlı tomografi görüntülerin elde edilmesi

BT ölçümleri için 2011 model GE (Healthcare, Milwaukee, WI) marka Brightspeed Model 16 kesit özellikli 12226 Exam XRay tüpüne sahip cihaz kullanıldı. Tüm görüntüler 120 kVp, 69 mA ve 0,6 s tarama zamanında ve cihazın en düşük voxel boyutu olan 0,625 mm voxel boyutunda alınmıştır. Ölçümlerde numuneler cihazın tarama eksenine uygun olacak şekilde ayarlanmış ve numunelerin uzun eksenleri cihaz tarama eksenine uygun olacak şekilde yere paralel olarak çekimler tamamlanmıştır.

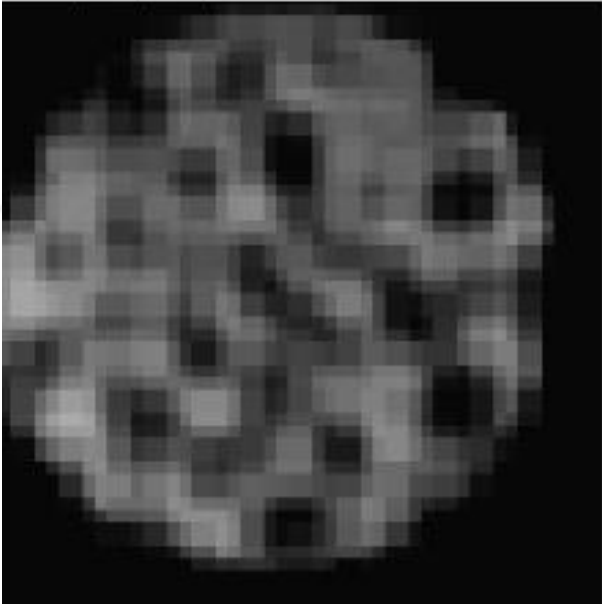
3.3 Numune Mikro Yapısının Radyolojik Analizi

Üç farklı cihaz ile ölçümleri yapılan görüntüler; kesitlerde numuneye ait ilk görüntünün görüldüğü kesitten, son görüldüğü kesite kadar çalışmaya dâhil edilmiştir. Numuneler; μ BT görüntüleme cihazında 10,00081 mikro metre kesit kalınlığında, KIBT kesit kalınlığı cihazın elverdiği en düşük kalınlık olan 0,125 mm kesit kalınlığında, BT kesit kalınlığı da aynı şekilde cihazın elverdiği en düşük kesit olan 0,625 mm kesit kalınlığında gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin standardizasyonu

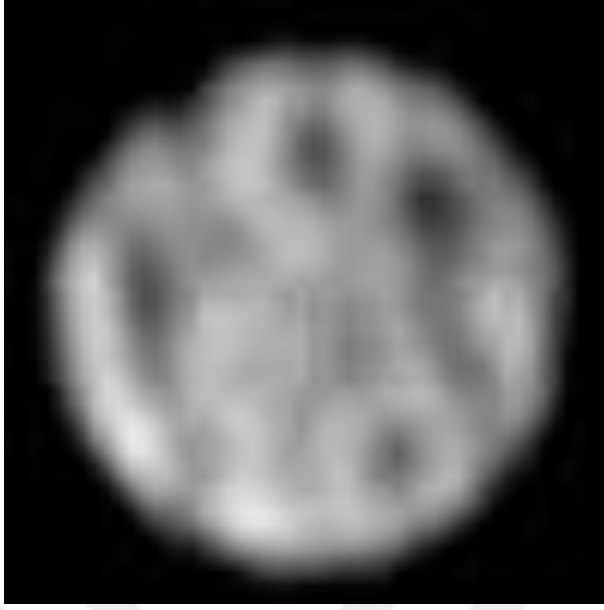
sağlayabilmek için numuneye ait tüm BT görüntüleri kullanılmıştır. Numuneye ait tüm KIBT kesitlerinden beşer kesit aralıkla görüntüler seçilerek çalışmaya dâhil edilmiştir. Ayrıca daha küçük kesitlerde görüntü elde edilen μ BT görüntüleri ise; altmışiki kesit aralıklarla seçilerek analiz edilmiştir. Elde edilen tüm tomografi görüntüleri literatürde yer alan protokole göre aynı düzlem üzerinde hizalanmıştır (Panmekiate ve ark., 2014). Hizalama yapabilmek için kesit görüntüler DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatından bmp (bitmap) formatına dönüştürülmüştür. Hizalama işlemi için paint yazılımı (Microsoft, ABD) kullanılmış ve seçilen görüntülerin hepsini aynı düzlemde hizalayabilmek için x ve y eksenini kesişim noktası orijin kabul edilerek; orijinal görüntülerden 50*50 piksel boyutlarında kırpma yapılmıştır. Kemik mikro yapıya ait tüm parametreleri ölçmek için Imagej (National Institutes of Health, ABD) programı kullanılmıştır. Analiz edilecek görüntüler ilgili yazılımın eklentisi olan BoneJ programına aktarılmıştır. Aktarımı yapılan tüm görüntüler, ardışık görüntüleri içeren tek dosya şekline dönüştürülmüştür (Image-Stacks-Images to Stack). Görüntüler analiz edilecek kemik alanını (ROI) içine alacak şekilde manuel olarak çizilmiştir (Rectangle Selection). Analiz edilecek alanları içeren dosya siyah beyaz görüntü formatına dönüştürülmüştür (Process-Binary-Make Binary). Hazırlanan görüntüler Imagej programında yer alan plugins-bonej-analyse skeleton, anizotrophy, connectivity, fractal dimension, isosurface, structure model index, thickness, volume fraction işlemlerine tabi tutulmuştur. Tüm işlemler üç ayrı tomografi görüntüleme yöntemiyle elde edilen otuz numuneye ait görüntüler için tekrarlanmıştır. Tüm ölçümler tek bir araştırmacı tarafından yapılmıştır.



Resim 3. Kemik numuneye ait μ BT görüntüsü



Resim 4. Kemik numuneye ait KIBT görüntüsü

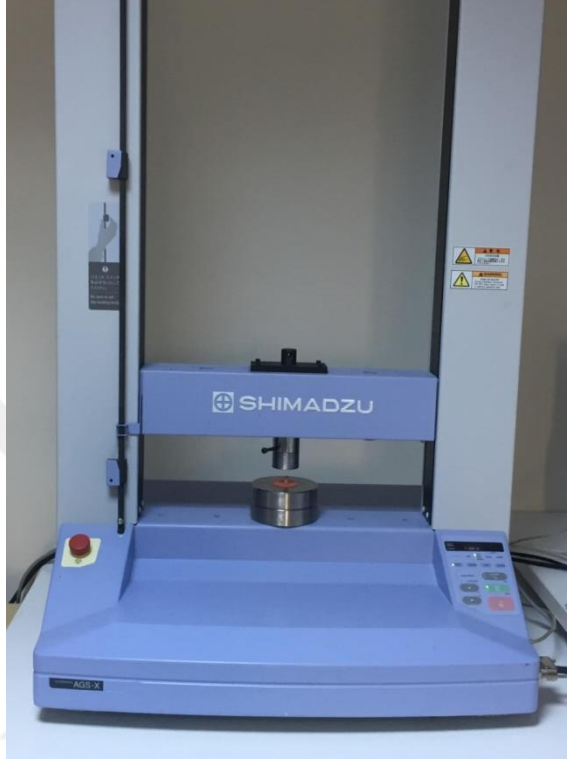


Resim 5. Kemik numuneye ait BT görüntüsü

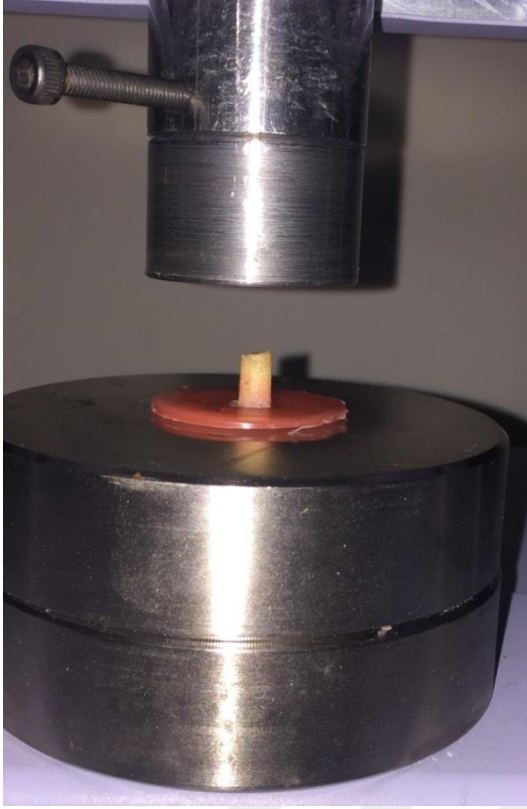
3.4 Kemik Numunelerin Basma Dayanımlarının Değerlendirilmesi

Radyolojik analizleri tamamlanan kemik numuneleri Van 100. Yıl Üniversitesi Araştırma Laboratuvarında yer alan universal test cihazı (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) kullanılarak basma dayanımları ölçülmüştür. Sıcaklığın numuneler üzerindeki etkisini sabit tutmak amacıyla ve numunelerin nemini kaybetmemesi için her bir numune salin solüsyonu emdirilmiş gazlı bezlere sarılarak; ayrı ayrı kutularda -20 derece dondurucuda muhafaza edilmiştir. İşlem öncesi numuneler dondurucudan çıkarılarak basma testine tabi tutulmuştur. Her bir numune uzun eksenini yer düzlemine dik olacak şekilde cihazın alt jig tablasına numunenin kuvvetler karşısında hareketini engellemek ve numuneyi sabit tutmak amacıyla aynı kalınlıkta pembe baz plak mumu ile tablanın önceden belirlenen tam orta noktasına yerleştirilmiştir. Cihaz her açılışından sonra kalibre edilerek teste uygun pozisyona getirilmiştir. Cihaz açıldıktan sonra bilgisayar üzerindeki uygun yazılım programında test edilecek numunelerin özellikleri girilerek yapılması istenen basma testi şablonu oluşturulmuştur. Basma dayanımı testinde kuvvet numunenin uzun eksenine paralel yönde uygulanarak test edilmiştir. Teste başlamadan önce kuvvet uygulayacak üst jig manuel hareket butonu kullanılarak numuneye temas etmeden izin verilen en kısa mesafeye getirilmiştir. Teste başladıktan sonra uygulanan kuvvet ritmik olarak düzenli artış göstermiştir. Kuvvet artışı

numunelerin deforme olduğu maksimum kuvvetten sonra hızlı bir şekilde azalarak sıfırlanmıştır. Numunenin basma dayanımı numunelerin deforme olmadan önce cihazın uyguladığı en yüksek kuvvet dikkate alınarak kayıt altına alınmıştır.



Resim 6. Kemik numunelerin basma dayanımlarının değeriendirildiği Shimadzu marka cihaz



Resim 7. Basma dayanımı testi öncesi kemik numunelerin sabitlenmesi ve mikro boyut jiginin ayarlanması.

3.5 İstatiksel Analiz

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS (IBM SPSS Statistics 20,0; IBM Co.,Armonk, NY, USA) yazılımı kullanılmıştır. Analizlerde μ BT yöntemi altın standart olarak kabul edilmiş olup; KIBT ve BT yöntemi ile elde edilen parametre değerleri bu altın standart değerleri ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemler arasındaki uyumu test etmek için normallik testi sonrası normal dağıldığı görülen veriler için Pearson korelasyon testi kullanılmıştır. Ayrıca değişkenler arası farklılıkların da tespit edilmesi istenen durumlarda Bland Altman analizi yaygın olarak kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmamızda KIBT yöntemi ve BT yönteminin, μ BT yöntemi yerine kullanılabilirliği Bland Altman analizi ile değerlendirilmiştir.

Beraberinde kemik mikro yapı analizinde kullanılan parametrelerin kemiğin basma dayanımı üzerindeki etkilerini en güvenilir veri analizi elde edebilmek amacıyla lineer regresyon analizi kullanılmıştır. Bu analiz her bir tomografik görüntüleme yöntemi için ve her bir parametre için ayrı ayrı yapılmıştır. Bununla birlikte mikro

yapıyı oluşturan tüm parametrelerin kemik numunelerin basma dayanımı üzerinde olan toplam etkisini değerlendirebilmek amacıyla da çoklu regresyon stepwise analizi kullanılmıştır. İstatiksel analizlerde anlamlılık düzeyi %5 olarak alınmıştır.



4 BULGULAR

4.1 μ BT Lineer Regresyon Analizi Bulguları

μ BT yöntemi ile değerlendirilen BS/TV (Bone Surface/Total Volume) değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=10,812$, $p=0,003$) ve $R^2=0,279$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, BS/TV cinsinden ölçüldüğünde $251,082+1971,810 \cdot \text{BS/TV}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, BS/TV değerindeki her bir birimlik artış için 1971,810 newtonluk artış göstermektedir.

Tablo- 1. μ BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	251,082 (185,885+316,279)	31,828	
BS/TV	1971,810 (743,455+3200,165)	599,664	0,528

Tablo- 2. μ BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	7,889	0,000				
BS/TV	3,288	0,003	0,528	0,528	0,528	1,000

$F(1,28)=10,812$, $p=0,003$, $R^2=0,279$, SE of Estimate=143,586

μ BT yöntemi ile değerlendirilen BV/TV değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=44,08$, $p<0,001$) ve $R^2=0,612$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, BV/TV cinsinden ölçüldüğünde $-471,6+2880,4 \cdot \text{BV/TV}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, BV/TV değerindeki her bir birimlik artış için 2880,4 newtonluk artış göstermektedir. ($p<0,05$)

Tablo- 3. μ BT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	639,677 (336,372+942,983)	119,349	
BV/TV	-132,453 (-252,211-12,696)	433,842	-0,394

Tablo- 4. μ BT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	P	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	4,320	0,000				
BV/TV	-2,266	0,031	-0,394	-0,394	-0,394	1,000

$F(1,28)=44,08$, $p<0,001$, $R^2=0,612$, SE of Estimate=105,363

μ BT yöntemi ile değerlendirilen FD değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=5,262$, $p=0,03$) ve $R^2=0,158$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, FD değeri cinsinden ölçüldüğünde $1390,771-429,484*FD$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, FD değerindeki her bir birimlik artış için 429,484 newtonluk azalış göstermektedir.

Tablo- 5. μ BT FD değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	1390,771 (424,268+2357,274)	471,831	
FD	-429,484 (-813,020-45,947)	187,236	-0,398

Tablo- 6. μ BT FD değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	2,948	,006				

Tablo-6 devamı arka sayfadadır.

Tablo- 6(devam). μ BT FD değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
FD	-2,294	,030	-,398	-,398	-,398	1,000

$F(1,28)=5,262$, $p=0,03$, $R^2=0,158$, SE of Estimate=155,105

μ BT yöntemi ile değerlendirilen Tb/Th değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=17,862$, $p<0,001$) ve $R^2=0,389$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, Tb/Th cinsinden ölçüldüğünde $-894,66+520,97 \cdot \text{Tb/Th}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı Tb/Th değerindeki her bir birimlik artış için 520,97 newtonluk bir artış göstermektedir ($p<0,05$).

Tablo- 7. μ BT Tb/Th değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	-894,663 (-1480,823-308,504)	286,154	
Tb/Th	520,973 (268,473+773,472)	123,266	0,624

Tablo-8. μ BT Tb/Th değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	-3,127	0,004				
Tb/Th	4,226	0,624	0,624	0,624	0,624	1,000

$F(1,28)=17,862$, $p<0,001$, $R^2=0,389$, SE of Estimate=132,090

μ BT yöntemi ile değerlendirilen Tb/Sp değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Tb/Sp değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

μ BT yöntemi ile değerlendirilen DA değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=12,195$, $p=0,002$) ve $R^2=0,303$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, DA değeri cinsinden ölçüldüğünde $558,499-469,999 \cdot DA$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, DA değerindeki her bir birimlik artış için 469,999 newtonluk azalış göstermektedir.

Tablo-9. μ BT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	558,499 (403,715+713,283)	75,563	
DA	-469,999 (-745,694-194,304)	134,590	-0,551

Tablo-10. μ BT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	7,391	0,000				
DA	-3,492	0,002	-0,551	-0,551	-0,551	1,000

$F(1,28)=12,195$, $p=0,002$, $R^2=0,303$, SE of Estimate=141,096

μ BT yöntemi ile değerlendirilen Con. Dens değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Con. Dens değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

μ BT yöntemi ile değerlendirilen SMI değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı SMI değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

Tablo-11. μ BT mikro yapı parametreleri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	BS/TV	BV/TV	FD	Tb/Th	DA
R²	0,279	0,612	0,158	0,389	0,303
F	10,812	44,08	5,262	17,862	12,195

4.2 KIBT Lineer Regresyon Analizi Bulguları

KIBT yöntemi ile değerlendirilen BS/TV değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=15,649$, $p<0,001$) ve $R^2=0,356$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, BS/TV cinsinden ölçüldüğünde $10,72+4124,57 \cdot \text{BS/TV}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, her bir BS/TV değeri için 4124,57 newtonluk artış göstermektedir ($p<0,05$)

Tablo-12. KIBT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	10,715 (-153,424+174,853)	80,130	
BS/TV	4124,566 (1976,421+6272,711)	1048,690	0,597

Tablo-13. KIBT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	0,134	0,895				
BS/TV	3,933	0,001	0,597	0,597	0,597	1,000

$F(1,28)=15,649$, $p=0,001$, $R^2=0,356$, SE of Estimate=135,677

KIBT yöntemi ile değerlendirilen BV/TV değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=21,242$, $p<0,001$) ve $R^2=0,431$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, BV/TV cinsinden ölçüldüğünde $-63,409+1251,15 \cdot \text{BV/TV}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı,

BV/TV değeriindeki her bir birimlik artış için 1251,15 newtonluk artış göstermektedir ($p<0,05$).

Tablo-14. KIBT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	-63,409 (-236,268+109,449)	84,387	
BV/TV	1251,147 (695,076+1807,219)	271,465	0,657

Tablo-15. KIBT BV/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	-0,751	0,459				
BV/TV	4,609	0,000	0,657	0,657	0,657	1,000

$F(1,28)=21,242$, $p<0,001$, $R^2=0,431$, SE of Estimate=127,477

KIBT yöntemi ile değerlendirilen FD değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı FD değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

KIBT yöntemi ile değerlendirilen Tb/Th değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Tb/Th değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

KIBT yöntemi ile değerlendirilen Tb/Sp değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Tb/Sp değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

KIBT yöntemi ile değerlendirilen DA değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan

regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=12,123$, $p=0,002$) ve $R^2=0,302$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, DA değeri cinsinden ölçüldüğünde $953,173-873,051 \cdot DA$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, DA değerindeki her bir birimlik artış için 873,051 newtonluk azalış göstermektedir.

Tablo-16. KIBT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	953,173 (571,371+1334,976)	186,390	
DA	-873,051 (-1386,68+359,42)	250,744	-0,550

Tablo-17. KIBT DA değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	5,114	0,000				
DA	-3,482	0,002	-,550	-0,550	-0,550	1,000

$F(1,28)=12,123$, $p=0,002$, $R^2=0,302$, SE of Estimate=141,221

KIBT yöntemi ile değerlendirilen Con. Dens değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=5,534$, $p=0,026$) ve $R^2=0,165$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, Konnektivite Densite cinsinden ölçüldüğünde $5,534-70414,430 \cdot \text{Con. Dens}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı, Con. Dens değerindeki her bir birimlik artış için 70414,430 newtonluk azalış göstermektedir.

Tablo-18. KIBT Con. Dens değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	453,379 (316,155+590,604)	66,991	

Tablo-18 devamı arka sayfadadır.

Tablo- 18(devamı). KIBT Con. Dens değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
Con. Dens	-70414,43 (-131728,1-9101)	29932,368	-0,406

Tablo-19. KIBT Con. Dens değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	6,768	0,000				
Con. Dens	-2,352	0,026	-0,406	-0,406	-0,406	1,000

F(1,28)=5,534, p=0,026, R²=0,165, SE of Estimate=154,474

KIBT yöntemi ile değerlendirilen SMI değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı trabeküller arası SMI değeri kullanılarak hesaplanamamıştır (p>0,05).

Tablo-20. KIBT mikro yapı parametreleri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	BS/TV	BV/TV	Con. Dens	DA
R ²	0,356	0,431	0,165	0,302
F	15,649	21,242	5,534	12,123

P<0,05

4.3 BT Lineer Regresyon Analizi Bulguları

BT yöntemi ile değerlendirilen BS/TV değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu (F(1,28)=4,338, p=0,047) ve R²=0,134 olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, BS/TV cinsinden

ölçüldüğünde $-15,931+2196,259 \cdot BS/TV$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı BS/TV değerindeki her bir birimlik artış için 2196,259 newtonluk artış göstermektedir.

Tablo-21. BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	-15,931 (36,219+4356,300)	159,308	
BS/TV	2196,259(36,219+4356,300)	1054,498	0,366

Tablo-22. BT BS/TV değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	-0,100	0,921				
BS/TV	2,083	0,047	0,366	0,366	0,366	1,000

$F(1,28)=4,338$, $p=0,047$, $R^2=0,134$, SE of Estimate=157,305

BT yöntemi ile değerlendirilen BV/TV değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı BV/TV değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

BT yöntemi ile değerlendirilen FD değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı FD değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

BT yöntemi ile değerlendirilen Tb/Th değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Tb/Th değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

BT yöntemi ile değerlendirilen Tb/Sp değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan

regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Tb/Sp değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

BT yöntemi ile değerlendirilen DA değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı DA değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

BT yöntemi ile değerlendirilen Con. Dens değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığından numunelerin tahmini basma dayanımı Con. Dens değeri kullanılarak hesaplanamamıştır ($p>0,05$).

