

856511

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DIŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
ORAL DİAGNOZ VE RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

OSTEOPOROTİK KEMİK TRABEKÜL BULGULARININ
RADYOGRAFİK, DİJİTAL ANALİZ VE KEMİK MİNERAL
DENSİTE YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Fusun YAŞAR

115958

**Danışman
Doç. Dr. Faruk AKGÜNLÜ**

KONYA-2002

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
ORAL DİAGNOZ VE RADYOLOJİ BİLİM DALI
SBE PROJE NO:20001/024

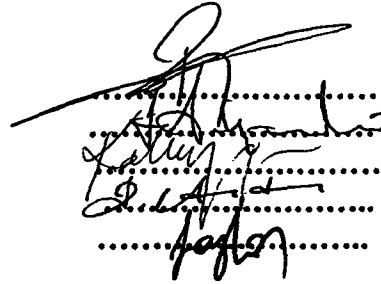
**OSTEOPOROTİK KEMİK TRABEKÜL BULGULARININ RADYOGRAFİK,
DİJİTAL ANALİZ VE KEMİK MİNERAL DENSİTE YÖNTEMLERİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

DT. FÜSUN YAŞAR

Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından 27/12/2002 günü sözlü olarak yapılan
tez savunma sınavında oy birliği ile kabul edilmiştir.
(S. B. E. Yön Kur Karar Tarih ve No.....)

Prof.Dr. Füsun Özer
Doç. Dr.Faruk Akgünlü (Danışman)
Yrd.Doç.Dr Kahraman Güngör
Yrd.Doç.Dr Ülkem Aydın
Yrd.Doç.Dr Faruk Ayhan Başçiftçi


.....
.....
.....
.....
.....

İÇİNDEKİLER

1.	GİRİŞ	1-2
2.	LİTERATÜR BİLGİ	3-54
2.1.	KEMİK YAPISI ve FONKSİYONU	3
2.1.1.	Şekillendirme ve Yeniden Şekillendirme	3
2.2.	OSTEOPOROZ	4
2.2.1.	Özellikler	4
2.2.2.	Radyografik Değişiklikler	5
2.2.3.	Histopatolojik Özellikler	5
2.2.4.	Osteoporoz Tipleri	5
2.2.5.	Postmenopozal ve Senil Osteoporoz	5
2.2.6.	Postmenopozal Kadınlarda Osteoporoz Risk Faktörleri	6
2.2.7.	Biyokimyasal Değişiklikler	7
2.2.8.	Erkeklerde Osteoporoz	7
2.3.	OSTEOPOROZ TEŞHİSİ	8
2.3.1.	Kemik Biyopsileri	8
2.3.2.	Biyokimyasal Ölçümler	9
2.3.3.	Radiogrammetri	9
2.3.4.	Kemik Yoğunluğunu Ölçme Yöntemleri	9
2.3.5.	Dual X-ışını Absorpsiometri	10
2.3.6.	Manyetik Rezonans Görüntüleme	11
2.4.	TEDAVİ	11
2.5.	OSTEOPOROZ VE ORAL KEMİK KAYIPLARI	11
2.6.	PANORAMİK RADYOGRAFLARIN RADİOMORFOMETRİK İNDEKSLERİ	21
2.7.	DİREK DİJİTAL RADYOGRAFI	26
2.8.	DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME İLKELERİ	26
2.8.1.	Analog ve Dijital Görüntüler	27
2.8.2.	Dijital Görüntü Nasıl Oluşur?	27
2.8.3.	Görüntünün Elde Edilmesi	27
2.8.4.	Görüntü Özellikleri	28
2.8.5.	Doz Azalması	28
2.8.6.	Neden Dijital Radyografik Görüntüleme ?	29
2.9.	DENTAL UYGULAMALAR İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME ARAÇLARI	30
2.9.1.	Dijital Görüntü Oluşturmanın Ana Sınıfları	30
2.9.2.	Görüntü İyileştirme	31
2.9.3.	Kontrast İyileştirme	31
2.9.4.	Filtrasyon	32
2.9.5.	Görüntü Restorasyonu	33
2.9.6.	Görüntü Analizi	33
2.9.7.	Ölçümler	33
2.9.8.	Segmentasyon	34
2.9.9.	Özellik Çıkartılması	35
2.9.10.	Obje Klasifikasyonu	35