BT yöntemi ile değerlendirilen SMI değeri ölçümüne dayalı olarak basma dayanımını tahmin etmek için basit lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=5,133$, $p=0,001$) ve $R^2=0,155$ olarak elde edildi. Numunelerin tahmini basma dayanımı, SMI cinsinden ölçüldüğünde $639,68-132,45 \cdot \text{SMI}$ newtona eşittir. Numunelerin basma dayanımı SMI değerindeki her bir birimlik artış için 132,45 newtonluk azalış göstermektedir.

Tablo-23. BT SMI değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	639,677 (336,372+942,983)	148,069	
SMI	-132,453 (-252,211-12,696)	58,464	-0,394

Tablo-24. BT SMI değeri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	4,320	0,000				
SMI	-2,266	0,031	-0,394	-0,394	-0,394	1,000

$F(1,28)=5,133$, $p=0,001$, $R^2=0,155$, SE of Estimate=155,406

Tablo-25. BT mikro yapı parametreleri ve basma dayanımı lineer regresyon analizi bulguları

	BS/TV	SMI
R ²	0,134	0,155
F	4,338	5,133

P<0,05

4.4 μ BT Çoklu Stepwise Regresyon Analizi Bulguları

μ BT yöntemi analiz edilen mikro yapıların kemiğin basma dayanımı ile olan ilişkisini değerlendirirken istatistiksel olarak iki anlamlı model elde edilmiştir. Birinci model de tek değişken BV/TV değeri iken; ikinci modeldeki değişkenler BV/TV ve DA parametreleri olmuştur.

μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen kemik numunelerin mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV değerine dayalı olarak kemik numunelerin basma dayanımını tahmin etmek için birinci çoklu regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,26)=39,736$, $p<0,001$) ve $R^2=0,589$ olarak elde edildi. Kemik numunelerin tahmini basma dayanımı -549,290+3141,337*BV/TV'ye eşittir. Burada BV/TV % olarak ölçülmüştür. Kemik numunelerde BV/TV değerinin her bir birimlik artışında basma dayanımı 3141,337 newton artmaktadır. μ BT yönteminde analiz edilen kemik mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV parametresi basma dayanımı tahmini birinci modeli için istatistiksel olarak anlamlı belirleyicilerdir.

Tablo-26. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	-549,290 (-836,032-262,547)	139,498	
BV/TV	3141,337 (2116,994+4165,679)	498,335	0,777

Tablo-27. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	-3,938	0,001				
BV/TV	6,304	0,000	0,777	0,777	0,777	1,000

$F(1,26)=42255$, $p<0,001$, $R^2=0,589$, SE of Estimate=106,490

μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen kemik numunelerin mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV ve DA değerine dayalı olarak kemik numunelerin basma dayanımını tahmin etmek için ikinci çoklu regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(2,25)=42,255$, $p<0,001$) ve $R^2=0,753$ olarak elde edildi. Kemik numunelerin tahmini basma dayanımı -278,442+2825,965*Bv/TV-349.432*DA'ya eşittir. Burada BV/TV % olarak ölçülmüştür. Kemik numunelerde BV/TV değerinin her bir birimlik artışında basma dayanımı 2825,965 newton artarken; DA değerindeki her bir birimlik artışta basma dayanımı 349,432 newton azalmaktadır. μ BT yönteminde analiz edilen kemik mikro yapı parametrelerinden olan hem BV/TV hem de DA parametreleri istatistiksel olarak anlamlı belirleyicilerdir.

Tablo-28. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	-278,442 (-536,395-20,489)	125,248	
BV/TV	2825,965 (2016,424+3635,505)	393,069	0,699
DA	-349,4321 (-517,603-181,261)	81,655	-0,416

Tablo-29. Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
--	---	---	------	---------	------	-----

Tablo-29 devamı arka sayfadadır.

Tablo-29(devamı). Basma dayanımı ve μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	-2,223	0,035				
BV/TV	7,189	0,000	0,777	0,821	0,687	1,04
DA	-4,279	0,000	-0,547	-0,650	-0,409	1,04

F(2,25)=42255, $p<0,001$, $R^2=0,753$, SE of Estimate=82,506

4.5 KIBT Çoklu Stepwise Regresyon Analizi Bulguları

KIBT yöntemi analiz edilen mikro yapıların kemiğin basma dayanımı ile olan ilişkisini değerlendirirken; istatistiksel olarak anlamlı üç model elde edilmiştir. Birinci model de tek değişken BV/TV değeri iken; ikinci modeldeki değişkenler BV/TV ve DA parametreleri olurken; üçüncü modelde BV/TV, DA ve Con. Dens. parametreleri modeli oluşturan değişkenler olmuştur.

KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen kemik numunelerin mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV değerine dayalı olarak birinci çoklu stepwise regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,27)=26,052$, $p<0,001$) ve $R^2=0,491$ olarak elde edildi. Kemik numunelerin tahmini basma dayanımı $-186,272+1628,207 \cdot BV/TV$ 'ye eşittir. Burada BV/TV % olarak ölçülmüştür. Kemik numunelerde BV/TV değerinin her bir birimlik artışında basma dayanımı 1628,207 Newton artmaktadır. KIBT yönteminde analiz edilen kemik mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV parametresi istatistiksel olarak model 1 için anlamlı belirleyicilerdir.

Tablo-30. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
--	---------	----	------

Tablo-30 devamı arka sayfadadır.

Tablo- 30(devam). Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	-186,272 (-393,191+20,648)	100,846	
BV/TV	1628,207 (973,669+2282,744)	319,002	0,701

Tablo-31. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 1 bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	-1,847	0,076				
BV/TV	5,104	0,000	0,701	0,701	0,701	1,000

$F(1,27)=26,052$, $p<0,001$, $R^2=0,472$, SE of Estimate=121,091

KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen kemik numunelerin mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV, DA değerlerine dayalı olarak kemik numunelerin basma dayanımını tahmin etmek için ikinci çoklu stepwise regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(2,26)=4,977$, $p<0,001$) ve $R^2=0,540$ olarak elde edildi. Kemik numunelerin tahmini basma dayanımı $262,139+1346,212 \cdot BV/TV-493,143 \cdot DA$ 'ya eşittir. Burada BV/TV % olarak ölçülmüştür. Kemik numunelerde BV/TV değerinin her bir birimlik artışında basma dayanımı 1346,212 newton artarken; DA değerindeki her bir birimlik artışta basma dayanımı 493,143 newton azalmaktadır. KIBT yönteminde analiz edilen kemik mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV ve DA parametreleri model 2 için istatistiksel olarak anlamlı belirleyicilerdir.

Tablo-32. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	262,139 (-194,098+718,377)	221,956	

Tablo-32 devamı arka sayfadadır.

Tablo- 32(devam). Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
BV/TV	1346,212 (681,175+2011,248)	323,535	0,579
DA	-493,143 (-947,516-38,770)	221,049	-0,311

Tablo-33. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 2 bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	1,181	0,248				
BV/TV	4,161	0,000	0,701	0,632	0,533	0,847
DA	-2,231	0,035	-0,537	-0,401	-0,286	0,847

F(2,26)=4,977, p<0,001, R²=0,540, SE of Estimate=113,050

KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen kemik numunelerin mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV, DA ve Con. Dens değerlerine dayalı olarak kemik numunelerin basma dayanımını tahmin etmek için; üçüncü çoklu regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu (F(3,25)=16,149, p=0,018) ve R²=0,619 olarak elde edildi. Kemik numunelerin tahmini basma dayanımı $751,328+750,919 \cdot BV/TV-711,786 \cdot DA-69490,423 \cdot Con.$ Dens'e eşittir. Burada BV/TV % olarak ölçülmüştür. Kemik numunelerde BV/TV değerinin her bir birimlik artışında basma dayanımı 750,919 newton artarken; DA değerindeki her bir birimlik artışta basma dayanımı 711,786 newton azalmakta, Con. Dens değerindeki her bir birimlik artışta basma dayanımı 69490,423 newton azalmaktadır. KIBT yönteminde analiz edilen kemik mikro yapı parametrelerinden olan BV/TV, DA ve Con. Dens parametreleri istatistiksel olarak anlamlı belirleyicilerdir.

Tablo-34. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 3 bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	751,328 (174,774+1327,881)	279,943	
BV/TV	750,919 (-26,101+1527,938)	377,279	0,323
DA	-711,786 (-1162,972-260,599)	219,072	-0,448
Con. Dens	-6940,423 (-126176,934-12803,912)	27523,889	-0,379

Tablo-35. Basma dayanımı ve KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi model 3 bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	2,684	0,013				
BV/TV	1,99	0,058	0,701	0,37	0,232	1,94
DA	-3,249	0,003	-0,537	-0,545	-0,379	1,4
Con. Dens	-2,525	0,018	-0,507	-0,451	-0,295	1,66

$F(3,25)=16,149$, $p<0,001$, $R^2=0,619$, SE of Estimate=102,913

4.6 BT Çoklu Stepwise Regresyon Analizi Bulguları

BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen kemik numunelerin mikro yapı parametrelerinden olan SMI değerine dayalı olarak kemik numunelerin basma dayanımını tahmin etmek için çoklu lineer regresyon modeli oluşturuldu. Hesaplanan regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(1,28)=5,133$, $p=0,031$) ve $R^2=0,125$ olarak elde edildi. Kemik numunelerin tahmini basma dayanımı $639,677-132,453 \cdot \text{SMI}$ 'ye eşittir. Kemik numunelerde SMI değerinin her bir birimlik artışında basma dayanımı 132,453 newton azalmaktadır. BT yönteminde analiz edilen kemik mikro yapı parametrelerinden olan SMI parametresi istatistiksel olarak anlamlı bir belirleyicidir.

Tablo-36. Basma dayanımı ve BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi bulguları

	B (%CI)	SE	Beta
(Constant)	639,677 (336,372+942,983)	148,069	
SMI	-132,453 (-252,211-12,696)	58,464	-0,394

Tablo-37. Basma dayanımı ve BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu stepwise regresyon analizi bulguları

	t	p	Zero	Partial	Part	VIF
(Constant)	4,320	0,000				
SMI	-2,266	0,031	-0,394	-0,394	-0,394	1,000

F(1,28)=5,130, p=0,031, R²=0,125, SE of Estimate=155,406

Tablo-38. μ BT, KIBT ve BT ile analiz edilen mikro yapı parametrelerinin ile basma dayanımı ilişkisini gösteren çoklu stepwise regresyon modelleri

	Değişkenler	Adjusted R ²
μBT		
Model-1	BV/TV	0,589
Model-2	BV/TV, DA	0,753
KIBT		
Model-1	BV/TV	0,472
Model-2	BV/TV, DA	0,540
Model-3	BV/TV, DA, Con Dens	0,619
BT		
Model-1	SMI	0,125

4.7 Bland-Altman İstatiksel Analizi Bulguları

BS/TV parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, KIBT, μ BT mikro BTile en iyi uyumu göstermiştir (ICC=0,319, P=0,040).

BV/TV parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, KIBT, μ BT ile en iyi uyumu göstermiştir (ICC=0,703 P<0,001).

SMI parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, BT, μ BT ile istatistiksel olarak anlamlı olmadan en iyi uyumu göstermiştir (ICC=0,002, P=0,497).

FD parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, BT, μ BT ile en iyi uyumu göstermiştir (ICC=-0,474, P=0,026).

Tb/Th parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, KIBT, μ BT ile istatistiksel olarak anlamlı olmadan en iyi uyumu göstermiştir (ICC=0,181, P=0,163).

Tb/Sp parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, KIBT, μ BT ile istatistiksel olarak anlamlı olmadan en iyi uyumu göstermiştir (ICC=0,049, P=0,127).

DA parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, KIBT, μ BT ile en iyi uyumu göstermiştir (ICC=0,484, P<0,001).

Con. Dens. parametresi için, tüm görüntüleme modalitelerinde, BT, μ BT ile istatistiksel olarak anlamlı olmadan en iyi uyumu göstermiştir (ICC=-0,0001, P=0,502).

Tablo-39. Bland-Altman analizi sonuçları

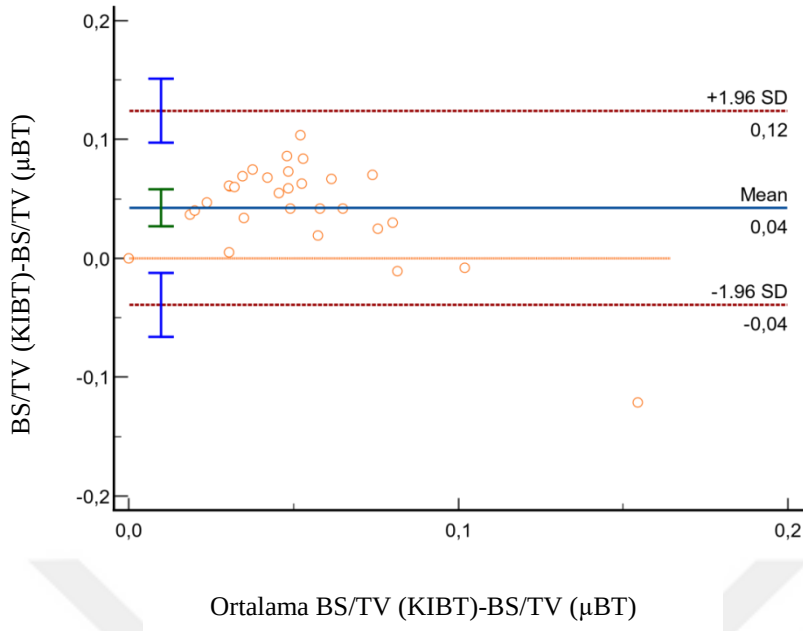
	OF	SS	Uyum sınırları (%95 CI)		ICC (%95 CI)	P
			Alt uyum sınırı	Üst uyum sınırı		
BS/ TV						
KIBT- μ BT	0,043	0,042	-0,039	0,124	0,319	0,040
BT- μ BT	0,119	0,049	0,022	0,216	0,035	0,281

Tablo-39 devamı arka sayfadadır.

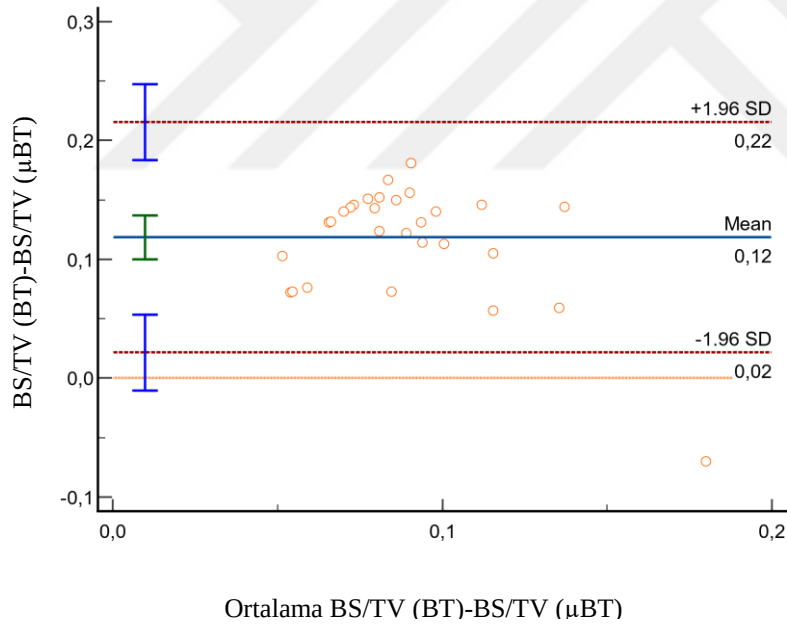
Tablo- 39(devam). Bland-Altman analizi sonuçları

	OF	SS	Uyum sınırları (%95 CI)		ICC (%95 CI)	P
			Alt uyum sınırı	Üst uyum sınırı		
BV /TV						
KIBT- μ BT	0,027	0,064	-0,098	0,153	0,703	<0,001
BT- μ BT	0,222	0,065	0,094	0,350	0,023	0,244
FD						
KIBT- μ BT	-0,143	0,285	-0,702	0,416	-0,123	0,649
BT- μ BT	0,098	0,199	-0,292	0,488	0,474	0,026
SMI						
KIBT- μ BT	-3,483	4,787	-12,865	5,899	-0,019	0,528
BT- μ BT	-4,546	4,790	-13,934	4,842	0,002	0,497
TB/ TH						
KIBT- μ BT	1,440	1,402	-1,308	4,188	0,181	0,163
BT- μ BT	7,269	3,186	1,023	13,514	0,002	0,484
TB/SP						
KIBT- μ BT	4,411	1,429	1,610	7,211	0,049	0,127
BT- μ BT	5,410	1,645	2,185	8,634	-0,016	0,706
DA						
KIBT- μ BT	0,208	0,140	-0,066	0,483	0,484	<0,001
BT- μ BT	0,180	0,308	-0,424	0,784	-0,386	0,885
CON. DENS						
BT- μ BT	0,180	0,308	-0,424	0,784	-0,386	0,885
KIBT- μ BT	-0,012	0,013	-0,038	0,014	-0,034	0,566

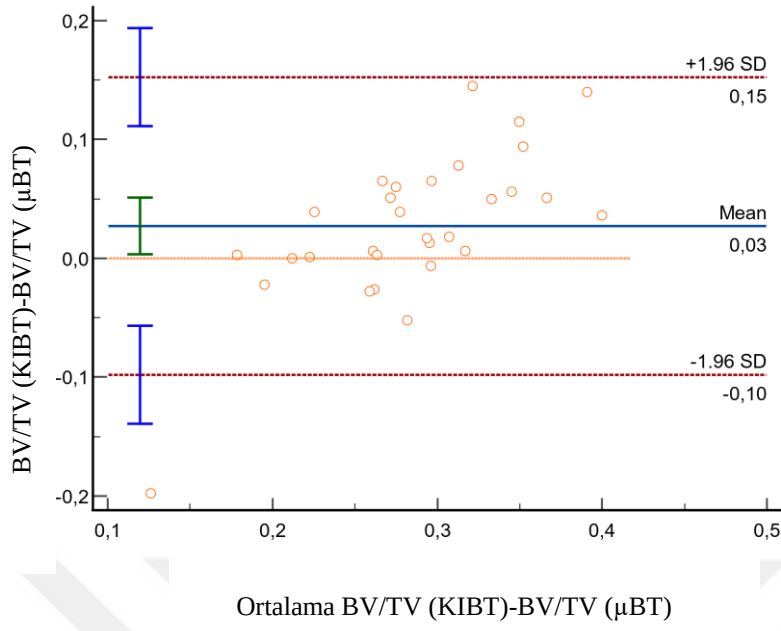
OF:Ortalamalar Farkı, SS: Standart Sapma



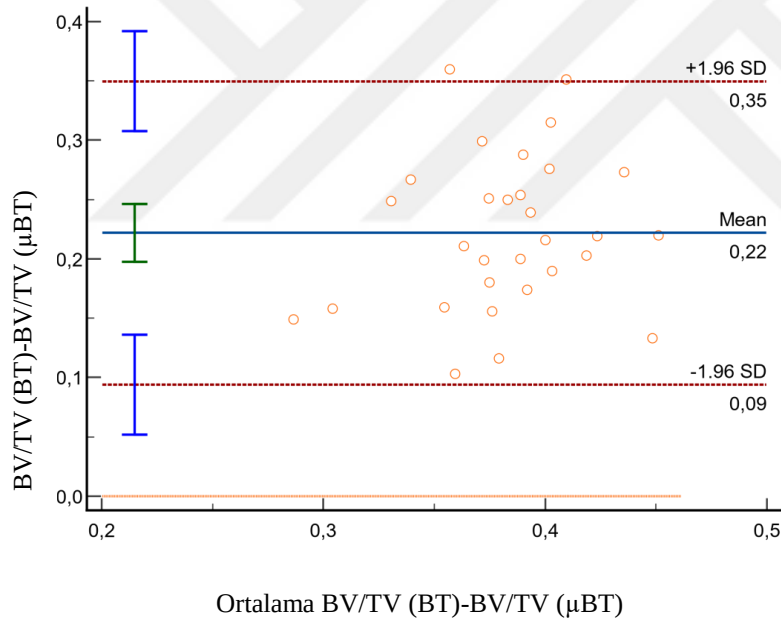
Şekil 1. BS/ TV parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



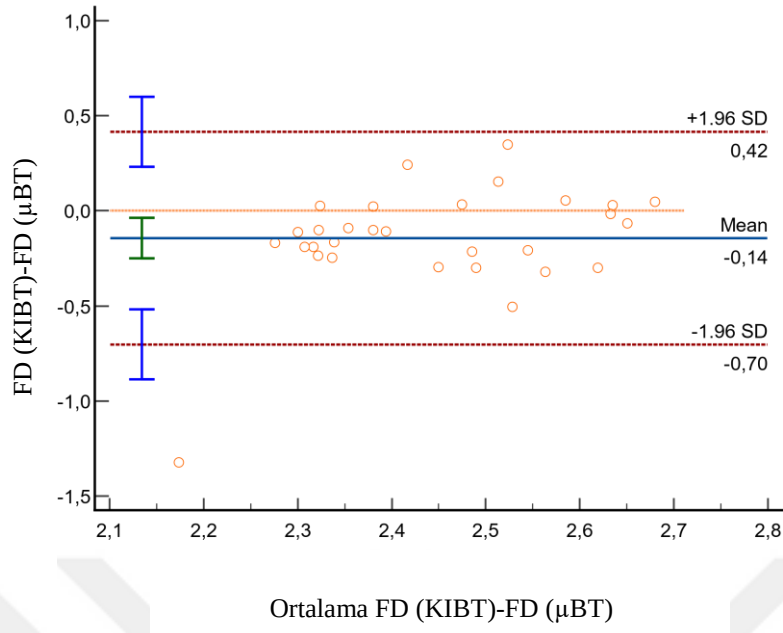
Şekil 2. BS/ TV parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