2.9.11.	Görüntünün Sıkıştırılması	36
2.10.	FRAKTAL GEOMETRİ (KIRILCA GEOMETRİSİ)	36
2.10.1.	Kendine Benzerlik ve Kuvvet Kuralları	37
2.10.2.	Doğal Olarak Bulunan Fraktal Yüzeyle	37
2.10.3.	Yöntemlerin Çeşitliliği	39
2.10.4.	Segmente Görüntüler	39
2.10.5.	Fraktal Boyut Türleri	39
2.10.6.	Box-Counting Yöntemi	40
2.10.7.	Fraktal Geometrik Analizlerde Sorunlar	41
2.10.8.	Fraktal Geometrinin Kullanım Alanları	41
2.10.9.	Görüntü Analiz Yöntemlerinin Tıp ve Dişhekimliğinde Kullanım Alanları	41
3.	MATERYAL ve METOT	55-58
4.	BULGULAR	67-66
5.	TARTIŞMA ve SONUÇ	67-86
6.	ÖZET	87
7.	YABANCI DİLDE ÖZET	88
8.	KAYNAKLAR	89-105
9.	ÖZGEÇMİŞ	106
10.	TEŞEKKÜR	107
11.	Resimler	59-60
12.	Tablolar	61-62
13.	Grafikler	63
14.	Şekiller	64

1.GİRİŞ

Osteoporozu çağımızın hastalığı olarak düşünme eğiliminde olsak da, yaşlılarda kemik kırılabilirliğinin arttığı en azından 200 yıldan beri bilinmektedir. Şu anki anlamıyla 'osteoporoz' teriminin ilk olarak ne zaman kullanıldığını söylemek zordur. 19. yüzyılın ortalarında patologlar tarafından kullanıldığı ve yaklaşık 100 yıl önce Pommer tarafından osteomalasya'dan açıkça ayırt edildiği bilinmektedir (Nordin BEC 1987).

1930'larda klinik seviyede sıkışma fraktür sendromu hala osteomalasya ile karıştırılıyordu, ama bu yüzyılın sonuyla birlikte Albright, 'çok az kalsifiye kemik' olarak açıkladığı bu sendromu osteoporoz olarak tanımladı. Biz şu anda osteoporozun sadece spontan vertebral sıkışmaların ana sebebi olmadığını, aynı zamanda yaşlılardaki kırıkların çoğunun da sebebi olduğunu biliyoruz. Osteoporoz, tüm kemik hacmine oranla kemik dokusu miktarının azalmasıdır. Histomorfometri sayesinde omurgadaki sıkışma fraktürlerinin genellikle kemiklerde genç erişkinlerinkinin hacmine oranla %15 azalma ile birlikte olduğu gösterilerek bu kavram geliştirilmiştir. Bu noktadan sonra, pratikte vertebra kompresyonları osteoporozla eş tutulmaya ve klinik araştırmalar için hasta seçiminde kullanılmaya başlanmıştır (Nordin BEC 1987).

Spontan vertebral kompresyonlar şiddetli osteoporozun varlığına işaret ederken, çoğunlukla bir travma etkeninin olayın içinde olduğu diğer kırıklar için bu geçerli değildir. Bir kemiğin kırılıp kırılmayacağı, travmanın şiddetine ve kemiğin kuvvetine bağlıdır. Kemiğin kuvvetinin ana göstergesi yoğunluk, yani kemik dokusunun içeriğidir. Osteoporozun etkisi fraktüre sebep olmak değil, fraktür tehlikesini arttırmaktır. Kemik yoğunluğu düştükçe kırık tehlikesi artar. Şu anda kalsifiye kemiğin miktarı kolaylıkla ölçülebilmektedir. Eğer azalmışsa, nadir bir durum olan osteomalaciayı elersek, osteoporoz var olmalıdır. Ancak burada ana sorun bu azalmanın neye göre ölçüldüğünün standardını tanımlamaktır. Kemik mineral derişimi aynı cinsiyetteki genç erişkinlerin 2.5 standart sapma altında bulunursa, osteoporoz olduğu kabul edilir. Eğer ön kol ölçümleri kullanılırsa; 65 yaş civarındaki kadınların %50'si, 80 yaş civarındakilerin de %100'ünün osteoporozu var demektir. İskeletteki bölgesel farklılıkların üstesinden sadece tüm vücut ölçümleri gelebilir, ama bunlarda bölgesel ölçümlere göre hata oranı daha yüksektir ve uygulanmaları daha zordur (Johnstone Jr CC ve ark 1989).

Eğer yeteri kadar uzun yaşarlarsa, kadınların ve erkeklerin çoğunun osteoporotik olacağı tatsız bir kavramdır. Mutlak anlamda söyleyecek olursak, genç normal bireylerinkinin altındaki kemik yoğunluk ölçümleri, başka yerde olmasa bile, en azından o kemikte osteoporozu ve artmış kırık tehlikesini gösterir (Nordin BEC 1987).

Kemik kütlesini değerlendirmek için aralarında bilgisayarlı tomografi, single-ve dual-foton absorpsiyometri ve nötron aktivasyon analizlerinin bulunduğu pek çok yöntem geliştirilmiştir; ama bu teknikler özel işlemleri gerektirirler ve göreceli olarak pahalıdır (Lang P ve ark 1991).

Diş hekimlerinin çoğu rutin olarak intraoral radyograflar alırlar. Eğer bu radyograflar kullanarak kemik yapısını değerlendirme teknikleri geliştirilebilirse, bunlar iyi bir görüntüleme aracı olarak hizmet edebilirler. 1960'ların ortalarından beri, dental radyografları kullanarak kemik yoğunluğunu değerlendirmek için araştırmacılar, çıkartma radyografisi, gri skalalı histogramlara dayanan radiometrik sınıflamalar, mikrodensitometre, pixel yoğunluğu (intensitesi), gri skala analizleri, kortikal kemik kalınlığı ve fraktal boyut analizleri gibi tekniklerin etkinliğini araştırıyorlar. Bu tekniklerin kullanımı yukarıda bahsedilen standart tekniklere oranla sadece ucuz olmakla kalmaz aynı zamanda hastanın maruz kaldığı radyasyonu da azaltır (Law A. Ve ark 1996) .

Hazır bir kaynak olan dental radyograflardan osteoporozun erken bulgularının bulunduğu hastalar ayırt edilebilirse, dişhekimleri bu hastalardan gerekli olanlarda ileri tetkiklerin yapılması için kemik ölçüm merkezlerine sevk edilmelerini sağlayarak teşhis ve tedavilerinin erken yapılmasında önemli rol oynayabilirler. Ayrıca, osteoporozlu hastaların belirlenebilmesi, dişhekimlerinin ağız tedavi planını modifiye etmelerine de olanak sağlayabilir.

Bu çalışmanın amacı, mandibuler trabeküler kemiğin morfolojik özelliklerini yansıtabilecek sayısal analiz yöntemlerinin ve panoramik radyograflardan ölçülen radiometrik indekslerin normal ve osteoporozlu hastalarda farklı sonuçlar verip vermediğini test etmektir.

2.LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1.KEMİK YAPISI VE FONKSİYONU

Kemik bol miktarda kalsifiye hücre dışı matriksten oluşur. Mekanik, organları koruma, özellikle kalsiyum ve fosfat iyonları deposu olarak metabolik olmak üzere bu dokunun üç görevi vardır. Kemik matriksinin mekanik yeterliliğini sağlamak için kemik dokusu sürekli bir yenilenmeye uğrar. Bu işlem iki hücre tarafından gerçekleştirilir: kalsifiye matriksi resorbe eden osteoklastlar ve yeni kemik matriksi sentezleyen osteoblastlar (Vernejoul MJ 1998).