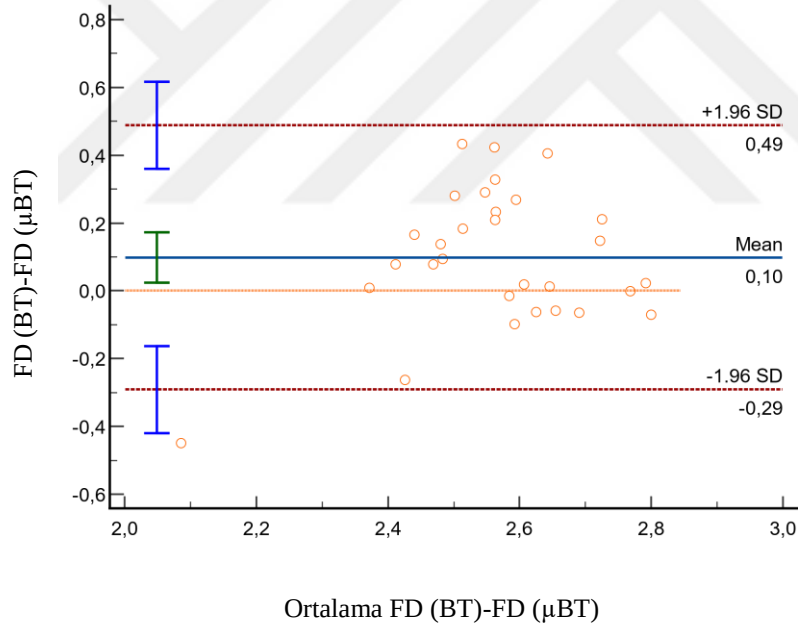
Şekil 3. BV/TV parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



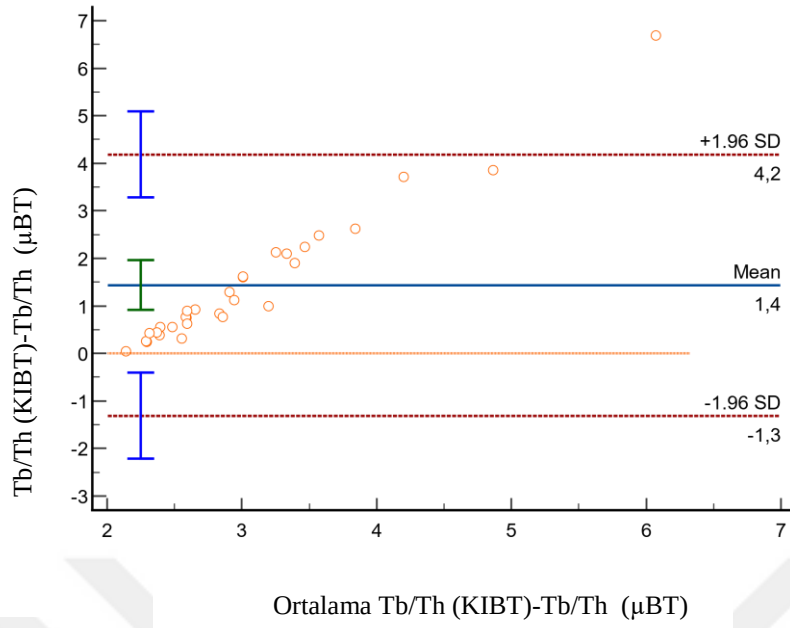
Şekil 4. BV/TV parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



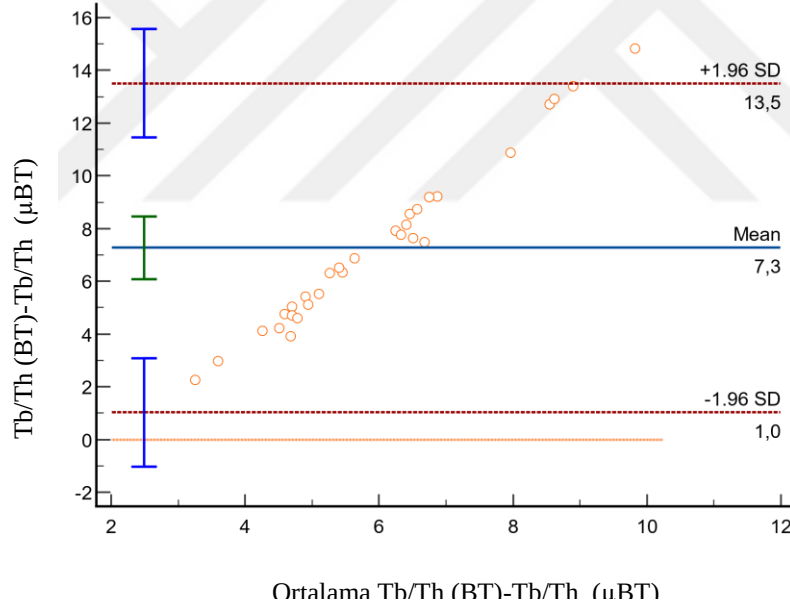
Şekil 5. FD parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



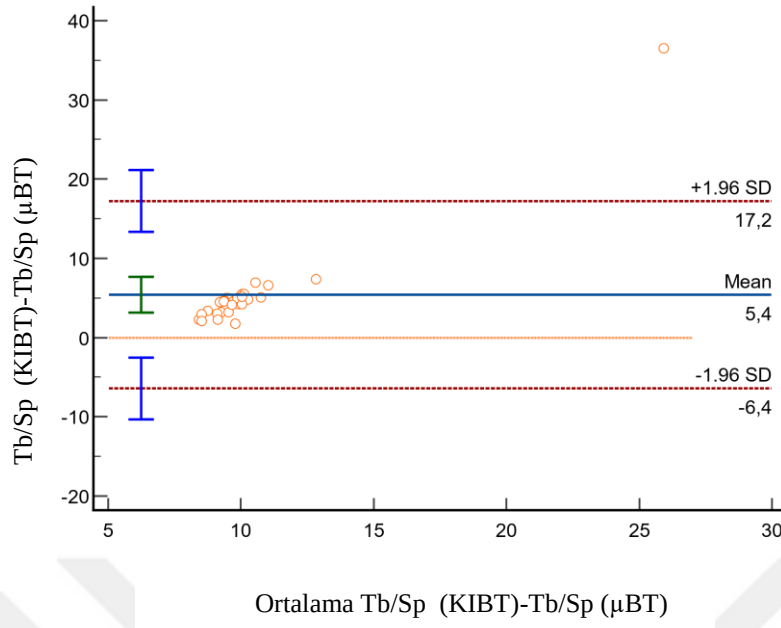
Şekil 6. FD parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



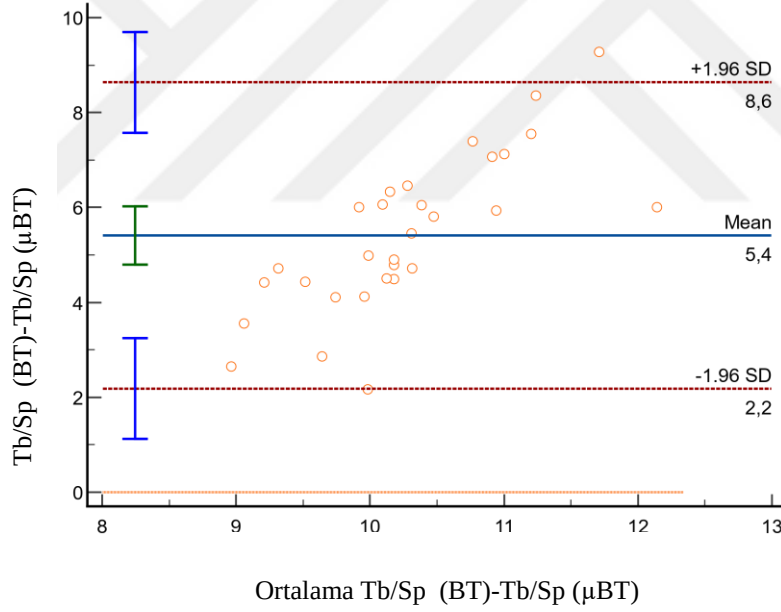
Şekil 7. Tb/Th parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



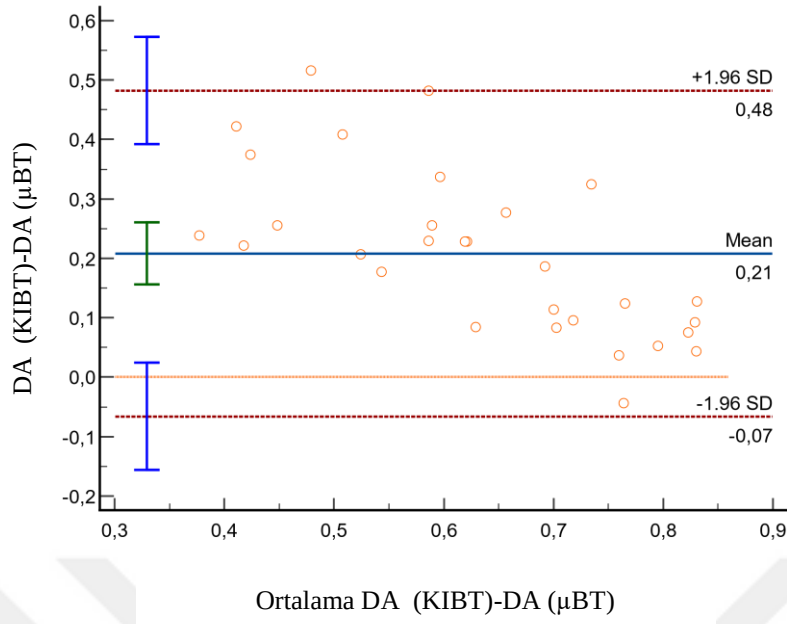
Şekil 8. Tb/Th parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



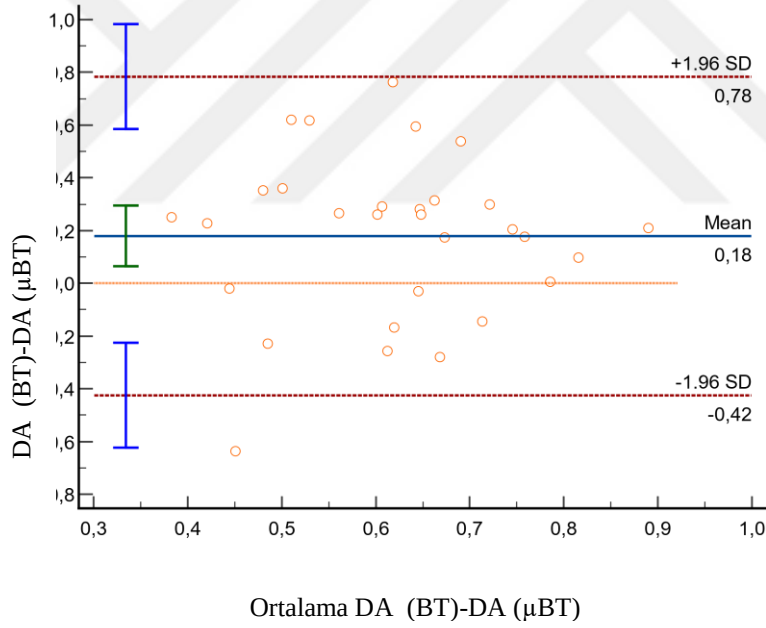
Şekil 9. Tb/Sp parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



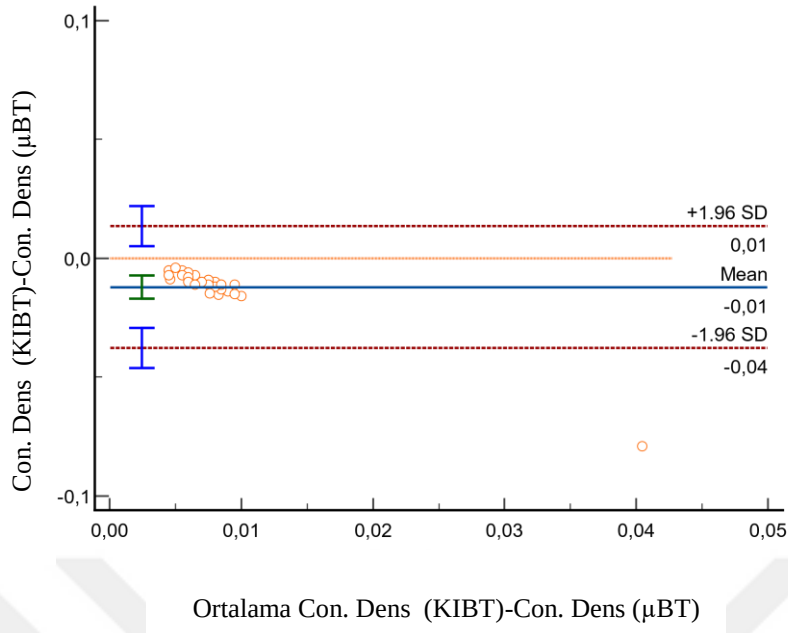
Şekil 10. Tb/Sp parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



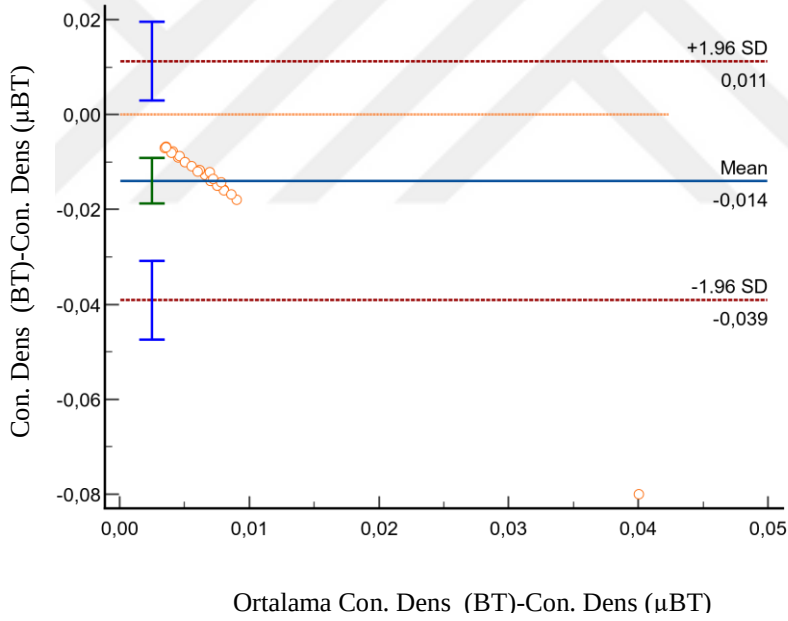
Şekil 11. DA parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



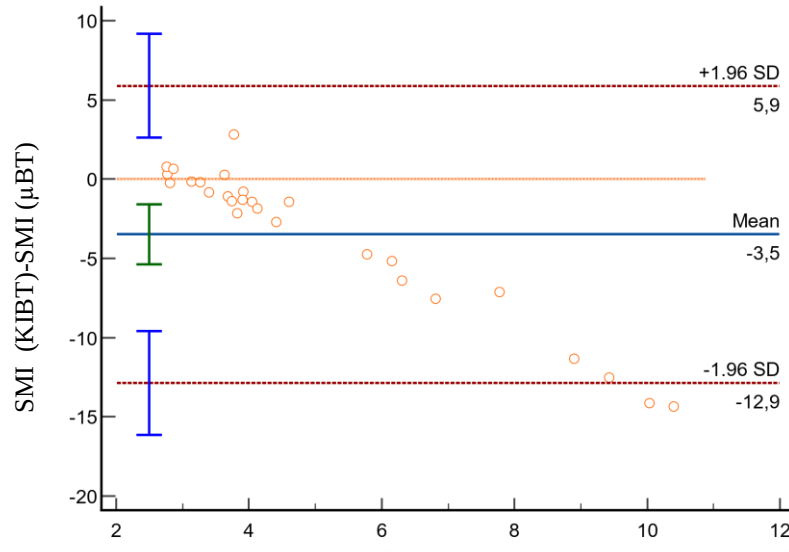
Şekil 12. DA parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



Şekil 13. Con. Dens parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği

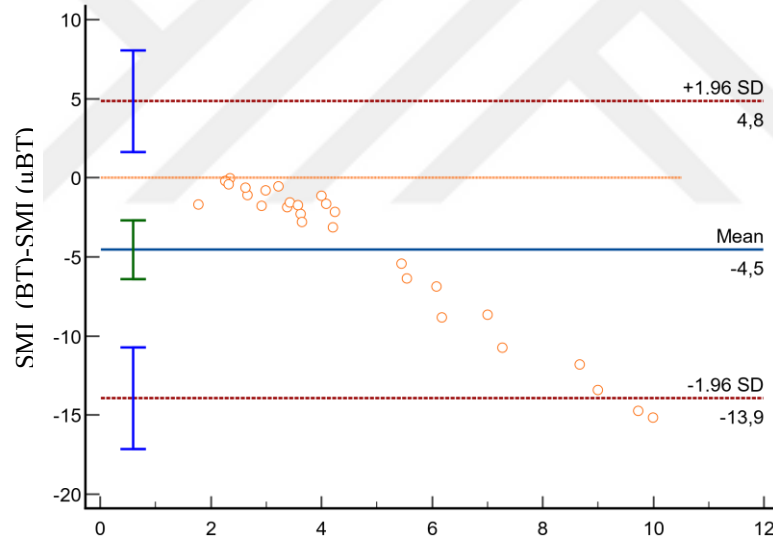


Şekil 14. Con. Dens parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



Ortalama SMI (KIBT)-SMI (μ BT)

Şekil 15. SMI parametresinin KIBT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği



Ortalama SMI (BT)-SMI (μ BT)

Şekil 16. SMI parametresinin BT- μ BT yöntemlerine ait Bland-Altman grafiği

5 TARTIŞMA VE SONUÇ

Kemiğin kırılabilirliğinin ölçülmesinde yeni birçok tekniklerin ortaya çıkması ile birlikte kemiğin gücünü hesaplama da kemiğin sadece kütlesinin değil mikro yapısının da bu konuda oldukça etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu amaçla yapılmış birçok çalışmada; kemiğin fragilitesinin tespitinde hala kemik mineral yoğunluğunun oldukça önemli olduğu savunulmaktadır. Ancak güncel birçok çalışma göstermiştir ki mikro yapıda meydana gelen değişiklikleri kemik yoğunluğundan bağımsız olarak kemiğin kırılabilirliğinin değerlendirilmesinde yeterlidir (Dalle Carbonare ve Giannini, 2004). Hatta Legrand ve arkadaşları (2000); aynı vertebral kütle ve hacme sahip bireylerde görülen kırıkların sebebinin farklı mikro yapıya sahip olmaları olarak göstermişlerdir (LeGrand ve ark., 2000).

Kemiğin mekanik gücü belirlenirken; kortikal kemiğin genişliği ve porozitesi ile birlikte trabeküler kemikte yer alan trabeküllerin genişliği, şekli, trabeküler arası bağlantı ve DA parametrelerinin bir bütün olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Çünkü yaşla birlikte kemiklerdeki yatay trabekül sayısının azalmasıyla birlikte; mevcut dikey trabeküllerin de gelen streslere adapte olabilmek için kalınlaşma eğiliminde oldukları görülmüştür (Atkinson, 1967). Newitt ve arkadaşları (2002) trabeküler kemikteki trabekül sayısının ve trabeküller arası mesafenin kemiğin mekanik özellikleri ile olan ilişkisini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen trabeküler kemik parametreleri ile Young modülü arasında, kemiğin fragilitesinin tespitinde oldukça önem arz eden bir parametre olan kemik mineral yoğunluğu parametresinden daha yüksek korelasyon olduğu görülmüştür (Newitt ve ark., 2002).

LK Wojnar ve arkadaşları (2019) vertebra korpuslarının total kemik hacminin (TV değerinin), kemiğin basma dayanımını tahmin etmede etkili olduğunu öne sürmüşlerdir (Wojnar ve ark., 2019). Bu tez çalışmasında da benzer şekilde üç farklı tomografik görüntüleme yöntemi ile elde edilen BS/TV ve BV/TV parametrelerinin (KIBT, μ BT ve BT) kemiğin basma dayanımı üzerinde anlamlı düzeyde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Wojnar ve arkadaşları aynı çalışmada kemik mikro yapısının belirlenmesinde net bir altın standardın bulunmamasının en büyük problemlerden biri olduğunu savunmuşlardır. Ancak uzaysal çözünürlüklerinin çok daha iyi olduğu kabul

edilen μ BT ve KIBT yöntemleri ile elde edilen BS/TV ve BV/TV parametrelerinin diğer parametrelere göre basma dayanımını tahmininde; istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.

Roux ve arkadaşlarının (2013) yaptıkları çalışmada kemiğin dayanıklılığını ölçmede kullanılan ve oldukça da etkili bir yöntem olan DEXA ölçüm cihazı ile elde edilen kemik mineral yoğunluğu ile Tb/Sp değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Roux ve ark., 2013). Ancak DEXA cihazı ile ya da periferik kantitatif bilgisayarlı tomografi yöntemi ile elde edilen kemik mineral yoğunluğu değeri ile μ BT ya da çok kesitli bilgisayarlı tomografi görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV değeri arasında oldukça yüksek korelasyon olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Issever ve ark., 2002; Lai ve ark., 2005). Kemiğin gücünün/ mukavemetinin değerlendirildiği testlerden olan basma dayanımı testi ile Tb/Sp parametresi arasında da bu tez çalışması sonuçlarına göre anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır. Ancak literatür bilgilerine benzer şekilde kemik mineral yoğunluğu ile ilişkili olduğu savunulan BV/TV değerinin; lineer ve çoklu regresyon modellerinde kemiğin basma dayanımının tahmin edilebileceği görülmüştür.