Kemik; yoğun, içi dolu (kompakt kemik) ve birbirleriyle bağlantılı çubuk veya tabakaların gözenekli ağı (kanselöz kemik) olmak üzere iki şekilde bulunur. Bu iki kemik arasındaki en belirgin fark, birbirleriyle olan yoğunluk ve katı kısmın hacmindeki farklılıklardadır. Katı kısım hacmi %70'ten az olan kemikler kanselöz olarak sınıflanırken, bu oran %70'ten fazla olduğunda kompakt olarak sınıflandırılır. Vücuttaki kemiklerin çoğunda bu iki kemik türü bir arada bulunur. Yoğun kompakt kemik, içteki spongiöz kemik özünü çevreleyecek şekilde dış kabuğu oluşturur (Gibson LJ,1985).

2.1.1. Şekillendirme ve Yeniden Şekillendirme

Kemik sürekli olarak şekillendirme ve yeniden şekillendirme ile yenilenir. İlkinde, yeni kemik yıkılmış olan kemiğinkinden başka bir yerde oluşur ve büyüme sırasında iskeletin şeklinde değişikliğe neden olur. Bu nedenle sadece büyüme sırasında normal yapının gelişmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda erişkinlerde iskelet yapısının mekanik streslere uyumunu da sağlar. Bunun da ötesinde, erişkin hayatında omurgaların boyutunu artırır. Erişkinlikte en önemli işlem olan şekillendirmede kemiğin şeklinde bir değişim olmaksızın rezorpsiyon ve kemik oluşumu aynı yerde meydana gelir. Hem şekillendirme hem de yeniden şekillendirme, eski kemiğin yerini yeni kemiğin almasıyla sonuçlanır. Bu, hem iskeletin mekanik bütünlüğünü, hem de iyon kaynağı olmasını sağlar (Vanderschueren D ve Bouillon R 1998).

İskeletin yıllık şekillendirme hızı %2 - %10 arasındadır. Kemik yapımı paratiroid hormon, tiroksin, büyüme hormonu ve kalsitriol ile artırılır, kalsitonin, östrojen ve glukokortikoidlerle azaltılır. Mikrofraktürler ve mekanik streslerle de uyarılır. İskelet kütlelerinin %20'sini oluşturan kanselöz kemik dönüşümün %80'ini oluştururken; kemiğin %80'ini oluşturan korteks, dönüşümün sadece %20'sini gerçekleştirir.

Normalde, oluşan kemik miktarı yıkılana eşittir ve olay dengededir (Vanderschueren D ve Bouillon R 1998).

2.2.OSTEOPOROZ

Osteoporoz kemik dokusunun iç yapısının bozulması ve düşük kemik kütlesi nedeni ile kemik kırılabilirliğinin, dolayısıyla da kemik kırıklarının arttığı bir hastalıktır. İskeletin osteoporozu, metabolik kemik hastalıklarının en sık rastlanan şeklidir. Özel bir hastalık durumu değildir ama çeşitli hazırlayıcı etkenlere veya hastalıklara karşı iskeletin özgül olmayan yanıtıdır. Esas olarak kemik matriksinin, ikincil olarak da mineral eksikliğinin sonucunda oluşan kemiklerin yaygın rarefaksiyonudur (Legrand E. ve ark. 2000).

Osteoporoz, kemik oluşumu (anabolizm) ve kemik rezorpsiyonu (katabolizm) arasında dengesizliğin olduğu durumlarda gelişir. Bu tür bozukluklar şu üç şekilde meydana gelebilir:

1-Kemik rezorpsiyonunda hafif bir artışla birlikte kemik oluşumunda da hafif bir azalma.

2-Şiddetli kemik rezorpsiyonu ile birlikte normal hızda kemik formasyonu.

3-Normal kemik rezorpsiyonu ile birlikte kemik formasyonunda şiddetli azalma.