Yine bu konuda; Maquer ve arkadaşları (2015); BV/TV ve DA parametrelerinin trabeküler kemiğin Young modülünü hesaplamalarında en etkili değişkenler olduğunu kanıtlamışlardır. Bunu in-vivo olarak değerlendirmenin en iyi yolunun da; bu parametreleri gerçeğe en yakın olarak değerlendiren in-vivo yöntem olan periferik kantitatif tomografi yöntemi olduğunu savunmuşlardır (Maquer ve ark., 2015). Bizim çalışmamızda özellikle ex-vivo değerlendirme yöntemlerinin altın standardı olan μ BT ve diş hekimliği uygulamalarında yaygın kullanılan KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV ve DA parametreleri ile oluşturulan lineer ve çoklu stepwise regresyon modellerinde trabeküler kemiğin basma dayanımı üzerine oldukça etkili olduğu görülmüştür. Bu durum aynı mikro yapı parametrelerinin, kemiğin benzer mekaniksel özelliklerini belirlemede benzer etki gösterebildiğini açıklamaktadır.

Stauber ve arkadaşları (2006) bu tez çalışmasına benzer şekilde insan vertebraasına ait kemik numunelerin mikro yapı analizini μ BT yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Analiz sonucu ile kemik numunelerin basma dayanımlarını hem standart yöntemle; hem de sonlu elemanlar dizini ile olan ilişkisini karşılaştırmışlardır.

Değerlendirme neticesinde BV/TV, BS/TV, SMI, Tb/Sp, Tb/N parametreleri ile elde edilen modelin sonlu elemanlar dizini ile hesaplanan basma dayanımı değerinin % 60'lık kısmını tahmin edebildiği görülmüştür. Ancak hiçbir parametrenin modeli tanımlama konusunda BV/TV parametresi kadar etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca modeli oluştururken başka hiçbir parametre değerinin istatistiksel düzeyde anlamlı katkısı olmadığını göstermişlerdir (Stauber ve ark., 2006). Bu tez çalışmasında μ BT ile elde edilen BV/TV parametresinin basma dayanımı ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucu BV/TV parametresinin; elde edilen lineer regresyon modelinin % 60'ını oluşturduğu görülmüştür. KIBT yöntemi ile elde ettiğimiz BV/TV parametresinin ise; tek başına lineer regresyon modelinin % 43'ünü tanımladığı sonucuna ulaşılmıştır. KIBT yöntemi ile analiz edilen BV/TV parametresinin çoklu stepwise regresyon modelinin tek başına % 47,2'sini tanımlayabildiği görülmüştür.

Sanchez Molina ve arkadaşları (2013), μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen FD parametresi ile kemiğin mekanik özelliklerini değerlendirme parametrelerinden olan elastik modülü (Young modülü) arasında negatif bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Sanchez ve ark., 2013). Bu tez çalışmasında yine benzer şekilde μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen FD parametresi ile kemiğin mekanik özelliğini değerlendirme parametrelerinden bir başka yöntem olan basma dayanımı arasında negatif bir korelasyon olduğu görülmüştür. Ancak KIBT ve BT görüntüleme yöntemleri ile elde edilen FD parametresinin; kemik basma dayanımını tahmin etme konusunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir. FD parametresinin değerlendirilmesinde BT görüntüleme yönteminin; KIBT görüntüleme yöntemine kıyasla; μ BT görüntüleme yöntemi ile istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha uyumlu olduğu görülmüştür.

Teo ve arkadaşları (2020) μ BT ve BT görüntüleme yöntemi ile mikro yapıyı değerlendirme parametrelerinden olan BV/TV, SMI, Tb.Th, ve Tb.Sp parametrelerinin kemiğin mekanik özellikleri üzerine etkili olduğunu savunmuşlardır (J.C.M. Teo ve ark., 2007). Bu tez çalışmasında; ex-vivo değerlendirme yöntemlerinin altın standardı olan μ BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen mikro yapı parametrelerinden BS/TV, BV/TV, FD, Tb/Th, DA değerlerinin kemiğin basma dayanımını tahmin etmede ayrı ayrı anlamlı fark bulunan parametreler olduğu görülmüştür. KIBT ve μ BT yöntemi

ile analiz edilen; mikro yapıya ait tüm parametrelerin kemiğin basma dayanımına olan etkisi değerlendirilerek oluşturulan çoklu regresyon modelinde ise BV/TV ve DA parametre değerlerinin basma dayanımını tahmin etmede yeterli ve istatistiksel olarak anlamlı parametreler olduğu görülmüştür. Ayrıca μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen tüm parametrelerin kemik basma dayanımı üzerine olan etkileri değerlendirildiğinde Adjusted R^2 değerinin 0,753 olduğu, en etkili tahmin modelinde ise literatür bilgisine benzer şekilde BV/TV ve DA parametrelerinin en etkili parametreler olduğu görülmüştür. Bu durum μ BT yöntemi ile elde edilen parametrelerden sadece BV/TV ve DA parametrelerinin bile çoklu regresyon modelinin % 75,3'ini tanımlayabildiği görülmüştür. KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapı parametreleri ile basma dayanımı arasındaki ilişkiyi gösteren bir diğer çoklu regresyon modelinde BV/TV ve DA parametrelerine ek olarak Con. Dens parametresinin de etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç Teo ve arkadaşlarının elde ettikleri çalışma sonuçlarına ek olarak Con. Dens parametresinin de kemiğin mekanik özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen SMI parametresinin basma dayanımı tahmin etmede iyi bir belirleyici olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen çoklu regresyon modelinin Adjusted R^2 değeri 0,125 olarak bulunmuştur. Bu da BT yöntemi ile elde edilen SMI parametresinin basma dayanımı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Bu sonuç bizim çalışmamızın Teo ve arkadaşlarının çalışmasını destekler nitelikte olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışmamızda KIBT ve BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV, DA, SMI ve Con. Dens parametrelerinin analizlerinin; μ BT yöntemi ile elde edilen sonuçlarla uyumlu olup olmayacağı Bland&Altman analizi ile değerlendirilmiştir. Neticede KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen BV/TV ve DA parametrelerinin ve BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen Con. Dens ve SMI parametrelerinin; μ BT yöntemi ile elde edilen sonuçlarla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde uyum gösterdiği görülmüştür.

Yine benzer şekilde Teo ve arkadaşları (2006), BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen HU (Hounsfield Unite) değeri ile μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV parametresi arasında yüksek bir korelasyon olduğunu ve BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen HU değerinin, BV/TV parametresi yerine kullanılabileceğini savunmuşlardır (J.C. Teo ve ark., 2006). Ayrıca yapılan bir diğer çalışmada BT

görüntüleme yöntemi ile elde edilen HU değerlerinin kemik mineral densitesi hakkında önemli bilgi verdiği savunulmaktadır (Shahlaie ve ark., 2003). Bizim çalışmamızda; diğer araştırmacıların kemiğin kalitesini değerlendirmek amaçlı kullandıkları kemik mineral densitesi değerinden farklı olarak; kemiğin total gücünü değerlendiren basma dayanımı esas alınmıştır. μ BT, KIBT görüntüleme yöntemi ile elde ettiğimiz BV/TV parametresinin diğer araştırmacıların çalışmalarına benzer şekilde kemik kalitesini değerlendirme parametrelerinden olan basma dayanımı üzerinde etkili olduğu verisine ulaşılmıştır. Ancak BT görüntüleme yöntemi ile elde ettiğimiz mikro yapı parametrelerinden sadece BS/TV ve SMI parametrelerinin basma dayanımını tahmin etme konusunda istatistiksel olarak etkili olduğu görülmüştür.

Gonzalez Garcia ve arkadaşları (2013), hem μ BT, hem de KIBT görüntüleme yöntemi ile hesaplanan kemik mineral densite değeri ile BV/TV değeri arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (González García ve Monje, 2013). Bu tez çalışmasında; hem μ BT görüntüleme yöntemi ile hem de KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV parametreleri kullanılarak kemiğin basma dayanımlarının tahmin edilebileceği detaylı olarak açıklanmıştır. Ayrıca basma dayanımı ve BV/TV parametresi arasında pozitif yönlü bir korelasyon olduğu görülmüştür. Bunlarla beraber BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen mikro yapı parametrelerinden BS/TV ve SMI parametrelerinin; kemiğin basma dayanımını tahmin etmede ayrı ayrı anlamlı parametreler olduğu görülmüştür. BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen mikro yapıya ait tüm parametrelerin kemiğin basma dayanımına olan etkisi birlikte değerlendirilerek oluşturulan çoklu stepwise regresyon modelinde; SMI parametresinin basma dayanımını tahmin etmede istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Ancak basma dayanımını etkileyen tüm parametrelerin değerlendirildiği çoklu stepwise regresyon modelinde basma dayanımının yaklaşık olarak % 12,5'ini tahmin edebildiği görülmüştür. Ancak, bu oranın kemik basma dayanımını tahmin etme konusunda yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Bu da BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen mikro yapı analiz parametrelerinin; regresyon modellerindeki R^2 değerleri göz önüne alındığında basma dayanımı tahmininde çok da yeterli olmadığı şeklindedir.

İlerleyen yaşla birlikte hem trabekül sayısında meydana gelen azalmadan dolayı; hem de trabeküller birbirinden ayrılmaya başladığı için; Tb/Sp parametresinde bir artış

meydana gelmektedir. Bu artış kemiğin gücünü azaltarak kırıkların meydana gelme riskini artırdığı savunulmaktadır (Parkinson ve Fazzalari, 2003). Ancak Guenoun ve arkadaşları (2017) kemik kalitesini değerlendirme parametrelerinden olan kemik mineral yoğunluğunun mikro yapı ile olan ilişkisini değerlendirilirken; Tb/Th ve Tb/Sp parametreleri ile BMD (Bone Mineral Density) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür (Guenoun ve ark., 2017). Diğer bir çalışmada; SMI parametresi ile Tb/Sp parametresi arasında güçlü bir ilişki olduğu iddia edilmektedir (González García ve Monje, 2013). Bu tez çalışmasında; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen Tb/Th parametresinin, basma dayanımı ile ilişkisini değerlendirmek için oluşturulan lineer regresyon modelinde; Tb/Th parametresinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak diğer üç görüntüleme yöntemleri ile yapılan değerlendirmelerden elde edilen çoklu stepwise regresyon modellerinde ise; bu parametrenin anlamlı modele dâhil olamadığı görülmüştür. Ayrıca Tb/Sp parametresinin üç tomografi görüntüleme verileri kullanılarak; kemik basma dayanımını tahmin etmede olan etkisi yapılan çalışmaya benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ayrıca Tb/Sp ve SMI parametrelerinin basma dayanımı ile olan ilişkisini açıklamak için oluşturulan lineer ve çoklu stepwise regresyon modellerinde istatistiksel olarak anlamlı etki bulunmazken; iki parametrenin de basma dayanımı ile negatif yönlü bir korelasyon gösterdiği görülmüştür.

İbrahim ve arkadaşları (2014); μ BT görüntüleme ve KIBT görüntüleme yönteminin mikro yapıyı tahmin etmedeki etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalarında her iki görüntüleme yöntemine ait Tb/Th, Tb/Sp ve Tb.N mikro yapı parametreleri karşılaştırıldığında, iki yöntemin birbiri ile pozitif korelasyon gösterdiklerini ve KIBT yönteminin mikro yapı analizinde yeterli olacağı kanısına varmışlardır (İbrahim ve ark., 2014). Bu tez çalışmasında; KIBT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen BV/TV, BS/TV, BV, TV ve DA parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerle uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen FD parametresi de; μ BT görüntüleme yöntemi ile istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde en iyi uyumu göstermiştir. Yine benzer şekilde Parsa ve arkadaşları 2015 yılında μ BT, KIBT ve BT görüntüleme yöntemlerini kullanarak dental implant bölgelerindeki kemik kalitesini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda; BV/TV parametresinin; kemik

kalitesinin değerlendirmesinde çok önemli bir parametre olduğu görülmüştür. Ayrıca KIBT ve BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen BV/TV parametresinin altın standart olan μ BT görüntüleme yöntemi ile olan uyumunu değerlendirmiş ve KIBT görüntüleme yöntemi bu konuda daha uyumlu olduğunu kanıtlamışlardır (Parsa ve ark., 2015) Bu tez çalışmasında da benzer şekilde Bland&Altman analizinde KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV parametresinin; BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değere göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde, μ BT yöntemi ile daha iyi uyum gösterdiği görülmüştür

Monje ve arkadaşları (2014) μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen radyolojik kemik densitesi değerinin; BV/TV, Tb/Th, Tb.N parametreleri arasında pozitif; BS/BV ve Tb/Sp parametreleri ile negatif yönlü bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir (Monje ve ark., 2014). Bu tez çalışmasında; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV, Tb/Th ve Con. Dens parametresi ile basma dayanımı arasında pozitif yönlü bir korelasyon görülmüştür. Beraberinde ise FD, Tb/Sp ve DA parametreleri ile ise negatif yönlü bir korelasyon olduğu görülmüştür.

Ayrıca Külah ve arkadaşları (2019); bu tez çalışmasının bulgularına benzer şekilde KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV parametre değerlerinin; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerle uyumlu olduğunu göstermişlerdir. Bu verilere ek olarak üç tomografi yöntemi ile değerlendirilen; BV/TV, Tb/Th, Tb/Sp ve DA parametrelerinin KIBT görüntüleme yöntemi ile değerlendirildiğinde; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlere göre daha yüksek; Tb/N değerinin ise daha düşük olduğunu görmüşlerdir (Külah ve ark., 2019). Bununla birlikte bu tez çalışmasında ise KIBT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen BV/TV, BS/TV, BS, BV, TV ve DA gibi parametrelerin μ BT görüntüleme yöntemi ile istatistiksel olarak anlamlı şekilde uyum gösterdiği görülmüştür. Ayrıca KIBT görüntüleme yöntemi ile değerlendirdiğimiz BS, BV, BS/TV, BV/TV, Tb/Th, Tb/Sp, DA parametrelerinin μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. FD, TV, SMI, Con. Dens gibi parametre değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Mikro yapı analizinde elde edilen BT görüntüleme yöntemi değerlerine bakıldığında ise; BS, BV, BS/TV, BV/TV, Tb/Th, Tb/Sp, DA, FD parametre değerlerinin, μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. TV,

SMI, Con. Dens gibi parametre değerlerinin ise; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Beraberinde BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen FD parametresinin de; istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde μ BT görüntüleme yöntemi ile uyum gösterdiği göze çarpmaktadır.

Zhou ve arkadaşları da (2016) benzer bir çalışmayı; kortikal ve trabeküler kemiğin morfolojisini üç boyutlu değerlendirme şansı sunan yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif tomografi ve altın standart olarak kabul edilen μ BT yöntemi arasında yapmışlardır. Çalışmalarında yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif tomografi ile elde edilen BS/TV, BV/TV, Tb/Th, Tb/Sp, Con. Dens, DA parametre değerlerinin, μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. SMI ve Tb/N parametre değerlerinin ise μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte bu çalışmalarında; insan radius kemiklerinden elde ettikleri numunelerin, hem yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif tomografi, hem yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif tomografinin μ BT görüntüleme yöntemi ile yorumlandığı yöntemle, hem de μ BT görüntüleme yöntemi ile üç boyutlu değerlendirmişlerdir. Ayrıca elde ettikleri kemik numunelerin sertlik ve akma dayanımlarını hem sonlu elemanlar dizini, hem de mekanik testler ile hesaplamışlardır. Tomografik yöntemlerle elde ettikleri üç boyutlu mikro yapı parametrelerinin sertlik ve akma dayanımı ile olan ilişkilerine bakmışlardır. Standart yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif tomografi yöntemi değerlendirilen BMD, BV/TV, Tb/N ve Ct/Th parametre değerleri sertlik ve akma dayanımı ile pozitif yönde, Tb/Sp parametre değeri ile ise negatif yönde korelasyon göstermiştir. μ BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen, yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif tomografi yöntemi analiz edilen BV/TV, Con. Dens ve Tb/N parametre değerleri sertlik ve akma dayanımı ile pozitif yönde, Tb/Sp ve SMI parametre değeri ile ise negatif yönde korelasyon göstermiştir.

μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen BV/TV, Con. Dens, Tb/Th (tibia kemiğinin basma dayanımı), Ct/Th ve Tb/N parametre değerleri sertlik ve akma dayanımı ile pozitif yönde, Tb/Sp ve SMI değeri ile ise negatif yönde korelasyon göstermiştir. Tüm bu parametreler içinde DA (hem tibia, hem de radius) ve Tb/Th (radius kemiğinin basma dayanımı) parametrelerinin değerleri de hesaplanmış ancak bu

değerler ile sertlik ve akma dayanımı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon görülmemiştir. Üç tomografi yöntemi ile elde edilen Tb/Th parametresi, μ BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen tibia kemiği değerleri hariç sertlik ve akma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon göstermemiştir (Zhou ve ark., 2016).

Zhou ve arkadaşlarının çalışması bizim çalışmamızla aynı parametreleri değerlendirmemekle beraber kemiğin mekanik özelliklerinin üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ile elde edilen benzer mikro yapı parametreleri ile tahmin edilebilirliği açısından benzer kabul edilebilir. Bizim de μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz ettiğimiz BV/TV, Tb/Th ve BS/TV parametre değerlerimiz basma dayanımı ile istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönde korelasyon göstermişlerdir. Zhou ve arkadaşlarının çalışmalarında kullandıkları ek bir parametre olan BMD değeri, bazı kaynaklarda BS/TV değeri ile eşdeğer olarak görülmektedir (Kang ve ark., 2016). Ayrıca Zhou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen Tb/Th parametresi radius kemiğinin sertlik ve akma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamsızken; tibia kemiğinin sertlik ve akma dayanımı üzerinde anlamlı ve pozitif korelasyon göstermiştir.

Bununla beraber bizim μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz ettiğimiz FD ve SMI parametreleri basma dayanımı ile negatif yönde korelasyon göstermiştir. Zhou ve arkadaşlarının çalışmasında μ BT görüntüleme yöntemi ve yüksek çözünürlüklü periferel kantitatif bilgisayarlı tomografi yöntemi ile elde edilen Con. Dens parametresi ile sertlik ve akma dayanımı arasında pozitif bir korelasyon varken; bizim çalışmamızda; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen Con. Dens parametresi basma dayanımı tahmininde istatistiksel olarak etkisizdir. KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen Con. Dens parametresi ile basma dayanımı üzerine istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon göstermiştir. Ayrıca bizim çalışmamızda hem μ BT görüntüleme yöntemi hem de KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen DA parametresi; basma dayanımı ile negatif yönlü korelasyon göstermiş ancak bu DA parametresi Zhou ve arkadaşlarının çalışmasında, basma dayanımı tahmininde istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir.

Zhou ve arkadaşlarının çalışmasında Tb/Th değeri, tibia ve radius kemikleri arasında bile farklılık gösterirken; majör bileşenler dışında (BV/TV gibi) diğer parametrelerde (DA ve Con. Dens gibi) farklılık görülmemiştir. Değişik kemik yapılarının bu mekanik özellikler üzerinde etkili minör parametrelerden farklı etkilenebileceği düşünülebilir. Bu tez çalışmasında kullanılan numuneler; her ne kadar tür farklılığı olsa da insan mandibulasına yakın özellik göstermesi bakımından koyunlar üzerinde yapılmıştır. KIBT ve BT görüntüleme yöntemlerinin altın standart olan μ BT görüntüleme yöntemine göre etkinlikleri ve bu yöntemlerle elde edilen değerlerin basma dayanımları ile olan ilişkisi değerlendirmeye çalışılmıştır. Ayrıca kullandığımız tüm numuneler koyun mandibulalarının posterior bölgelerinden elde edilerek standartlaştırma maksimum tutulmaya çalışılmıştır.

Yine benzer şekilde Turner ve arkadaşları (1993) DA ve kemik porozite parametrelerinin kemiğin gücünü belirlemede etkili olduğunu savunmuşlardır (Turner ve Burr, 1993). Diğer bir taraftan Kabel arkadaşları (1996) ise DA parametresinin trabeküler kemiğin mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığını savunmuşlardır (Kabel ve ark., 1996). Sugita ve arkadaşları (1999) ise; Kabel ve arkadaşlarının aksine; Turner ve arkadaşların destekler nitelikte DA parametresinin kemiğin gücü gibi mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu savunmuşlardır (Sugita ve ark., 1999). Ayrıca bu DA parametresinin yaşa bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ve beraberinde aynı kemik içinde gelen stresin yönüne bile bağlı olarak farklı dizilimde olduğunu göstermişlerdir. Benzer bir çalışmada ise DA parametresinin; kemiğin gücünü temsil etme noktasında önemli etkisinin olduğu ve osteoporoza yatkın bölgelerin bu şekilde tahmin edilebileceği kanısına varılmıştır (Kabel ve ark, 1996; Homminga ve ark., 2002). Bu tez çalışmasında; üç ayrı tomografik görüntüleme yöntemi ile elde edilen görüntülerle yapılan değerlendirme sonuçları ile oluşturulan lineer ve çoklu stepwise regresyon modellerine bakıldığında; DA parametresinin basma dayanımı üzerine negatif yönde korelasyon gösterdiği görülmüştür. Bunun yanında, μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen mikro yapı parametrelerinin basma dayanımı üzerine olan ilişkisinin değerlendirildiği çoklu stepwise regresyon analizi modelinde etkili bir parametre olduğu görülmektedir.

DA parametresinin kemiğin maruz kaldığı stresin yönü ile alakalı olduğu ve kemik yapının üç boyutlu yapısının nasıl konfigüre olduğunun sayısal karşılığı olarak tanımlanmaktadır (Kim ve ark., 2015) Bu durumun kemiğin sertliği üzerine ne derece etkili olduğu 1980’lerden beri bilinen bir gerçektir (Cowin, 1985). Ayrıca bu değerin diğer mikro yapı parametrelerinden bağımsız olarak; trabeküler kemiğin gücünün tespit edilebilmesinde oldukça öneme sahip olduğu savunulmaktadır (Huh ve ark., 2006). Külâh ve arkadaşları (2019), bu tez çalışmasının sonucuna benzer şekilde KIBT ve μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen DA parametre değerlerinin birbiriyle istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde uyum gösterdiği görülmüştür (Külâh ve ark., 2019). Ayrıca bizim çalışmamızda; DA parametresinin KIBT ve μ BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilerek basma dayanımını tahmin etmede etkili olduğu yapılan regresyon analizlerinde kanıtlanmıştır.

Tüm bu bilgilerle beraber mikro yapı analizinde kullandığımız parametrelerden olan DA parametresinin; kemiğin kırığa karşı dayanıklılığı üzerine olan etkisi konusunda çeşitli fikir anlaşmazlığı bulunmaktadır. Kimi araştırmacılar, artmış DA parametresine sahip kimselerde kırık gelişme olasılığının fazla olduğunu savunurken (Homminga ve ark., 2002; Taghizadeh ve ark., 2016); kimi araştırmacılar ise DA parametresinin bu konuda etkisiz olduğunu savunmuşlardır (Cui ve ark., 2008). Bu tez çalışmasında; μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemiyle elde edilen DA parametresinin hem lineer hem de çoklu stepwise regresyon analizlerinde oluşturulan modellerde kemiğin basma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir belirleyici olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, altın standart olan μ BT görüntüleme yöntemi ile karşılaştırdığımızda, KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen DA değerlerinin BT görüntüleme yöntemine nazaran istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha uyumlu olduğu da görülmüştür. Bunun da kemiğin gücünü hesaplama konusunda belirleyici olduğu iddia edilen DA parametresinin; kemiğin basma dayanımı üzerinde diğer bir ifade ile kemiğin total gücünü belirleme noktasında da ne kadar etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Fraktal geometri; düzensiz geometriye ve gözenekli yapıya sahip yapıları analiz etmek için kullanılan bir parametredir (Perrier ve ark., 1999). Kortikal kemiğe ait fraktal analizinin; yine aynı şekilde kemiğin Young modülüne olan etkisi üzerine çalışmalar

yapılmış ve kemiğin mekanik özelliklerini tanımlama noktasında etkili parametrelerden biri olan Young modülünün kemiğin fraktal boyut ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırma neticesinde fraktal boyut değeri ile Young modülü arasında negatif yönlü yüksek bir korelasyon olduğu görülmüştür (Sanchez ve ark., 2013). Bu tez çalışmasında; yine kemiğin mekanik özelliklerini tanımlama parametrelerinden olan kemiğin basma dayanımı ile FD parametresi arasında negatif yönlü lineer bir ilişki olduğu görülmüştür. Ayrıca kemiğin mekanik özelliklerinin kaybı ile sonuçlanan osteoporoz, osteopeni, osteomalazya gibi hastalıkların prognozunun bu parametreler ışığında değerlendirmesinin yapılarak; hastalıkların ilerlemelerinin engellebileceği savunulmaktadır (Sanchez ve ark., 2013). Bununla birlikte yapılan bir başka çalışmada da yine benzer şekilde; fraktal boyut değerinin düşüklüğü yoğun porozite ve düşük densiteye işaret ettiği ve bu bölgelerin tespitinin osteoporoz tanısında oldukça etkili olacağı savunulmaktadır (Tosoni ve ark., 2006; Kerrigan ve ark., 2014). Bunlarla beraber yapılan çalışmalar; sertlik ve mukavemet (güç) arasında büyük bir ilişki olduğunu bu nedenle Young modülü kullanılarak kemiğin sertliği ve gücü hakkında da bilgi edilebileceğini göstermiştir (Keaveny ve ark., 1994). Benzer şekilde Zhao ve arkadaşları (2018) standardize edilmiş yöntemlerle kemiğin sertliği hakkında bilgi sahibi olunabileceği sonucuna ulaşmışlardır (Zhao ve ark., 2018). Böylece yapmış olduğumuz tez çalışması sonuçlarından yola çıkılarak; altın standart olan μ BT görüntüleme yöntemi ile olan uyumu çalışmamızda kanıtlanmış olan diğer tomografik görüntüleme yöntemleri ile elde edilen mikro yapı parametrelerinden yola çıkarak, kemik basma dayanımı gibi ayrıca kemik yapının sertliği hakkında da fikir elde edilebilir.

Liu ve arkadaşları (2008) mekanik özelliklerden olan Young modülü ile Tb/Th ve BV/TV parametreleri arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir (X.S. Liu ve ark., 2008). Ayrıca Young modülü ve mikro yapı ilişkisini inceleyen diğer araştırmacılar ayrıca, Tb/Sp parametre değeri ile Young modülü arasında negatif bir korelasyon olduğu göstermişlerdir (Mitra ve ark., 2008; X.S. Liu ve ark., 2008). Bununla birlikte cisimlerin mekanik özelliklerinden olan Young modülü ve akma dayanımının; mikro yapı analizinde kullanılan parametrelerle benzer bir lineer regresyon ilişkisi gösterdiği görülmüştür (Morgan ve Keaveny, 2001) Bizim çalışmamızda; mikro yapı analizinde kullandığımız Tb/Th ve BV/TV parametreleri

basma dayanımı ile pozitif yönde bir korelasyon gösterirken; Tb/Sp parametresi ise literatür bilgisi ile uyumlu olarak negatif yönlü korelasyon göstermiştir.

Musy ve arkadaşlarının (2017) trabeküler kemiğin sertliği ve akma dayanımı üzerine yapmış oldukları çalışmada; BV/TV parametresinin kemiğe ait mekanik özelliklerin tahmininde en iyi parametre olduğunu bulmuşlardır (Musy ve ark., 2017) Bu tez çalışmasında da altın standart olarak kabul edilen μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen mikro yapı parametrelerinden BV/TV parametresinin, lineer regresyon analizlerinde kemiğin basma dayanımını tahmin etmede istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği görülmüştür. Ayrıca hem μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerden elde edilen iki adet çoklu stepwise regresyon modellerinde, hem de KIBT değerlerinden elde edilen üç adet çoklu stepwise regresyon modellerinde; BV/TV değerinin basma dayanımını tahmin etmede oldukça etkili bir parametre olduğu sonucu elde edilmiştir. Yine benzer şekilde Wegrzyn ve arkadaşları (2013); kemikleri basma dayanımı testine tabi tutmuş ve kemiğin gücünün BV/TV değeri ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmışlardır (Wegrzyn ve ark., 2013).

Trabeküler kemiğin gücünün; hem kemiğin kütlesine hem de mikro yapısına bağlı olduğu savunulmuştur (Kleerekoper ve ark., 1985; Recker, 1989) Bu bilgiler ışığında yapmış olduğumuz çalışma sonuçları dikkate alındığında; özellikle μ BT görüntüleme yöntemi ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen mikro yapı parametreleri ile basma dayanımı arasındaki ilişkiyi tanımlar nitelikte çoklu stepwise regresyon modeli olduğu görülmektedir. Bu denklemdeki basma dayanımının kemiğin gücünü temsil ettiği; denklem bileşenlerinden olan BV/TV parametresinin kemiğin kütlesinin bir belirtici olduğu; DA parametresinin ise kemiğin trabeküler dizilimi hakkında bilgi veren, Con. Dens parametresinin ise trabeküler bağlantının densitesi hakkında bilgi veren bir mikro yapı temsilcisi olduğu görülmektedir. Böylece yapmış olduğumuz çalışma mevcut literatür ile uyumludur. Sonuçlarımız literatür bilgilerini doğrulamakla beraber, sayısal olarak basma dayanımı ve mikroyapı parametreleri ilişkisini tanımlamıştır.

SMI parametresi bize kemikte yer alan plaka ya da çubuk şeklindeki trabeküllerin oranı hakkında bilgi vermektedir. Bu indekste çeşitli nedenlerle meydana gelen değişikliklerin üç boyutlu olarak değerlendirilmesi; bize kemik mikro yapısı

hakkında değerli bilgiler sunacaktır. Özellikle ilerleyen yaşla beraber kemik hacminin azalması aslında plak şeklindeki yapıların kaybindan meydana gelmektedir. Bu kaybın da osteoklastik rezorpsiyon kavitelerinin oluşması ile başladığı düşünülmektedir. İşte tüm bu değişikliklerin mekanik özelliklerinde kayıp meydana getirdiği görülmüştür (Cui ve ark., 2008). Ayrıca çubuk şeklindeki trabeküllerin plak şeklindeki trabeküllere göre deformasyona daha duyarlı olduğu; basma dayanımı testlerinde de çubuk şeklindeki trabeküllerin plak şeklindeki trabeküllere göre daha kolay deforme olduğu görülmüştür (Müller ve ark 1998). Garcia ve arkadaşları (2013) μ BT görüntüleme yöntemi ile kemik mikro yapısını analizi ve trabeküler morfolojiyi belirlemek için SMI parametresini kullanmışlardır. 0 ve 3 arası değer alan SMI parametresi plak ve çubuk şekilli trabeküller hakkında bilgi vermektedir. Bu değerın sayısal olarak 0'a yaklaşması plak şekilli trabeküllerin yoğun olduğunu gösterirken; 3'e yaklaşması çubuk şekilli trabeküllerin daha yoğun olduğunu göstermektedir. Ayrıca negatif SMI parametresine sahip kemik numunelerinin BV/TV oranlarının % 50'den fazla olduğu görülmüştür (González García ve Monje, 2013). Ding ve arkadaşları tarafından (2002) yapılan çalışmada SMI parametresinin Young modülünü (R^2 : 0,45) en iyi tanımlayan parametre olduğunu savunulmuştur (Ding ve ark., 2002). Ayrıca Fields ve arkadaşlarının (2009) μ BT görüntüleme yöntemi ile yapmış oldukları çalışmada ise; SMI parametresinin kemiğin gücünü belirlemede etkili olduğunu görmüşlerdir (Fields ve ark., 2009). Ancak bu tez çalışmasında; bu konuda altın standart olarak kabul edilen μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV parametresinin; kemiğin gücünü belirlemede hem lineer regresyon modelinde, hem de çoklu stepwise regresyon modelinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu; ancak bu yöntemlerle elde edilen SMI parametresinin istatistiksel olarak çoklu stepwise regresyon modelinde ise etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Beraberinde ise R^2 değeri oldukça düşük olmakla birlikte; BT ile elde edilen SMI değerinin hem lineer regresyon modelinde (R^2 :0,155), hem de çoklu stepwise regresyon modelinde (Adjusted R^2 :0,125) basma dayanımı yani kemiğin gücünü belirlemede istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. İstatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte; BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen SMI parametresi ile basma dayanımı arasında negatif bir korelasyon değeri olduğu regresyon modellerinde de gösterilmiştir. Ayrıca BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen çoklu stepwise regresyon modeli ile basma dayanımını tahmin eden anlamlı modelde yalnızca

SMI parametresi dâhildir, ancak bu modelin tahmin yüzdesi (Adjusted R^2 :0,125), diğer μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen çoklu stepwise regresyon modellerine göre oldukça düşüktür.

Hyldstrup, Roschger, Dempster ve arkadaşları (2001) antirezorptif ajanların kullanımının kemik mimarisi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir (Dempster ve ark., 2001; Hyldstrup ve ark., 2001; Roschger ve ark., 2001). Özellikle Dempster ve arkadaşları antirezorptif ilaç kullanımı ile meydana gelen bu iyileşmeyi biyopsi örneklerinin μ BT görüntüleme yöntemi ile kemiğin mikro yapı analizlerini yaparak göstermişlerdir. Osteoporozlu hastalarda günlük PTH tedavisi alan hastalarda meydana gelen değişimleri analiz etmişlerdir. Tedavi gören hastaların kortikal kemik trabeküllerindeki bağlantının arttığı ve trabeküler kemiğin genelinde anabolik bir etkinin meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca antirezorptif ilaç kullanımı sonrası erkeklerde Tb/Sp parametresinin azaldığı; Tb/Th parametresinin ise arttığı görülmüştür. Bu durum da Tb/Sp parametresinin kemik kalitesi ile negatif yönlü, Tb/Th parametresinin ise pozitif yönlü bir korelasyonu olduğunu göstermiştir. Ancak bizim çalışmamızda; μ BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen Tb/Th parametresinin basma dayanımını tahmin etmede etkili ve pozitif yönde korelasyon gösteren bir parametre olduğu görülmüştür. Diğer taraftan ise Tb/Sp parametresinin basma dayanımını tahmin etmede istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermediği ancak negatif yönlü bir korelasyon gösterdiği görülmüştür.

Kemik yapının mekanik özelliklerinin tahmininde birçok çalışmada mekanik testler yerine sonlu elemanlar dizini kullanılarak analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemi de tekrar edilebilirliği, numune hazırlarken oluşabilecek artefaktları ortadan kaldırdığı ve birden fazla özelliği beraberinde değerlendirme şansı verdiği için tercih etmişlerdir (Maquer ve ark., 2015). Bu tez çalışmasında mekanik özelliklerden sadece basma dayanımının tespit edilmeye çalışılması, mevcut numune sayısının az olması ve çalışmamızın ex-vivo bir çalışma olması sebebiyle; mekanik test cihazları kullanılarak değerlendirme yapılmaya çalışıldı.

Parsa ve arkadaşları (2015) insan kadavralarını kullanarak implant tedavisi öncesi kemik kalitesini değerlendirmede μ BT, KIBT ve BT görüntüleme yöntemlerinin mikro yapısal parametreler üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır. μ BT görüntüleme

yöntemini altın standart olarak kabul edip; diğer yöntemlerle elde edilen değerleri μ BT görüntüleme yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Yalnız mikro yapı değerlendirmesinde ise; sadece BV/TV ve HU parametrelerini çalışmaya dâhil etmişler ve analizini yapmışlardır. Çalışma neticesinde BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen HU değerinin; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerle yüksek korelasyon gösterdiği görülmüştür. Beraberinde ise BT ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen densite değerlerinin arasında da oldukça güçlü korelasyon olduğu görülmüştür. Ayrıca BV/TV parametresini analiz ederken; KIBT görüntüleme yönteminin, μ BT görüntüleme yöntemiyle olan uyumu değerlendirilmiş ve güçlü bir uyum olduğu görülmüştür (Parsa ve ark., 2015). Bu tez çalışmasında da μ BT, KIBT ve BT görüntüleme yöntemlerinin mikro yapısal parametreleri değerlendirmede etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Ancak görüldüğü üzere Parsa ve arkadaşları (2015) bu çalışmayı yalnızca iki parametre değerleri üzerinden yapmışlardır. Biz ise sekiz parametreyi dâhil ederek; mikro yapıyı oluşturan tüm parametreler hakkında bilgi elde edinmeye çalıştık. Bu da çalışmamızın, literatüre kapsamlı bir katkı sunan bir çalışma olduğunu göstermektedir. Ayrıca mikro yapı parametrelerinden yola çıkarak kemiğin mekanik özelliklerini radyolojik olarak güvenilir bir şekilde tahmin edilebilirliği noktasında KIBT ve BT görüntüleme yöntemleri hakkında güncel bilgiler elde edilmiştir.

Kang ve arkadaşları (2016) domuzlardan elde ettikleri kemikler üzerinde implant stabilitesinin mikro yapı parametrelerinden hangi ölçüde etkilendiğini araştırmışlar. Mikro yapıyı analiz ederken; hem μ BT görüntüleme yöntemini, hem de KIBT görüntüleme yöntemini kullanmışlardır. Elde ettikleri verileri; implantların primer stabilitesinin tespitinde kullanılan SPF (İmplant Stability Criterion) parametresi ile karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırmayı hem lineer regresyon, hem de çoklu stepwise regresyon analizi ile yapmışlardır. Araştırma neticesinde ise μ BT görüntüleme yöntemi ile analiz edilen verilerinden iki model oluşturmuşlardır. Birinci model de BV/TV parametresi tek bir parametre olarak bile modelin yaklaşık olarak %72'sini tanımlayabilecek yeterlilikte olduğunu göstermiştir (Adjusted R^2 : 0,72). İkinci modeldeki değişkenler ise BV/TV ve SMI parametreleri olmuştur. Bu parametreler de modelin yaklaşık olarak % 80'ini tanımlar nitelikteydi (Adjusted R^2 :0,80). KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerden ise üç farklı model oluşturulmuştur. Birinci model de BV/TV tek bir parametre olarak bile modelin yaklaşık olarak %46'sını

tanımlayabilecek yeterlilikte olduğunu göstermiştir (Adjusted R^2 :0,46). İkinci modeldeki değişkenler ise BV/TV ve kemik yüzey densitesi BS/TV (BSD) parametreleri olmuştur. Bu parametreler de modelin yaklaşık olarak % 64'ünü tanımlar nitelikteydi (Adjusted R^2 :0,64). Üçüncü modeldeki değişkenler ise BV/TV, BS/TV (BSD) ve SMI parametreleri olmuştur. Bu parametreler de modelin yaklaşık olarak % 71'ini tanımlar nitelikteydi (Adjusted R^2 :0,71) (Kang ve ark., 2016). Görüldüğü üzere KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerden üç parametre kullanılarak; oluşturan regresyon modelinde bile R^2 değeri 0,71 olarak hesaplanmıştır. Hâlbuki μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerden sadece BV/TV parametresi bile modelin % 72'sini tanımlar nitelikteydi. Bizim çalışmamızda; μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerden sadece BV/TV parametresi basma dayanımı regresyon modelinin tek başına bile yaklaşık % 58,9'unu tanımlar niteliktedir (Adjusted R^2 :0,589). KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen verilerden oluşan üç değişkenli regresyon modelinde ise; BV/TV, DA, Con. Dens parametreleri modele dâhil olmasına rağmen bu oran maalesef % 61,9 ile sınırlı kalmıştır (Adjusted R^2 :0,619). Ayrıca bu iki çalışmada tanımlanmak istenen bağımlı değişkenler farklı olsa da BV/TV parametresinin Young Modülü, sertlik, SPF, basma dayanımı ve akma dayanımı gibi birçok parametre üzerinde birincil derecede etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Beraberinde μ BT görüntüleme yöntemi her ne kadar görüntüleme yöntemleri içerisinde altın standart olarak kabul edilse de; klinik kullanıma uygun olmaması, yüksek radyasyon içermesi, her klinikte bulunmaması gibi bazı dezavantajlara sahiptir. Bu noktada kliniklerimizde artık daha yaygın bir kullanım alanı bulan ve radyasyon miktarı ve işlem süresi gibi konularda birçok avantaj sunan KIBT görüntüleme yönteminin μ BT görüntüleme yöntemine hangi konularda alternatif olabileceği birçok araştırmanın konusunu oluşturmaktadır. Gerek Kang ve arkadaşlarının (2016) yaptıkları çalışmada; gerek bu tez çalışmasında mikro yapıyı analiz ederken; KIBT görüntüleme yönteminin klinik olarak kabul edilebilir düzeylerde, μ BT görüntüleme yöntemine alternatif olabileceği görülmektedir.

Bu verilerle beraber Kang ve arkadaşları (2016) BS/TV (BSD) değerinin SPF değeri ile ilişkisini tanımlayan üç modelden ikisinde BS/TV (BSD) parametresinin tahmin değerinin oldukça etkili olduğu göze çarpmaktadır. Bu tez çalışmasında ise; hem μ BT görüntüleme yöntemi, hem de KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BS/TV

(BSD) parametresinin basma dayanımı ile olan ilişkisinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösteren parametrelerden oluşan lineer regresyon modeli olduğu görülmektedir. μ BT görüntüleme yönteminde sadece BS/TV (BSD) parametresinin basma dayanımını tahmin ettiği bu modelde; BS/TV parametresinin bu modelin % 27,9'unu tanımlar nitelikte olduğu görülmüştür ($R^2:0,279$). KIBT görüntüleme yönteminde ise sadece BS/TV (BSD) değerinin bu modelin % 35,6'sını tanımlar nitelikte olduğu görülmüştür ($R^2:0,356$). Zaten BS/TV parametresinin KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerinin, μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen aynı parametre değeri ile istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde uyumlu olduğu görülmüştür (ICC:0,319, p:0,040)

Kang ve arkadaşları (2016), μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemleri ile elde edilen mikro yapı parametrelerinin SPF değeri ile arasındaki korelasyon Pearson korelasyon testi ile değerlendirmişlerdir. BV/TV, BV, BS, BS/TV(BSD), Tb/Th, Tb/N, FD değerleri ile SPF arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. BS/BV, Tb/Sp ve SMI değerleri ile SPF arasında ise negatif korelasyon olduğu görülmüştür (Kang ve ark., 2016). Bu tez çalışmasında; μ BT, KIBT ve BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen mikro yapı parametrelerinin basma dayanımı değeri arasındaki korelasyonu Pearson korelasyon testi ile değerlendirilmiştir. μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BS/TV, BV/TV, Tb/Th parametreleri basma dayanımı ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon gösterirken; FD ve DA parametreleri basma dayanımı ile negatif korelasyon göstermiştir. Tb/Sp, Con. Dens ve SMI parametreleri ise basma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir. KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BS/TV ve BV/TV parametreleri basma dayanımı ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon gösterirken; DA, Con. Dens ve SMI parametreleri basma dayanımı ile negatif korelasyon göstermiştir. Tb/Th, Tb/Sp ve FD parametreleri ise basma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir. BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BS/TV parametresi basma dayanımı ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon gösterirken; SMI parametresi basma dayanımı ile negatif korelasyon göstermiştir. Tb/Th, Tb/Sp, FD, Con. Dens ve DA değerleri ise basma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir.