Osteoporoz kazanılmış veya konjenital, bölgesel veya genel olabilir (Wood NK,Goaz PW 1997).

2.2.1.Özellikler

Osteoporozlu hastaların büyük bir kısmında herhangi bir belirti yoktur. İlerlemiş vakalarda, travma veya aşırı kas yorgunluklarından ve hareketlerden sonra artan şiddetli ağrı ile hastalık klinik olarak başlar. Yaşlı insanlardaki sırt ağrısının en sık rastlanan sebebi osteoporozdur (Watson L ,1973).

Osteomalasyadaki daha çok periferal iskeleti etkileyen kemik değişikliklerinin tersine osteoporozdaki kemik değişiklikleri spina, uzun kemikler, pelvis, kafatası, ayaklar gibi daha çok iskeletin merkezi aksiyel kısmını etkiler. Gövdenin kısalması nedeni ile osteoporozlu hastaların boylarında zaman içinde bir azalma meydana gelir (Wood NK,Goaz PW, 1997).

2.2.2.Radyografik Değişiklikler

Hastada osteoporozun gelişmesine neden olan faktör ne olursa olsun radyografik değişiklikler oldukça benzerdir. Radyograflarda kaybın saptanabilmesi için kalsiyum içeriğinde %30 - %60'lara varan bir kayıp olması gerektiği için değişikliklerin radyografik olarak görünür hale gelmesi için çok fazla kemik dokusunun kaybolmuş olması gerekir (Solt DB 1991).

Eğer çenelerde osteoporoz varsa, maksilla ve mandibulada yaygın bir rarefaksiyon görülür. Trabeküller incelmış ve belirsizleşmiştir, pek çoğu da oblitere olmuştur. Kemigin ve burun, maksiller sinüs gibi anatomik boşlukların kortikal sınırları incelmıştır ve daha az belirgindir. Lamina dura hiperparatiroidizme oranla daha uzun süre kalır, ama ilerlemiş ve şiddetli vakalarda belirsizleşebilir veya bazen tümüyle kaybolabilir (Wood NK,Goaz PW 1997).

Mandibuler anguler korteks, metabolik kemik kaybı için tanısal gösterge olarak kullanılabilir. Bu bölgede belirgin kortikal tabaka 15 yaşından önce yoktur. Daha sonra angulustaki korteks kalınlığı göreceli olarak sabittir, ama 60 yaşın üstündeki kadınlarda incelmıştır. Bir vakanın ayrıncı tanısında metabolik kemik hastalığından şüphelenildiğinde korteks değerlendirilebilir (Bras J ve ark 1982).

2.2.3.Histopatolojik Özellikler

Işık mikroskopunda düşük büyütmede osteoporotik kemik kesiti çalışıldığında, ince bir korteks ve düzensiz trabeküler yapı görülür. Trabeküllerin çoğu kaybolmuştur ve kalanların çoğu da çok incedir (Wood NK,Goaz PW 1997).

2.2.4.Osteoporoz Tipleri

Postmenopoz ve senilite durumlar, Cushing sendromu, ilaç tedavisi, malnutrisyon ve tiroksinosis gibi çeşitli hazırlayıcı etkenler veya hastalık durumları osteoporozu başlatabilir. Histolojik değişiklikler, sebepten bağımsız olarak, benzerdir (Wood NK,Goaz PW 1997)

2.2.5.Postmenopozal ve Senil Osteoporoz

Kesin sebepler tanımlanmamış olsa da, erişkin bir insan iskeletinin normal yaşlanma işlemi 20 yaşından hemen sonra başlar ve geçen yıllarla birlikte yavaşça ilerler. Bu yaşlanma işlemi vücudun tüm dokularını etkileyen daha yaygın bir

durumun bir parçasıdır. Bazı kişilerde ek faktörler bu işlemi hızlandırabilir. Sonuç olarak; osteoporozun karmaşık bir patogenezi vardır ve daha önceden varolan periodontal hastalık, dişlerin kaybı ve yaşlanmanın etkileri kemik kaybını hızlandırır (Aufdemorte TB ve ark 1993).