Pauwels ve arkadaşları (2015) KIBT görüntüleme yöntemindeki farklı voksel boyutlarının insan mandibulasından elde edilen kemiklerin mikro yapısını oluşturan parametreler üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu araştırmışlardır. Neticede BV/TV ve DA parametrelerinin voksel boyut değişikliklerinden etkilenmediklerini; Tb/Sp ve Tb/Th değerlerinin bu değişiklikten etkilendiği sonucuna varmışlardır (Pauwels ve ark., 2015). Bu da BV/TV ve DA değerlerinin özellikle çene kemiklerinin mikro yapısının değerlendirmesinde, tarama faktörlerinden bağımsız olarak oldukça yararlı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma; yaptığımız tez çalışmasında da KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen BV/TV ve DA parametrelerinin basma dayanımı üzerinde etkili olduğunu gösteren çoklu stepwise regresyon Model-2 ve Model-3 sonuçlarının güvenilirliğini destekler niteliktedir. Ayrıca mikro yapı analizinde; μ BT, KIBT ve BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen Tb/Sp parametresi ile basma dayanımı arasındaki ilişkiyi lineer regresyon modeli ile analiz ettiğimizde, bu parametrenin basma dayanımını tahmin etmede istatistiksel olarak anlamlı olmadığını görüldü. Ayrıca bu parametrenin istatistiksel olarak anlamsız olmasının yanı sıra μ BT ve KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen Tb/Sp parametresi; basma dayanımı ile negatif korelasyon gösterirken; BT yöntemi ile elde edilen değerle pozitif korelasyon göstermiştir. Bu da mikro yapı analizinde BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilen Tb/Sp parametresinin istatistiksel olarak anlam ifade etmediği gibi güvenilir olmadığını da göstermiştir. KIBT görüntüleme yöntemi ile elde edilen Tb/Sp parametrelerinin, μ BT görüntüleme yöntemi ile elde edilen değerlerle uyumunun değerlendirildiği Bland-Altman analizinde ise; KIBT yöntemi ile elde edilen parametrelerin altın standart yöntemi olan μ BT görüntüleme yöntemi istatistiksel olarak anlamlı bir uyum göstermediği görülmüştür. Ayrıca KIBT görüntüleme yöntemi bu parametre için; μ BT görüntüleme yöntemine alternatif olmamakla birlikte, BT görüntüleme yöntemine nazaran daha uyumlu sonuç verdiği görülmüştür.

SONUÇ

1. μ BT yöntemi ile analiz edilen mikro yapı parametrelerinden BS/TV, BV/TV, FD, Tb/Th ve DA parametreleri basma dayanımı tahmininde anlamlı bir fark göstererek bir lineer regresyon modeli oluşturmuşlardır.

2. KIBT yöntemi ile analiz edilen mikro yapı parametrelerinden BS/TV, BV/TV, Con. Dens ve DA parametreleri basma dayanımı tahmininde anlamlı bir fark göstererek bir lineer regresyon modeli oluşturmuşlardır.

3. BT yöntemi ile analiz edilen mikro yapı parametrelerinden BS/TV ve SMI parametreleri basma dayanımı tahmininde anlamlı bir fark göstererek bir lineer regresyon modeli oluşturmuşlardır.

4. KIBT ile değerlendirilen BS/TV, BV/TV ve DA mikro yapı parametresi istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstererek; μ BT yöntemi ile en uyumu göstermiş ve μ BT yöntemine alternatif olarak kullanılabileceği görülmüştür. Tb/Sp ve Tb/Th mikro yapı parametresi istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermeden; μ BT yöntemi ile en uyumu göstermiş ve μ BT yöntemine alternatif olarak kullanılabileceği görülmüştür.

5. BT yöntemi FD, Con. Dens. ve SMI mikro yapı parametresi istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermeden; μ BT yöntemi ile en uyumu göstermiş ve μ BT yöntemine alternatif olarak kullanılabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., Brånemark, PI. A 15 Year Study of Osseointegrated Implants In the Treatment of the Edentulous Jaw. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 1981;10(6):387-416.
- Akça, K., Chang, TL., Tekdemir, İ., Fanuscu, MI. Biomechanical Aspects of Initial Intraosseous Stability and Implant Design: A Quantitative Micro Morphometric Analysis. *Clin. Oral Implants Res.*, 2006;17(4):465-472.
- Al-Azem, H., Khan, AA. Hypoparathyroidism. *Best Practice and Research. Cj. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2012;26(4):517-522.
- Alele, JD., Kamen, DL., Hunt, KJ., Ramsey GR. Bone Geometry Profiles in Women With and Without Sle. *J. Bone Miner. Res.*, 2011;26(11):2719-2726.
- Andersson, L., Kurol, M. Ct Scan Prior to Installation of Osseointegrated Implants in the Maxilla. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 1987;16(1):50-55.
- Andreassen, TT., Jørgensen, PH., Oxlund, H., Flyvbjerg, A., Ørskov, H.. Growth Hormone Stimulates Bone Formation and Strength of Cortical Bone in Aged Rats. *Bone*, 1995;10(7):1057-1067.
- Ankrom, MA., Shapiro, JR. Paget's Disease of Bone (Osteitis Deformans). *J. Am. Geriatr Soc.*, 1998;46(8):1025-1033.
- Antoun, JS., Mei, L., Gibbs, K., Farella, M.. Effect of Orthodontic Treatment on the Periodontal Tissues. *Periodontol.*, 2000;74(1):140-157.
- Araki, K., Okano, T. The Effect of Surrounding Conditions on Pixel Value of Cone Beam Computed Tomography. *Clin. Oral Implants Res.*, 2013;24(8):862-865.
- Atkinson, PJ. Variation in Trabecular Structure of Vertebrae With Age. *Calcif. Tissue Res.*, 1967;1(1):24-32.
- Austin Jr, LT., Dahlin, DC., Royer, RQ. Giant Cell Reparative Granuloma and Related Conditions Affecting the Jawbones. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1959;12(11):1285-1295.
- Bailey, AJ., Sims, TJ., Ebbesen, EN., Mansell, JP., Thomsen, JS., Mosekilde, L. Age Related Changes in the Biochemical Properties of Human Cancellous Bone Collagen: Relationship to Bone Strength. *Calcif. Tissue Int.*, 1999;65(3):203-210.
- Bayraktar, HH., Morgan, EF., Niebur, GL., Morris, GE., Wong, EK., Keaveny, TM. Comparison of the Elastic and Yield Properties of Human Femoral Trabecular and Cortical Bone Tissue. *J. Biomech.*, 2004;37(1):27-35.
- Beerhorst, K., Huvers, FC., Renier, WO. Severe Early Onset Osteopenia and Osteoporosis Caused by Antiepileptic Drugs. *Neth. J. Med.*, 2005;63(6):222-226.
- Bell, KL., Loveridge, N., Power, J., Garrahan, N., Meggitt, BF., Reeve, J. Regional Differences in Cortical Porosity in the Fractured Femoral Neck. *Bone*, 1999;24(1):57-64.
- Beylouni, I., Farge, P., Mazoyer, JF., Coudert, JL. Florid Cemento Osseous Dysplasia: Report of a Case Documented With Computed Tomography and 3D Imaging. *Oral Surgery, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1998;85(6): 707-711.
- Bilge OM, Akgül HM, Dağıstan S. Diş Hekimliğinde Muayene ve Oral Diagnoz. 1.Baskı. Erzurum; Eser Ofset: 2012.
- Blaschke DD. Diseases of bone manifested in the jaws. In: Goaz PW, White SC., *Oral Radiology Principles and Interpretation*. St Louis: Mosby. 1994: 494-512

- Boivin, G., Meunier, PJ. Changes in Bone Remodeling Rate Influence the Degree of Mineralization of Bone Which is a Determinant of Bone Strength: Therapeutic Implications. *İçinde Noninvasive Assessment of Trabecular Bone Architecture and the Competence of Bone, Connect. Tissue Res.*, 2001;43(2-3):123-127.
- Boivin, GY., Chavassieux, PM., Santora, AC., Yates, J., Meunier, PJ. Alendronate Increases Bone Strength by Increasing the Mean Degree of Mineralization of Bone Tissue in Osteoporotic Women. *Bone.*, 2000;27(5):687-694.
- Bonewald, LF. The Amazing Osteocyte. *J. Bone Miner. Res.*, 2011;26(2):229-238.
- Bouxsein, ML. Bone Quality: Where Do We Go From Here? *Osteoporos Int.*, 2003; 14(5):118-127.
- Bouxsein, ML., Boyd, SK., Christiansen, BA., Guldberg, RE., Jepsen, KJ., Müller, R. Guidelines For Assessment of Bone Microstructure in Rodents Using Micro Computed Tomography. *J. Bone Miner. Res.*, 2010;25(7):1468-1486.
- Boyd, SK., Davison, P., Müller, R., Gasser, JA. Monitoring Individual Morphological Changes Over Time in Ovariectomized Rats by in Vivo Micro Computed Tomography. *Bone.*, 2006;39(4):854-862.
- Bresin, A., Kiliaridis, S., Strid, KG. Effect of Masticatory Function on the Internal Bone Structure in the Mandible of the Growing Rat. *Eur. J. Oral Sci.*, 1999;107(1): 35-44.
- Brown, KM., Saunders, MM., Kirsch, T., Donahue, HJ., Reid, JS. Effect Of Cox-2-Specific İnhibition on Fracture-Healing in the Rat Femur. *J. Bone Joint Surg.*, 2004; 86(1):116-123.
- Bryant, SR. The Effects of Age, Jaw Site, and Bone Condition on Oral Implant Outcomes. *Int. J. Prosthodont.*, 1998;11(5):470-490.
- Burr, DB., Turner, CH., Naick, P., Forwood, MR., Ambrosius, W., Hasan, MS., Pidaparti, R. Does Microdamage Accumulation Affect the Mechanical Properties Of Bone? *J. Biomech.*, 1998;31(4):337-345.
- Cakur, B., Şahin, A., Dagistan, S., Altun, O., Caglayan, F., Miloglu, Ö., Harorli, A. Dental Panoramic Radiography in the Diagnosis of Osteoporosis. *Int. J. Med. Res.*, 2008;36(4):792-799.
- Cannon, JS., Keller, EE., Dahlin, DC. Gigantiform Cementoma: Report of Two Cases (Mother And Son). *J. Oral Surg.*, 1980;38(1):65-70.
- Cardoso, L., Herman, BC., Verborgt, O., Laudier, D., Majeska, RJ., Schaffler, MB. Osteocyte Apoptosis Controls Activation of Intracortical Resorption in Response to Bone Fatigue. *J. Bone Miner. Res.*, 2009;24(4):597-605.
- Cassetta, M., Stefanelli, LV., Pacifici, A., Pacifici, L., Barbato, E. How Accurate Is Cbct in Measuring Bone Density? A Comparative Cbct Ct in Vitro Study. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 2014;16(4):471-478.
- Chan, LF., Storr, HL., Grossman, AB., Savage, MO. Pediatric Cushing's Syndrome: Clinical Features, Diagnosis and Treatment. *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.*, 2007;51(8):1261-1271.
- Chang, JI., Som, PM., Lawson, W. Unique Imaging Findings in the Facial Bones of Renal Osteodystrophy. *Ajnr. Am. J. Neuroradiol.*, 2007;28(4):608-609.
- Ciarallo, A., Barralet, J., Tanzer, M., Kremer, R. An Approach to Compare the Quality of Cancellous Bone From the Femoral Necks of Healthy and Osteoporotic Patients Through Compression Testing and Microcomputed Tomography Imaging. *Mcgill J. Med.*, 2006;9(2):102-107.

- Clarke, B. Normal Bone Anatomy and Physiology. Clin. J. Am. Soc. Nephrol., 2008; 3(3):131-139.
- Cohnen, M., Kemper, J., Möbes, O., Pawelzik, J., Mödder, U. Radiation Dose in Dental Radiology. Eur. Radiol., 2002;12(3):634-637.
- Cooper, D. M., Thomas, CDL., Clement, JG., Turinsky, AL., Sensen, CW., Hallgrímsson, B. Age Dependent Change in the 3D Structure of Cortical Porosity at the Human Femoral Midshaft. Bone, 2007;40(4):957-965.
- Cottalorda, J., Bourelle, S. Current Treatments of Primary Aneurysmal Bone Cysts. J. Pediatr. Orthop. B., 2006;15(3):155-167.
- Cowin, SC. The Relationship Between the Elasticity Tensor and the Fabric Tensor. Mech. Mater., 1985;4(2):137-147.
- Cui, WQ., Won, YY., Baek, MH., Lee, DH., Chung, YS., Hur, JH., Ma, YZ. Age and Region Dependent Changes in Three-Dimensional Microstructural Properties of Proximal Femoral Trabeculae. Osteoporos Int., 2008;19(11):1579-1587.
- Currey, JD. Physical Characteristics Affecting the Tensile Failure Properties of Compact Bone. J. Biomech., 1990;23(8):837-844.
- Dalle Carbonare, L., Giannini, S. Bone Microarchitecture as an Important Determinant of Bone Strength. J. Endocrinol Invest., 2004;27(1):99-105.
- Das, S., Crockett, J. C. Osteoporosis, A Current View of Pharmacological Prevention and Treatment. Drug. Des. Devel. Ther., 2013;7:435-448.
- Davidoff, LM. Hyperpituitarism and Hypopituitarism. Bull. N.Y. Acad. Med., 1940;16(4):227-243.
- De Vos, W., Casselman, J., Swennen, GRJ. Cone Beam Computerized Tomography (Cbct) Imaging of the Oral and Maxillofacial Region: A Systematic Review of the Literature. Int. J. Clin. Oral Maxillofac. Surg., 2009;38(6):609-625.
- Delaire, J., Haroun, A. Le Nouveau Concept Cortical: La Mandibule (Deuxieme Partie). Bulletin De L'union Nationale Pour L'intérêt De L'orthopédie Dento-Faciale, 2007;32: 16-22.
- Dempster, DW., Cosman, F., Kurland, ES., Zhou, H., Nieves, J., Woelfert, L., Shane, E., Plavetić, K., Müller, R., Bilezikian, J. Effects of Daily Treatment With Parathyroid Hormone on Bone Microarchitecture and Turnover in Patients With Osteoporosis: A Paired Biopsy Study. J. Bone Miner. Res., 2001;16(10):1846-1853.
- Di Munno, O., Delle Sedie, A., Rossini, M., Adami, S. Disease Modifying Antirheumatic Drugs and Bone Mass in Rheumatoid Arthritis. Clin. Exp. Rheumatol., 2005;23(2):137-144.
- Ding, M., Odgaard, A., Danielsen, CC., Hvid, I. Mutual Associations Among Microstructural, Physical and Mechanical Properties of Human Cancellous Bone. J. Bone Joint Surg., 2002;84(6):900-907.
- Doğan, N., Durmaz, CE., Okçu, KM., Sençimen, M., Üçok, Ö. Üç Olgu Sunumu: Çenelerin Fibro Osseöz Lezyonları. Türkiye Klinikleri J. Dental Sci., 2007;13:146-152.
- Dong, XN., Guo, XE. The Dependence of Transversely Isotropic Elasticity of Human Femoral Cortical Bone on Porosity. J. Biomech., 2004;37(8):1281-1287.
- Donnelly, E. Methods for Assessing Bone Quality: A Review. Clin. Orthop. Relat. Res., 2011;469(8):2128-2138.
- Donnelly, E., Meredith, DS., Nguyen, J. T., Gladnick, B. P., Rebolledo, B. J., Shaffer, AD., Lorch, DG., Lane, JM., Boskey, AL. Reduced Cortical Bone Compositional

Heterogeneity With Bisphosphonate Treatment in Postmenopausal Women With Intertrochanteric and Subtrochanteric Fractures. *J. Bone Miner. Res.*, 2012;27(3):672-678.

Dos Santos Corpas, L., Jacobs, R., Quirynen, M., Huang, Y., Naert, I., Duyck, J. Periimplant Bone Tissue Assessment by Comparing the Outcome of Intraoral Radiograph and Cone Beam Computed Tomography Analyses to the Histological Standard. *Clin. Oral Implants Res.*, 2011;22(5):492-499.

Drage, NA., Palmer, RM., Blake, G., Wilson, R., Crane, F., Fogelman, IA Comparison of Bone Mineral Density in the Spine, Hip and Jaws of Edentulous Subjects. *Clin. Oral Implants Res.*, 2007;18(4):496-500.

Dražić, R., Minić, AJ. Focal Cemento Osseous Dysplasia in the Maxilla Mimicking Periapical Granuloma. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1999;88(1):87-89.

Dula, K., Mini, R., Van Der Stelt, PF., Lambrecht, JT., Schneeberger, P., Buser, D. Hypothetical Mortality Risk Associated With Spiral Computed Tomography of the Maxilla and Mandible. *Eur. J. Oral Sci.*, 1996;104(5-6):503-510.

Dunstan, CR., Somers, NM., Evans, RA. Osteocyte Death and Hip Fracture. *Calcif. Tissue Int.*, 1993;53(1):113-117.

Ejersted, C., Andreassen, TT., Oxlund, H., Jørgensen, PH., Bak, B., Häggblad, J., Tørring, O., Nilsson, MHL. Human Parathyroid Hormone (1–34) And (1–84) Increase the Mechanical Strength and Thickness of Cortical Bone in Rats. *J. Bone Miner. Res.*, 1993;8(9):1097-1101.

Ekestubbe, A., Thilander, A., Gröndahl, HG. Absorbed Doses and Energy Imparted From Tomography for Dental Implant Installation. Spiral Tomography Using the Scanora Technique Compared With Hypocycloidal Tomography. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1992;21(2):65-69.

Emile, JF., Abla, O., Fraitag, S., Horne, A., Haroche, J., Donadieu, J., Requena-Caballero, L., Jordan, MB., Abdel-Wahab, O., Allen, CE. Revised Classification of Histiocytoses and Neoplasms of the Macrophage Dendritic Cell Lineages. *Blood, Am. J. Hematol.*, 2016;127(22):2672-2681.

Evans, FG. The Mechanical Properties of Bone. *Artif Limbs.*, 1969;13:37–48.

Ezoddini Ardakani, F., Owlia, MB., Hesami, S., Hosseini, P. Digital Panoramic Radiography as a Useful Tool For Detection of Bone Loss: A Comparative Study. *Acta Medica Iranica*, 2013;51(2):94-100.

Fanuscu, MI., Chang, TL. Three Dimensional Morphometric Analysis of Human Cadaver Bone: Microstructural Data From Maxilla and Mandible. *Clin. Oral Implants Res.*, 2004;15(2):213-218.

Feldkamp, LA., Goldstein, SA., Parfitt, MA., Jesion, G., Kleerekoper, M. The Direct Examination of Three Dimensional Bone Architecture in Vitro by Computed Tomography. *J. Bone Miner. Res.*, 1989;4(1):3-11.

Felsenberg, D., Boonen, S. The Bone Quality Framework: Determinants Of Bone Strength And Their Interrelationships, And Implications For Osteoporosis Management. *Clin. Ther.*, 2005;27(1):1-11.

Fields, AJ., Eswaran, SK., Jekir, MG., Keaveny, TM. Role of Trabecular Microarchitecture in Whole Vertebral Body Biomechanical Behavior. *J. Bone Miner. Res.*, 2009;24(9):1523-1530.