Postmenopozal kadınlarda, özellikle östrojen gibi anabolik hormonların tümündeki azalma, kemik oluşumunda bir gecikmeye neden olur. Kemik rezorpsiyonu normal hızda devam ettiğinden, sonuçta ilerleyici ve yaygın bir rezorpsiyon meydana gelir. Postmenopozal osteoporoz adı verilen bu durumda kemik kaybı spina, pelvis ve kaburgalarla sınırlıdır; kafatası ve ekstremiteler genel olarak sağlam kalır (Wood NK, Goaz PW 1997).

Ooforektomiye takip eden birkaç yıl içinde kadınlarda kemik kaybı hızlanır. Hem trabeküler, hem kortikal kemik için bifazik yapıda kemik kaybı olduğu tanımlanmıştır: her iki cinste de uzun süreli yavaş bir faz vardır ve kadınlarda menopoza sonra kısa süreli hızlanmış bir faz vardır. Ooforektomi geçiren kadınların metakarpal kemiklerinde hızlı bir kemik kütlesi kaybı vardır. Yıllık %2-3 olan kortikal kemik kaybı cerrahi işlemden iki yıl sonra azalmaktadır, ama yavaş fazda 10 – 12 yıl geçse de asemptomatik hale gelmez. Doğal menopoza takip eden on yılda aksiyal iskeletten olan trabeküler kemik kaybı ile ilgili veriler çelişkilidir. Cerrahi menopoza sonraki iki yıl boyunca, bilgisayarlı tomografi ile lomber vertebralardan %12 kayıp olduğu bulunmuştur (Stepan JJ ve ark 1987).

2.2.6. Postmenopozal Kadınlarda Osteoporoz Risk Faktörleri

- Genetik faktör
- Çevresel faktörler (Sigara ve alkol bağımlılığı, fiziksel hareketsizlik, ince yapı, diyetle düşük kalsiyum alımı, güneş ışınlarına az maruz kalmak)
- Menstrual durum
- Erken menopoz
- İlaç tedavisi (glukokortikoidler, antiepileptik ilaçlar, antikoagülan ilaçlar)
- Endokrin hastalıklar (Primer hiperparatiroidizm, tiroksinosis, Cushing sendromu, Addison hastalığı)
- Hematolojik hastalıklar (Multiple Myeloma, sistemik mastositozis, lenfoma, lösemi, pernisiöz anemi)
- Romatoid hastalıklar (Rheumatoid artrit, ankilozan spondilit)

-Gastrointestinal hastalıklar (Malabsorpsiyon sendromları, kronik karaciğer hastalıkları) (von Wowern 2001)

2.2.7.Biyokimyasal Değişiklikler

Tip I veya postmenopozal osteoporozda serum paratiroid hormondaki azalma ve ardından 1,25 dihidroksivitamin D'deki azalma kalsiyum malabsorpsiyonuna neden olur. Tip II veya senil osteoporoz, 1- α Hidroksilazın böbrek seviyelerinin ve intestinal mukoza hücrelerindeki vitamin D reseptörlerinin azalması ile farklıdır. Her iki durumda da D vitamini analogları ile tedavi etkilidir (Gallagher JC 1990).

Senil osteoporoz birlikte etki eden bir dizi neden ile meydana gelebilir, ama bazen bunlardan biri daha baskındır ve saptanabilir. Örneğin, yaşlı kadın ve erkeklerde kalsiyum emiliminde azalmaya sık rastlanır; bunun sebebi de, kısmen yaşın ilerlemesiyle emilimdeki veya D vitamini metabolizmasındaki azalmadır. Yaşlanma sırasında anabolik hormonlarda da azalma olduğundan, daha az kemik yapımı vardır. Hastalarda kas proteinlerinde de azalma vardır, bu da azalan kas etkinliğiyle sonuçlanır. Kas etkinliğinin azalması, kemiğe giden kan akımının azalmasına neden olur. Kemiğin oksijen kaynağı azalmış olur ve sonuçta oluşan hipoksik durum, kemik rezorpsiyonunu artırır (Wood NK,Goaz PW 1997).