- Follet, H., Boivin, G., Rumelhart, C., Meunier, PJ. The Degree of Mineralization is a Determinant of Bone Strength: A Study on Human Calcanei. *Bone.*, 2004;34(5):783-789.
- Fonseca, H., Moreira-Gonçalves, D., Coriolano, HJA., Duarte, JA. Bone Quality: The Determinants of Bone Strength and Fragility. *Sports Med .*, 2014;44(1):37-53.
- Fonseca, H., Moreira-Gonçalves, D., Esteves, JLS., Viriato, N., Vaz, M., Mota, MP., Duarte, JA. Voluntary Exercise Has Long Term in Vivo Protective Effects on Osteocyte Viability and Bone Strength Following Ovariectomy. *Calcif. Tissue Int.*, 2011;88(6):443-454.
- Fonseca, H., Moreira-Gonçalves, D., Vaz, M., Fernandes, MH., Ferreira, R., Amado, F., Mota, MP., Duarte, JA. Changes in Proximal Femur Bone Properties Following Ovariectomy and Their Association With Resistance to Fracture. *J J. Bone Miner. Metab.*, 2012;30(3):281-292.
- Fraser, WD. Hyperparathyroidism. *The Lancet*, 2009;374(9684):145-158.
- Fratzl, P., Gupta, H., Paschalis, L., Roschger, P. Structure and Mechanical Quality of the Collagen Mineral Nano Composite in Bone. *J. Mater. Chem.*, 2004;14(14):2115-2123.
- Frederiksen, NL., Benson, BW., Sokolowski, TW. Effective Dose and Risk Assessment From Computed Tomography of The Maxillofacial Complex. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1995;24(1):55-58.
- Fyhrie D. The Mechanical Properties of Bones. In: Orwoll ES, Bilezikian JP, Vanderschueren D (eds) *Osteoporosis in Men: the Effects of Gender on Skeletal Health*. Academic Press., New York, 2010;51-67.
- Garlet, TP., Coelho, U., Silva, JS., Garlet, GP. Cytokine Expression Pattern in Compression and Tension Sides of the Periodontal Ligament During Orthodontic Tooth Movement in Humans. *Eur. J. Oral Sci.*, 2007;115(5):355-362.
- Golub, EE. Role of Matrix Vesicles in Biomineralization. *Biochim. Biophys. Acta Gen. Subj.*, 2009a;1790(12):1592-1598.
- Gonyeau, MJ. Statins and Osteoporosis: A Clinical Review. *Pharmacotherapy*, 2005;25(2):228-243.
- González GR., Monje, F. Is Micro Computed Tomography Reliable to Determine the Microstructure of the Maxillary Alveolar Bone? *Clin. Oral Implants Res.*, 2013a;24(7):730-737.
- González GR., Monje, F. The Reliability of Cone Beam Computed Tomography to Assess Bone Density at Dental Implant Recipient Sites: A Histomorphometric Analysis by Micro Ct. *Clin. Oral Implants Res.*, 2013b;24(8):871-879.
- Goodman, SB., Jiranek, W., Petrow, E., Yasko, AW. The Effects of Medications on Bone. *J Am Acad Orthop Surg .*, 2007;15(8):450-460.
- Goodyear, SR., Aspden, RM. Mechanical Properties of Bone Ex Vivo. *Bone Res.*, 2012;555-571
- Goyal, A., Tyagi, I., Sval, R., Agrawal, T., Jain, M. Primary Aneurysmal Bone Cyst of Coronoid Process. *Bmc. Ear Nose Throat Disord.*, 2006;6(1):1-4.
- Guenoun, D., Fouré, A., Pithioux, M., Guis, S., Le Corroller, T., Mattei, JP., Pauly, V., Guye, M., Bernard, M., Chabrand, P. Correlative Analysis of Vertebral Trabecular Bone Microarchitecture and Mechanical Properties. *Spine*, 2017;42(20):1165-1172.
- Hamada, Y., Kondoh, T., Noguchi, K., Iino, M., Isono, H., Ishii, H., Mishima, A., Kobayashi, K., Seto, K. Application of Limited Cone Beam Computed Tomography to

- Clinical Assessment of Alveolar Bone Grafting: A Preliminary Report. *Cleft Palate Craniofac J.*, 2005;42(2):128-137.
- Harorlı, A., Yılmaz, AB., Akgül, HM. Dişhekimliğinde Radyolojide Temel Kavramlar Ve Radyodiagnostik. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, 2001.
- Hashimoto, K., Kawashima, S., Araki, M., Iwai, K., Sawada, K., Akiyama, Y. Comparison of Image Performance Between Cone Beam Computed Tomography for Dental Use and Four Row Multidetector Helical Ct. *J. Oral Sci.*, 2006;48(1):27-34.
- Hatcher, D. C., Dial, C., Mayorga, C. Cone Beam Ct for Presurgical Assessment of Implant Sites. *Cda.*, 2003;31(11):825-834.
- Heino, TJ., Hentunen, TA., Väänänen, HK. Osteocytes Inhibit Osteoclastic Bone Resorption Through Transforming Growth Factor B: Enhancement by Estrogen. *J. Cell. Biochem.*, 2002;85(1):185-197.
- Hildebrand, TOR., Rüegsegger, P. Quantification of Bone Microarchitecture With the Structure Model Index. *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin.*, 1997;1(1): 15-23.
- Homminga, J., Mccreadie, BR., Ciarelli, TE., Weinans, H., Goldstein, SA., Huiskes, R. Cancellous Bone Mechanical Properties From Normals and Patients With Hip Fractures Differ on the Structure Level, Not on the Bone Hard Tissue Level. *Bone*, 2002;30(5):759-764.
- Hounsfield, GN. Computerized Transverse Axial Scanning (Tomography): Part 1. Description of System. *Br. J. Radiol.*, 1973;46(552):1016-1022.
- Hsu, JT., Chen, YJ., Tsai, MT., Lan, HHC., Cheng, FC., Chen, MY., Wang, SP. Predicting Cortical Bone Strength From DXA and Dental Cone Beam Ct. *Plos One.*, 2012;7(11):E50008.
- Hsu, JT., Huang, HL., Tsai, MT., Wu, AJ., Tu, MG., Fuh, LJ. Effects of the 3D Bone to Implant Contact and Bone Stiffness on the Initial Stability of a Dental Implant: Micro Ct and Resonance Frequency Analyses. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2013;42(2):276-280.
- Hua, Y., Nackaerts, O., Duyck, J., Maes, F., Jacobs, R. Bone Quality Assessment Based on Cone Beam Computed Tomography Imaging. *Clin. Oral Implants Res.*, 2009;20(8):767-771.
- Huang, HL., Chen, MY., Hsu, JT., Li, YF., Chang, CH., Chen, KT. Three Dimensional Bone Structure and Bone Mineral Density Evaluations of Autogenous Bone Graft After Sinus Augmentation: A Microcomputed Tomography Analysis. *Clin. Oral Implants Res.*, 2012;23(9):1098-1103.
- Huh, KH., Yi, WJ., Jeon, IS., Heo, MS., Lee, SS., Choi, SC., Lee, JI., Lee, YK. Relationship Between Two Dimensional and Three Dimensional Bone Architecture in Predicting the Mechanical Strength of the Pig Mandible. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 2006;101(3):363-373.
- Hvid, I., Christensen, P., Søndergaard, J., Christensen, PB., Larsen, CG. Compressive Strength of Tibial Cancellous Bone: Instron and Osteopenetrometer Measurements in an Autopsy Material. *Acta Orthop. Scand.*, 1983;54(6):819-825.
- Hyldstrup, L., Jørgensen, JT., Sørensen, TK., Bæksgaard, L. Response of Cortical Bone to Antiresorptive Treatment. *Calcif. Tissue Int.*, 2001;68(3):135-139.
- Ibrahim, N., Parsa, A., Hassan, B., Van Der Stelt, P., Aartman, IH., Wismeijer, D. Accuracy of Trabecular Bone Microstructural Measurement at Planned Dental Implant Sites Using Cone Beam Ct Datasets. *Clin. Oral Implants Res.* 2014;25(8):941-945.

- Ibrahim, N., Parsa, A., Hassan, B., Van Der Stelt, P., Wismeijer, D. Diagnostic Imaging of Trabecular Bone Microstructure for Oral Implants: A Literature Review. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 2013;42(3):20120075.
- Ichim, I., Swain, M., Kieser, J.A. Mandibular Biomechanics and Development of the Human Chin. *J. Dent. Res.*, 2006;85(7):638-642.
- Ikeda, S., Tsurukami, H., Ito, M., Sakai, A., Sakata, T., Nishida, S., Takeda, S., Shiraishi, A., Nakamura, T. Effect of Trabecular Bone Contour on Ultimate Strength of Lumbar Vertebra After Bilateral Ovariectomy in Rats. *Bone*, 2001;28(6):625-633.
- Issever, A.S., Vieth, V., Lotter, A., Meier, N., Laib, A., Newitt, D., Majumdar, S., Link, T.M. Local Differences in the Trabecular Bone Structure of the Proximal Femur Depicted With High Spatial Resolution MR Imaging and Multisection Ct. *Acad. Radiol.*, 2002;9(12):1395-1406.
- Jaffe, H.L. Giant Cell Reparative Granuloma, Traumatic Bone Cyst and Fibrous (Fibroosseous) Dysplasia of the Jawbones. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1953;6(1):159-175.
- Jaffin, R.A., Berman, C.L. The Excessive Loss of Branemark Fixtures in Type IV Bone: A 5 Year Analysis. *J. Periodontol.*, 1991;62(1):2-4.
- Jamal, S.A., Browner, W.S., Bauer, D.C., Cummings, S.R. Warfarin Use and Risk for Osteoporosis in Elderly Women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann. Intern. Med.*, 1998;128(10):829-832.
- Javed, F., Romanos, G.E. The Role of Primary Stability for Successful Immediate Loading of Dental Implants. A Literature Review. *J. Dent.*, 2010;38(8):612-620.
- Jemt, T., Lekholm, U. Implant Treatment in Edentulous Maxillae: A 5 Year Follow up Report on Patients With Different Degrees of Jaw Resorption. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 1995;10(3):303-311.
- Jethanamest, D., Roehm, P. Fibrous Dysplasia of the Temporal Bone With Complete Canal Stenosis and Cholesteatoma. *Otol. Neurotol.*, 2011;32(7):52-53.
- Jiang, Y., Zhao, J., Liao, E.Y., Dai, R.C., Wu, X.P., Genant, H.K. Application of Micro Ct Assessment of 3D Bone Microstructure in Preclinical and Clinical Studies. *J. Bone Miner. Metab.*, 2005;23(1):122-131.
- Kabel, J., Van Rietbergen, B., Odgaard, A., Dalstra, M., Huiskes, R. Tissue Anisotropy is Not Important for Cancellous Bone Elastic Properties. *Bone*, 1996;19(3s1):145.
- Kaffe, I., Naor, H., Calderon, S., Buchner, A. Radiological and Clinical Features of Aneurysmal Bone Cyst of the Jaws. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1999;28(3):167-172.
- Kaila, R., Ropars, M., Briggs, T. W., Cannon, S. R. Aneurysmal Bone Cyst of the Paediatric Shoulder Girdle: A Case Series and Literature Review. *J. Pediatr. Orthop.*, 2007;16(6):429-436.
- Kalender, W.A. X Ray Computed Tomography. *Phys. Med. Biol.*, 2006;51(13):29.
- Kang, S.R., Bok, S.C., Choi, S.C., Lee, S.S., Heo, M.S., Huh, K.H., Kim, T.I., Yi, W.J. The Relationship Between Dental Implant Stability and Trabecular Bone Structure Using Cone Beam Computed Tomography. *J. Periodontal Implant Sci.*, 2016;46(2): 116-127.
- Kapila, S., Conley, R.S., Harrell Jr, W.E. The Current Status of Cone Beam Computed Tomography Imaging in Orthodontics. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 2011; 40(1):24-34.
- Keaveny, T.M., Wachtel, E.F., Ford, C.M., Hayes, W.C. Differences Between the Tensile and Compressive Strengths of Bovine Tibial Trabecular Bone Depend on Modulus. *J. Biomech.*, 1994;27(9):1137-1146.

- Kerrigan, JR., Sanchez MD., Neggers, J., Arregui DC., Velazquez AJ., Crandall, JR. Indentation Response of Human Patella With Elastic Modulus Correlation to Localized Fractal Dimension and Bone Mineral Density. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, 2014;33:99-108.
- Kervancıoğlu, S., Kervancıoğlu, R., Şirikçi, Ş., Özkur, A. Klavikulanın Solid Tipte Anevrizmal Kemik Kisti: Nadir Bir Çocuk Olgu. *Diagn. Interv. Radiol.*, 2002;8:299-301.
- Khosla, S., Riggs, BL., Atkinson, EJ., Oberg, AL., Mcdaniel, LJ., Holets, M., Peterson, JM., Melton In, LJ. Effects of Sex and Age on Bone Microstructure at the Ultradistal Radius: A Population Based Noninvasive in Vivo Assessment. *J. Bone Miner. Res.*, 2006;21(1):124-131.
- Kim, J.E., Yi, WJ., Heo, MS., Lee, SS., Choi, SC., Huh, KH. Three Dimensional Evaluation of Human Jaw Bone Microarchitecture: Correlation Between the Microarchitectural Parameters of Cone Beam Computed Tomography and Micro Computer Tomography. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 2015;120(6): 762-770.
- Kivovics, M., Szabó, BT., Németh, O., Iványi, D., Trimmel, B., Szmirnova, I., Orhan, K., Mijiritsky, E., Szabó, G., Dobó NC. Comparison Between Micro Computed Tomography and Cone Beam Computed Tomography in the Assessment of Bone Quality and a Long Term Volumetric Study of the Augmented Sinus Grafted With an Albumin Impregnated Allograft. *J. Clin. Med.*, 2020;9(2):303.
- Kleerekoper, M., Villanueva, AR., Stanciu, J., Rao, DS., Parfitt, AM. The Role of Three Dimensional Trabecular Microstructure in the Pathogenesis of Vertebral Compression Fractures. *Calcif. Tissue Int.*, 1985;37(6):594-597.
- Kogianni, G., Mann, V., Noble, BS. Apoptotic Bodies Convey Activity Capable of Initiating Osteoclastogenesis and Localized Bone Destruction. *J. Bone Miner. Res.*, 2008;23(6):915-927.
- Kozakiewicz, M., Perczynska PW., Kobos, J. Cherubism Clinical Picture and Treatment. *Oral Dis.*, 2001;7(2):123-130.
- Kul, A., Seferoğlu, B., Şenel, K., Bağcier, F. Vertebral Compression Fracture in a Patient With Hyperthyroidism. *Turk J. Osteoporos*, 2016;22(3):141-144.
- Kulah, K., Gulsahi, A., Kamburoğlu, K., Geneci, F., Ocak, M., Celik, H. H., Ozen, T. Evaluation of Maxillary Trabecular Microstructure as an Indicator of Implant Stability by Using 2 Cone Beam Computed Tomography Systems and Micro Computed Tomography. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 2019;127(3): 247-256.
- Kurata, K., Heino, TJ., Higaki, H., Väänänen, HK. Bone Marrow Cell Differentiation Induced by Mechanically Damaged Osteocytes in 3D Gel Embedded Culture. *J. Bone Miner. Res.*, 2006;21(4):616-625.
- Kurup, S., Gharote, H., Jose, RA Radiographic Evaluation of Temporomandibular and Hand (Metacarpophalangeal) Wrist Joints of Patients With Adult Rheumatoid Arthritis. *J. Dent. Res.*, 2012;9(1):32-38.
- Lagravère, MO., Fang, Y., Carey, J., Toogood, RW., Packota, GV., Major, PW. Density Conversion Factor Determined Using A Cone Beam Computed Tomography Unit Newtom Qr-Dvt 9000. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 2006;35(6):407-409.
- Lai, YM., Qin, L., Yeung, HY., Lee, KKH., Chan, KM. Regional Differences in Trabecular Bmd and Micro Architecture of Weight Bearing Bone Under Habitual Gait Loading A Pqct And Microct Study in Human Cadavers. *Bone*, 2005;37(2):274-282.

- Laib, A., Kumer, JL., Majumdar, S., Lane, NE. The Temporal Changes of Trabecular Architecture in Ovariectomized Rats Assessed by Microct. *Osteoporos Int.*, 2001;12(11):936-941.
- Lee, SK., Kim, YS., Oh, HS., Yang, KH., Kim, EC., Chi, JG. Prenatal Development of the Human Mandible. *Anat. Rec (Hoboken)*, 2001;263(3):314-325.
- Legrand, E., Chappard, D., Pascaretti, C., Duquenne, M., Krebs, S., Rohmer, V., Basle, MF., Audran, M. Trabecular Bone Microarchitecture, Bone Mineral Density and Vertebral Fractures in Male Osteoporosis. *J. Bone Miner. Res.*, 2000;15(1):13-19.
- Lenart, BA., Lorch, DG., Lane, JM. Atypical Fractures of the Femoral Diaphysis in Postmenopausal Women Taking Alendronate. *N. Engl. J. Med.*, 2008;358(12):1304-1306.
- Liang, X., Lambrichts, I., Sun, Y., Denis, K., Hassan, B., Li, L., Pauwels, R., Jacobs, R. A Comparative Evaluation of Cone Beam Computed Tomography (Cbct) and MultiSlice Ct (Msc). Part II: On 3D Model Accuracy. *Eur. J. Radiol.*, 2010;75(2):270-274.
- Linde, F., Gøstthgen, C. B., Hvid, I., Pongsoipetch, B., Bentzen, S.. Mechanical Properties of Trabecular Bone by A Non Destructive Compression Testing Approach. *Engine. Med*, 1998;17(1):23-29.
- Lioubavina HN., Lang, NP., Karring, T. Significance of Primary Stability for Osseointegration of Dental Implants. *Clin. Oral Implants Res.*, 2006;17(3):244-250.
- Liu, J., Chen, HY., Dodo, H., Yousef, H., Firestone, AR., Chaudhry, J., Johnston, WM., Lee, DJ., Emam, HA., Kim, DG. Efficacy of Cone Beam Computed Tomography in Evaluating Bone Quality for Optimum Implant Treatment Planning. *Implant Dent.*, 2017;26(3):405-411.
- Liu, XS., Sajda, P., Saha, PK., Wehrli, FW., Bevil, G., Keaveny, TM., Guo, XE. Complete Volumetric Decomposition of Individual Trabecular Plates and Rods and Its Morphological Correlations With Anisotropic Elastic Moduli in Human Trabecular Bone. *J. Bone Miner. Res.*, 2008;23(2):223-235.
- Lucas RB. Pathology of Tumours of the Oral Tissues (4th ed). Edinburgh, Churchill Livingstone, 1984 .
- Macdonald-Jankowski, DS. Florid Cemento Osseous Dysplasia: A Systematic Review. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 2003;32(3):141-149.
- Macneil, JA., Boyd, SK. Load Distribution and the Predictive Power of Morphological Indices in the Distal Radius and Tibia by High Resolution Peripheral Quantitative Computed Tomography. *Bone.*, 2007;41(1):129-137.
- Maki, K., Inou, N., Takanishi, A., Miller, AJ. Computer Assisted Simulations in Orthodontic Diagnosis and the Application of a New Cone Beam X Ray Computed Tomography. *Orthod. Craniofac. Res.*, 2003;6:95-101.
- Maquer, G., Musy, SN., Wandel, J., Gross, T., Zysset, PK. Bone Volume Fraction and Fabric Anisotropy are Better Determinants of Trabecular Bone Stiffness Than Other Morphological Variables. *J. Bone Miner. Res.*, 2015;30(6):1000-1008.
- Martin, E., Shapiro, JR. Osteogenesis Imperfecta: Epidemiology and Pathophysiology. *Curr. Osteoporos. Rep.*, 2007;5(3):91-97.
- Martin, RB., Ishida, J. The Relative Effects of Collagen Fiber Orientation, Porosity, Density and Mineralization on Bone Strength. *J. Biomech.*, 1989;22(5):419-426.

- Martín BE., Amblard, D., Nuzzo, S., Elmoutaouakkil, A., Vico, L., Peyrin, F. Excised Bone Structures in Mice: Imaging at Three Dimensional Synchrotron Radiation Micro Ct. *Radiology*, 2003;229(3):921-928.
- Mashiba, T., Hirano, T., Turner, CH., Forwood, MR., Johnston, CC., Burr, DB. Suppressed Bone Turnover by Bisphosphonates Increases Microdamage Accumulation and Reduces Some Biomechanical Properties in Dog Rib. *J. Bone Miner. Res.*, 2000; 15(4):613-620.
- Melrose, RJ., Abrams, AM., Mills, BG. Florid Osseous Dysplasia. A Clinical Pathologic Study Of Thirty Four Cases. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol*, 1976;41(1):62-82.
- Menezes, CC., Janson, G., Da Silveira Massaro, C., Cambiaghi, L., Garib, D.G. Precision, Reproducibility and Accuracy of Bone Crest Level Measurements of Cbct Cross Sections Using Different Resolutions. *Angle Orthod.*, 2016;86(4):535-542.
- Meredith, N. Assessment of Implant Stability as a Prognostic Determinant. *Int. J. Prosthodont.*, 1998;11(5):491-501.
- Meunier, PJ., Boivin, G. Bone Mineral Density Reflects Bone Mass But Also The Degree of Mineralization of Bone: Therapeutic Implications. *Bone.*, 1997;21(5):373-377.
- Minkin, C., Marinho, VC. Role of the Osteoclast at the Bone Implant Interface. *Adv. Dent. Res.*, 1999;13(1):49-56.
- Misra, M., Papakostas, GI., Klibanski, A. Effects of Psychiatric Disorders and Psychotropic Medications on Prolactin and Bone Metabolism. *J. Clin. Psychiatry.*, 2004;65(12):1607-1618; Quiz 1590, 1760-1761.
- Mittra, E., Rubin, C., Gruber, B., Qin, YX. Evaluation of Trabecular Mechanical and Microstructural Properties in Human Calcaneal Bone of Advanced Age Using Mechanical Testing, Mct, And DXA. *J. Biomech.*, 2008;41(2):368-375.
- Monje, A., Monje, F., González GR., Galindo MP., Rodriguez SF., Wang, HL. Comparison Between Microcomputed Tomography and Cone Beam Computed Tomography Radiologic Bone to Assess Atrophic Posterior Maxilla Density and Microarchitecture. *Clin. Oral Implants Res.*, 2014;25(6):723-728.
- Morgan, EF., Keaveny, TM. Dependence of Yield Strain of Human Trabecular Bone on Anatomic Site. *J. Biomech.*, 2001;34(5):569-577.
- Morinaga, K., Kido, H., Sato, A., Watazu, A., Matsuura, M. Chronological Changes in the Ultrastructure of Titanium Bone Interfaces: Analysis by Light Microscopy, Transmission Electron Microscopy and Micro Computed Tomography. *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, 2009;11(1):59-68.
- Morrissey, DD., Talbot, JM., Schleuning, AJ. Fibrous Dysplasia of the Temporal Bone: Reversal of Sensorineural Hearing Loss After Decompression of the Internal Auditory Canal. *The Laryngoscope*, 1997;107(10):1336-1340.
- Mosekilde, L. Consequences of the Remodelling Process for Vertebral Trabecular Bone Structure: A Scanning Electron Microscopy Study (Uncoupling of Unloaded Structures). *J. Bone Miner*, 1990;10(1):13-35.
- Musy, SN., Maquer, G., Panyasantisuk, J., Wandel, J., Zysset, PK. Not Only Stiffness, But Also Yield Strength of the Trabecular Structure Determined by Non Linear μ fe is Best Predicted By Bone Volume Fraction and Fabric Tensor. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, 2017;65:808-813.
- Müller, R. Bone Microarchitecture Assessment: Current And Future Trends. *Osteoporos Int.*, 2003;14(5):89-99.