Hormonal yelpazenin kısmen yaşlanma işleminin bir parçası olarak değişmesi, yaşlı kişilerde küçük trombusların oluşmasına yol açabilir. Bu trombuslar kemikteki küçük damarları tıkar ve kemiğin canlılığının kaybolmasına neden olurlar, sonuçta rezorpsiyon meydana gelir. Yaşlı kişilerdeki kötü beslenme alışkanlığı da olaya eklenir (Wood NK,Goaz PW 1997).

Sebebi saptanamadığı zaman olaya idiopatik denir. Şu ana kadar kemik oluşumunu uyaracak özel bir etken bulunamadığından, uygulanan tedaviler ana olarak palyatif işlemlerden oluşmaktadır. Analjezikler yazılmaktadır, proteinden zengin beslenme ve kalsiyum, C ve D vitaminleri takviyesi önerilmektedir. Östrojen ve kalsitonin gibi alternatif tedaviler araştırılıyor, hastalığın önlenmesi ve tedavisinde esas olarak östrojen üzerinde durulmaktadır (Wood NK,Goaz PW 1997).

Cushing sendromunda, kortizol ve kortizon gibi ilaçların kullanımında, beslenme bozukluklarında ve hipertiroidide osteoporozda rastlanabilir (Wood NK,Goaz PW 1997; Schatz M ve ark 1993;Bockman RS ve Weinerman SA 1990).

2.2.8. Erkeklerde Osteoporoz

Erkeklerde tek veya çift foton absorpsiometri kullanılarak yapılan çalışmalar kemik mineral seviyeleri azaldıkça fraktür riskinin arttığını göstermektedir. Kontrol hastaları ve fraktürlü hastaların kemik mineral yoğunluk ölçümleri arasında büyük oranda çakışmalar vardır ve tek başına kemik mineral yoğunluk ölçümlerinin fraktür riskini açıklayamayacağı ve kemik kalitesinin, omurgalardaki trabeküler kemiğin biyomekanik yeteneklerinde anahtar rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Erkeklerde kemik oluşumunu alkolik osteoporoz, hiperkalsüri veya primer osteoporoz azaltır. Hipogonadal osteoporozda da kemik rezorpsiyonu artıyor gibi görünmektedir. Omurgalarda deformite riski kısmen travma nedeni ile genç erkeklerde kadınlardan ya daha fazladır ya da aynı orandadır (Legrand ve ark 2000).

2.3. OSTEOPOROZUN TEŞHİSİ

Osteoporoz teşhisi üç yöntemle konabilir:

- 1-Patolojik değerlendirme için kemik biyopsileri
- 2-Biyokimyasal ölçümler
- 3-Kemik yoğunluğunun radyografik ölçümleri

Bu üç yöntem içinde en başarılısı radyografik kemik yoğunluk ölçümleridir. Tek Foton Absorpsiometri (SPA), Dual Foton Absorpsiometri (DPA), Quantitative Computed Tomografi (QCT), Dual X-ray Absorpsiometri ve ultrasonografi gibi çeşitli teknikler mevcuttur. Genellikle alana özgü ölçümler yapılır. En sık analizi yapılan bölgeler yüksek fraktür riski altında bulunan kalça, bilekler ve vertebralardır. Zaman içinde yapılan seri ölçümler kemik kaybı hızı ve prognoz ile ilgili bilgi sağlayabilir (Eastel R, Blumsohn A 1997).

2.3.1. Kemik Biyopsileri

Histolojik kesitlerde trabeküler kemik yapısının analizi için pek çok teknik vardır. Bunların arasında, trabeküler tabaka kalınlıklarının, ayrımının ve sayısının doğrudan ve dolaylı ölçümleri, ilik ve trabeküler ağ hacmi, trabeküler kemik yapı faktörünün ölçümleri sayılabilir. Bu yöntemler trabeküler yapıyla ilgili değerli bilgiler sağlarlar ama trabeküllerin birbirleriyle olan bağlantısının doğrudan analizine imkan vermezler (Mellish ve ark 1991).