- Müller, R., Gerber, SC., Hayes, WC. Micro Compression: A Novel Technique for the Nondestructive Assessment of Local Bone Failure. *Technol. Health Care.*, 1998;6(5-6): 433-444.
- Müller, R., Rügsegger, P. Analysis of Mechanical Properties of Cancellous Bone Under Conditions of Simulated Bone Atrophy. *J. Biomech.*, 1996;29(8):1053-1060.
- Müller, R., Van Campenhout, H., Van Damme, B., Van Der Perre, G., Dequeker, J., Hildebrand, T., Rügsegger, P. Morphometric Analysis of Human Bone Biopsies: A Quantitative Structural Comparison of Histological Sections and Micro Computed Tomography. *Bone.*, 1998;23(1):59-66.
- Nager, GT., Kennedy, DW., Kopstein, E. Fibrous Dysplasia: A Review of the Disease and Its Manifestations in the Temporal Bone. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1982;92:1-52.
- Naitoh, M., Aimiya, H., Hirukawa, A., Arij, E. Morphometric Analysis of Mandibular Trabecular Bone Using Cone Beam Computed Tomography: An in Vitro Study. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 2010;25(6):1093-1098.
- Naitoh, M., Katsumata, A., Mitsuya, S., Kamemoto, H., Arij, E. Measurement of Mandibles With Microfocus X Ray Computerized Tomography and Compact Computerized Tomography for Dental Use. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 2004: 19(2):239-246.
- Nakagawa, Y., Kobayashi, K., Ishii, H., Mishima, A., Asada, K., Ishibashi, K. Preoperative Application of Limited Cone Beam Computerized Tomography as an Assessment Tool Before Minor Oral Surgery. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2002; 31(3):322-326.
- Newitt, DC., Majumdar, S., Van Rietbergen, B., Von Ingersleben, G., Harris, ST., Genant, HK., Chesnut, C., Garnero, P., Macdonald, B. In Vivo Assessment Of Architecture And Micro Finite Element Analysis Derived Indices of Mechanical Properties of Trabecular Bone in the Radius. *Osteoporos Int.*, 2002;13(1):6-17.
- Nicks, KM., Amin, S., Atkinson, EJ., Riggs, BL., Melton III, LJ., Khosla, S. Relationship of Age to Bone Microstructure Independent of Areal Bone Mineral Density. *J. Bone Miner. Res.*, 2012;27(3):637-644.
- Odgaard, A.. Three Dimensional Methods for Quantification of Cancellous Bone Architecture. *Bone*, 1997;20(4):315-328.
- Odvina, CV., Zerwekh, JE., Rao, DS., Maalouf, N., Gottschalk, FA., Pak, CY. Severely Suppressed Bone Turnover: A Potential Complication of Alendronate Therapy. *Int. J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2005;90(3):1294-1301.
- Ogawa, T., Enciso, R., Memon, A., Mah, JK., Clark, GT. Evaluation of 3D Airway Imaging of Obstructive Sleep Apnea With Cone Beam Computed Tomography. *Stud. Health Technol. Inform.*, 2005;111(0926-9630):365-368.
- Oksztulska-Kolanek, E., Znorko, B., Michałowska, M., Pawlak, K. The Biomechanical Testing for the Assessment of Bone Quality in an Experimental Model of Chronic Kidney Disease. *Nephron*, 2016;132(1):51-58.
- Oxlund, H., Barckman, M., Ørtoft, G., Andreassen, TT. Reduced Concentrations of Collagen Cross Links are Associated With Reduced Strength of Bone. *Bone*, 1995; 17(4):365-371.
- Oygür T. Ağız Patolojisi Ders Kitabı, Ağız Lezyonları ve Temel Patogenetik Mekanizmalar. 1. Baskı. Eflatun Basım Dağıtım Yayıncılık Danışmanlık Yatırım ve Tic. Ltd. Şti., 2010;124.

- Ömeroğlu, SA. Imaging Findings in Fibrous Dysplasia of the Clivus: Case Report. *Bosphorus Med. J.*, 2021;8(2):115-118.
- Panmekiate, S., Pauwels, R., Ngonphloy, N., Charoenkarn, T., Faruangsang, T. Comparison of Mandibular Bone Micro Architecture Between Microct and Cone-Beam Ct Images. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 2014;44(5):20140322.
- Papadaki, ME., Lietman, SA., Levine, MA., Olsen, BR., Kaban, LB., Reichenberger, EJ. Cherubism: Best Clinical Practice. *Orphanet J. Rare Dis.*, 2012; 7(1):1-14.
- Parkinson, IH., Fazzalari, NL. Interrelationships Between Structural Parameters of Cancellous Bone Reveal Accelerated Structural Change at Low Bone Volume. *J. Bone Miner. Res.*, 2003;18(12):2200-2205.
- Parsa, A., Ibrahim, N., Hassan, B., Van Der Stelt, P., Wismeijer, D. Bone Quality Evaluation at Dental Implant Site Using Multislice Ct, Micro Ct, And Cone Beam Ct. *Clin. Oral Implants Res.*, 2015;26(1):1-7.
- Pauwels, R., Faruangsang, T., Charoenkarn, T., Ngonphloy, N., Panmekiate, S. Effect Of Exposure Parameters and Voxel Size on Bone Structure Analysis in Cbct. *Dentomaxillofac Radiol.*, 2015;44(8):20150078.
- Perrier, E., Bird, N., Rieu, M. Generalizing the Fractal Model of Soil Structure: The Pore Solid Fractal Approach. *Geoderma*, 1999;88(3-4):137-164.
- Pinnell, S. R. Regulation of Collagen Biosynthesis By Ascorbic Acid: A Review. *Yale J. Biol. Med.*, 1985;58(6):553-559.
- Radlanski, RJ., Renz, H., Klarkowski, MC. Prenatal Development of the Human Mandible. *Anat. Embryol.*, 2003;207(3):221-232.
- Ramsey, HE., Strong, EW., Frazell, EL. Fibrous Dysplasia of the Craniofacial Bones. *Am. J. Surg.*, 1986;116(4):542-547.
- Randall, RL., Nork, SE., James, PJ. Aggressive Aneurysmal Bone Cyst of the Proximal Humerus: A Case Report. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 2010;370:212-218.
- Raposo ACE., De Campos GM., Warren, SM., Almeida, AB., Amstalden, EMI., Tiziane, V., Raposo ACM. Two Stage Surgical Treatment of Severe Cherubism. *Ann. Plast. Surg.*, 2007;58(6):645-651.
- Rattan, V., Goyal, S. Aneurysmal Bone Cyst of the Coronoid Process of the Mandible. *J. Indian. Soc. Pedod. Prev. Dent.*, 2006;24(3):155.
- Rebaudi, A., Koller, B., Laib, A., Trisi, P. Microcomputed Tomographic Analysis of the Periimplant Bone. *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, 2004;24(4):316-325.
- Recker, RR. Low Bone Mass May Not Be The Only Cause of Skeletal Fragility in Osteoporosis. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1989;191(3):272-274.
- Reibel, A., Manière, MC., Clauss, F., Droz, D., Alembik, Y., Mornet, E., Bloch ZA. Orodental Phenotype and Genotype Findings in All Subtypes of Hypophosphatasia. *Orphanet J. Rare Dis.*, 2009;4:6.
- Rho, JY., Kuhn SL., Zioupos, P. Mechanical Properties and the Hierarchical Structure of Bone. *Med. Eng. Phys.*, 1998;20(2):92-102.
- Røhl, L., Larsen, E., Linde, F., Odgaard, A., Jørgensen, J. Tensile and Compressive Properties of Cancellous Bone. *J. Biomech.*, 1991;24(12):1143-1149.
- Roschger, P., Rinnerthaler, S., Yates, J., Rodan, GA., Fratzl, P., Klaushofer, K. Alendronate Increases Degree and Uniformity of Mineralization in Cancellous Bone and Decreases the Porosity in Cortical Bone of Osteoporotic Women. *Bone*, 2001; 29(2):185-191.

- Roux, JP., Wegrzyn, J., Boutroy, S., Bouxsein, ML., Hans, D., Chapurlat, R. The Predictive Value of Trabecular Bone Score (Tbs) on Whole Lumbar Vertebrae Mechanics: An Ex Vivo Study. *Osteoporos Int.*, 2013;24(9):2455-2460.
- Rubin, MR., Dempster, DW., Kohler, T., Stauber, M., Zhou, H., Shane, E., Nickolas, T., Stein, E., Sliney, J., Silverberg, S. J., Bilezikian, JP., Müller, R. Three Dimensional Cancellous Bone Structure in Hypoparathyroidism. *Bone*, 2010;46(1):190-195.
- Rüegsegger, P., Koller, B., Müller, RA Microtomographic System for the Nondestructive Evaluation of Bone Architecture. *Calcif. Tissue Int.*, 1996;58(1):24-29.
- Sanchez MD., Velazquez AJ., Quintana, V., Arregui DC., Crandall, JR., Subit, D., Kerrigan, JR. Fractal Dimension and Mechanical Properties of Human Cortical Bone. *Med. Eng. Phys.*, 2013;35(5):576-582.
- Sato, S., Arai, Y., Shinoda, K., Ito, K. Clinical Application of a New Cone Beam Computerized Tomography System to Assess Multiple Two Dimensional Images for the Preoperative Treatment Planning of Maxillary Implants. *Quintessence Int.*, 2004; 35(7):525-528.
- Scarfe, WC., Farman, AG. What is Cone Beam Ct And How Does It Work? *Dent. Clin. N. Am.*, 2008;52(4):707-730.
- Seeman, E. Periosteal Bone Formation, A Neglected Determinant of Bone Strength. *N. Engl. J. Med.*, 2003;349(4):320-323.
- Sennerby, L., Wennerberg, A., Pasop, FA New Microtomographic Technique for Noninvasive Evaluation of the Bone Structure Around Implants. *Clin. Oral Implants Res.*, 2001;12(1):91-94.
- Shahlaie, M., Gantes, B., Schulz, E., Riggs, M., Crigger, M. Bone Density Assessments of Dental Implant Sites: 1. Quantitative Computed Tomography. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 2003;18(2):224-231.
- Shapurian, T., Damoulis, PD., Reiser, GM., Griffin, TJ., Rand, WM. Quantitative Evaluation of Bone Density Using the Hounsfield Index. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants.*, 2006;21(2):290-297.
- Sietsema, WK. Animal Models of Cortical Porosity. *Bone*, 1995;17(4):297-305.
- Silva, MJ., Gibson, LJ. Modeling the Mechanical Behavior of Vertebral Trabecular Bone: Effects of Age Related Changes in Microstructure. *Bone*, 1997;21(2):191-199.
- Siu, ASC., Chu, FCS., Li, TKL., Chow, T.W., Deng, F. Imaging Modalities For Preoperative Assessment in Dental Implant Therapy: An Overview. *Hong Kong Dent. J.*, 2010;7:23-30.
- Siu, WS., Qin, L., Cheung, WH., Leung, KSA Study Of Trabecular Bones in Ovariectomized Goats With Micro Computed Tomography and Peripheral Quantitative Computed Tomography. *Bone*, 2004;35(1):21-26.
- Sornay RE., Munoz, F., Duboeuf, F., Delmas, PD. Rate Of Forearm Bone Loss is Associated With an Increased Risk of Fracture Independently of Bone Mass in Postmenopausal Women: The Ofely Study. *J. Bone Miner. Res.*, 2005;20(11):1929-1935.
- Sran, MM., Boyd, SK., Cooper, DML., Khan, KM., Zernicke, RF., Oxland, TR. Regional Trabecular Morphology Assessed by Micro Ct is Correlated With Failure of Aged Thoracic Vertebrae Under a Posteroanterior Load and May Determine the Site of Fracture. *Bone*, 2007;40(3):751-757.

- Sran, MM., Khan, KM., Zhu, Q., McKay, HA., Oxland, TR. Failure Characteristics of the Thoracic Spine With a Posteroanterior Load: Investigating the Safety of Spinal Mobilization. *Spine*, 2004;29(21):2382-2388.
- Stauber, M., Rapillard, L., Van Lenthe, GH., Zysset, P., Müller, R. Importance of Individual Rods and Plates in the Assessment of Bone Quality and Their Contribution to Bone Stiffness. *J. Bone Miner. Res.*, 2006;21(4):586-595.
- Su, L., Weathers, DR., Waldron, CA. Distinguishing Features of Focal Cemento Osseous Dysplasias and Cemento Ossifying Fibromas: I. A Pathologic Spectrum Of 316 Cases. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1997;84(3):301-309.
- Sugita, H., Oka, M., Toguchida, J., Nakamura, T., Ueo, T., Hayami, T. Anisotropy of Osteoporotic Cancellous Bone. *Bone*, 1999;24(5):513-516.
- Summerlin, DJ., Tomich, CE. Focal Cemento Osseous Dysplasia: A Clinicopathologic Study of 221 Cases. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1994;78(5):611-620.
- Swain, MV., Xue, J. State of the Art of Micro Ct Applications in Dental Research. *Int. J. Oral Sci.*, 2009;1(4):177-188.
- Taghizadeh, E., Reyes, M., Zysset, P., Latypova, A., Terrier, A., Büchler, P. Biomechanical Role of Bone Anisotropy Estimated on Clinical Ct Scans by Image Registration. *Ann. Biomed. Eng.*, 2016;44(8):2505-2517.
- Taguchi, A., Suei, Y., Ohtsuka, M., Otani, K., Tanimoto, K., Ohtaki, M. Usefulness of Panoramic Radiography in the Diagnosis of Postmenopausal Osteoporosis in Women. Width and Morphology of Inferior Cortex of the Mandible. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 1996;25(5):263-267.
- Tatsumi, S., Ishii, K., Amizuka, N., Li, M., Kobayashi, T., Kohno, K., Ito, M., Takeshita, S., Ikeda, K. Targeted Ablation of Osteocytes Induces Osteoporosis With Defective Mechanotransduction. *Cell Metab.*, 2007;5(6):464-475.
- Teo, JCM., Si HKM., Keh, JEL., Teoh, SH. Correlation of Cancellous Bone Microarchitectural Parameters From Microct to Ct Number and Bone Mechanical Properties. *Mater. Sci. Eng.*, 2007;27(2):333-339.
- Teo, JC., Si HKM., Keh, JE., Teoh, SH. Relationship Between Ct Intensity, Microarchitecture and Mechanical Properties of Porcine Vertebral Cancellous Bone. *Clin. Biomech.*, 2006;21(3):235-244.
- Thomas, CDL., Mayhew, PM., Power, J., Poole, KE., Loveridge, N., Clement, JG., Burgoyne, CJ., Reeve, J. Femoral Neck Trabecular Bone: Loss With Aging and Role in Preventing Fracture. *J. Bone Miner. Res.*, 2009;24(11):1808-1818.
- Tiegs, RD. Paget's Disease of Bone: Indications For Treatment And Goals of Therapy. *Clin. Ther.*, 1997;19(6):1309-1329.
- Tohidi, E., Bagherpour, A. Clinicoradiological Findings of Benign Osteopetrosis: Report of Two New Cases. *J. Dent. Res. Dent. Clin. Dent. Prospects.*, 2012;6(4):152-157.
- Tosoni, GM., Lurie, AG., Cowan, AE., Burleson, JA. Pixel Intensity and Fractal Analyses: Detecting Osteoporosis in Perimenopausal and Postmenopausal Women by Using Digital Panoramic Images. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 2006;102(2):235-241.
- Tovar, A. Bone Remodeling as a Hybrid Cellular Automaton Optimization Process. PhD dissertation, University Of Notre Dame, Indiana, 2005.

- Turner, CH. Biomechanics of Bone: Determinants of Skeletal Fragility and Bone Quality. *Osteoporos Int.*, 2002;13(2):97-104.
- Turner, CH., Burr, DB. Basic Biomechanical Measurements of Bone: A Tutorial. *Bone*, 1993;14(4):595-608.
- Uchiyama, T., Tanizawa, T., Muramatsu, H., Endo, N., Takahashi, HE., Hara, TA Morphometric Comparison of Trabecular Structure of Human Ilium Between Microcomputed Tomography and Conventional Histomorphometry. *Calcif. Tissue Int.*, 1997;61(6):493-498.
- Viguet CS., Garnero, P., Delmas, PD. The Role of Collagen in Bone Strength. *Osteoporos Int.*, 2006;17(3):319-336.
- Von Wowern, N., Hjørtting-Hansen, E., Stoltze, K. Changes in Bone Mass in Rat Mandibles After Tooth Extraction. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 1979;8(3):229-233.
- Wakasa, T., Kawai, N., Aiga, H., Kishi, K. Management of Florid Cemento Osseous Dysplasia of the Mandible Producing Solitary Bone Cyst: Report of a Case. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 2002;60(7):832-835.
- Wallace, JM., Golcuk, K., Morris, MD., Kohn, DH. Inbred Strain Specific Response to Biglycan Deficiency in the Cortical Bone of C57Bl6/129 and C3H/HE Mice. *J. Bone Miner. Res.*, 2009;24(6):1002-1012.
- Wegrzyn, J., Roux, JP., Farlay, D., Follet, H., Chapurlat, R. The Role of Bone Intrinsic Properties Measured by Infrared Spectroscopy in Whole Lumbar Vertebra Mechanics: Organic Rather Than Inorganic Bone Matrix? *Bone*, 2013;56(2):229-233.
- Whitaker, SB., Waldron, CA. Central Giant Cell Lesions of the Jaws: A Clinical, Radiologic and Histopathologic Study. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, 1993;75(2):199-208.
- White SC, Pharoah MJ. Systemic Diseases Manifested in the Jaws. In: Rudolph P, Alvis K, eds. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*. 5th Ed. St Louis: C.V. Mosby Co., 2009. 597-614.
- White, SC., Pharoah, MJ. *Oral Radiology-E-Book: Principles And Interpretation*, Elsevier Health Sciences, 2014.
- Williams, JL., Lewis, JL.. Properties Aand an Anisotropic Model of Cancellous Bone From the Proximal Tibial Epiphysis, *J Biomech Eng.*, 1982;104:50-56.
- Wirth, AJ., Goldhahn, J., Flaig, C., Arbenz, P., Müller, R., Van Lenthe, GH. Implant Stability is Affected by Local Bone Microstructural Quality. *Bone*, 2011;49(3):473-478.
- Wojnar, LK., Gądek-Moszczak, A., Pietraszek, J. On the Role of Histomorphometric (Stereological) Microstructure Parameters in the Prediction of Vertebrae Compression Strength. *Image Anal. Stereol.*, 2019;38(1):63-73.
- Yilmaz, HH., Yildirim, D., Ugan, Y., Tunc, SE., Yesildag, A., Orhan, H., Akdag, C. Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings of the Temporomandibular Joint and Masticatory Muscles in Patients With Rheumatoid Arthritis. *Rheumatol. Int.*, 2012; 32(5):1171-1178.
- Younus, M., Haleem, A. Monostotic Fibrous Dysplasia of the Temporal Bone. *J. Laryngol Otol.*, 1987;101(10):1070-1074.
- Zhao, S., Arnold, M., Ma, S., Abel, RL., Cobb, JP., Hansen, U., Boughton, O. Standardizing Compression Testing for Measuring the Stiffness of Human Bone. *Bone Joint Res.*, 2018;7(8):524-538.

Zhao, S., Kato, Y., Zhang, Y., Harris, S., Ahuja, SS., Bonewald, LF. MLO.Y4 Osteocyte Like Cells Support Osteoclast Formation and Activation. J. Bone Miner. Res, 2002;17(11):2068-2079.

Zhou, B., Wang, J., Yu, YE., Zhang, Z., Nawathe, S., Nishiyama, KK., Rosete, FR., Keaveny, TM., Shane, E., Guo, XE. High Resolution Peripheral Quantitative Computed Tomography (HRPQCT) Can Assess Microstructural and Biomechanical Properties of Both Human Distal Radius and Tibia: Ex Vivo Computational and Experimental Validations. Bone, 2016; 86:58-67.



EKLER



EK-2: Tez Orjinallik Raporu



T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



G19 –TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tez Başlığı / Konusu	Mandibula Mikro Yapısının Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi, Bilgisayarlı Tomografi, Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi: Mekanik Testler ile Karşılaştırılması.			
İntihal taraması yapılan bölümler ve sayfa sayıları				
Kapak sayfası	Giriş	Ana bölümler	Sonuç bölümleri	Toplam sayfa sayısı
1	2	62	19	84
İntihal taraması yapılan program		Taramanın yapıldığı tarih	Benzerlik oranı %	
Turnitin		30 /12/ 2021	%2	
*Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:				
- Kabul ve onay sayfası hariç, - Teşekkür hariç, - İçindekiler hariç, - Simge ve kısaltmalar hariç, - 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words) - Gereç ve yöntemler hariç, - Kaynakça hariç, - Alıntılar hariç, - Tezden çıkan yayınlar hariç,				
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihali içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabulettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini bilgilerinize arz ederim. Öğrencinin Adı Soyadı-Sema KAYA İmza				

Öğrencinin Adı Soyadı	Sema KAYA
Anabilim Dalı	Ağız Diş Ve Çene Radyolojisi
Öğrenci No	O17930005019
Programı	☐ Yüksek Lisans ☒ Doktora

DANIŞMAN ONAYI UYGUNDUR Doç. Dr. Alaettin KOÇ (Unvan, Ad Soyad, İmza)	ENSTİTÜ ONAYI UYGUNDUR Dr. Öğr. Üyesi Alperen DEĞİRMENCI (Unvan, Ad Soyad, İmza)
---	--