Kemik yoğunluğunu değerlendirmek için kemik biyopsisi sık uygulanmaz. Bu testin kısıtlı bir uygulanabilirliği vardır ve kemik hastalıklarının tedavilerinin analizi için bir araştırma tekniği olarak uygulanır (Recker RR 1994).

Biyomekanik olarak trabeküler kemik basit kübik kafese benzetilebilir. Belirli bir yapısal madde için böyle bir kafesin dayanıklılığı sadece varolan maddenin miktarına değil aynı zamanda konumsal dağılımına da bağlıdır, oysa kemik kütlesi ölçümleri var olan madde miktarına yönelmiştir (Kleerekoper ve ark 1985).

2.3.2.Biyokimyasal Ölçümler

Kemik Yapımının Biyokimyasal Parametreleri:

- 1-Total ve kemik alkale fosfatı
- 2-Osteokalsin
- 3-Serum tip 1 prokollagen peptidleri

Kemik Yıkımının Biyokimyasal Parametreleri

- 1-Açlık idrar kalsiyumu
- 2-İdrarla atılan hidroksiprolin
- 3-İdrar piridinium çapraz bağları: total ve serbest formlar
- 4-Hidroksilizin glikozit
- 5-Plazma tartarat-rezistant asit fosfat (Koloğlu S 1998)

2.3.3.Radiogrammetri

Standart anteroposterior radyograflardan bir pergel yardımıyla kortikal kalınlığın ölçümüdür. Bu ölçümlerden çeşitli kortikal kemik hacim indeksleri hesaplanabilir. Radiogrammetri; genellikle metakarpal kemik gövdelerine uygulanır, uygulanması kolaydır ama metabolik kemik hastalıklarını değerlendirmede hassasiyeti yoktur, çünkü bu ölçümle sadece endosteal kemik rezorpsiyonu yansıtılır. Kortikal pörözite ve trabeküler kemik rezorpsiyonu ölçülemez. Radiogrammetri, apendikular iskeletin kemik mineral yoğunluğunu ölçer ama aksiyal iskeletin kemik mineral içeriğindeki değişiklikler ile ilgili doğru bilgi sağlamaz (Lang P ve ark 1991).

2.3.4.Kemik Yoğunluğunu Ölçme Yöntemleri

Osteoporozun erken teşhis edilebilmesi , ilerlemesinin ve tedaviye cevabının hassas şekilde takip edilebilmesi ve riskinin etkin olarak saptanabilmesi için yeni yöntemler geliştirmede büyük çabalar harcanmaktadır (Lang P ve ark, 1991).

İlk geliştirilen yöntemler, radiogrametri ve Single Photon Absorptiometri'dir.

Günümüzde; geçerli dört ölçüm yöntemiyle non-invaziv olarak hem aksiyal, hem de periferik iskelette çeşitli anatomik bölgelerde kemik mineral yoğunluk ölçümü yapılmaktadır (Koloğlu S 1998).

1-SPA (Single Photon Absorptiometry): Proksimal ve distal radius ve kalkaneusta densite ölçümleri yapılabilir. İşlem süresi 15 dakikadır. Radyasyon dozu 10-20 mrem'dir.

2-DPA (Dual Photon Absorptiometry): Vertebra, kalça ve tüm vücutta ölçümler yapılabilir. İşlem süresi 20-40 dakikadır. Radyasyon dozu 5 mrem'dir.

3-DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry): Vertebra, kalça ve tüm vücutta ölçümler yapılabilir. İşlem süresi 3-7 dakikadır. Radyasyon dozu 1-3 mrem'dir.

4-QCT (Quantitative Computed Tomography): Vertebralarda ölçüm yapılabilir. İşlem süresi 10-15 dakikadır. Radyasyon dozu 100-1000 mrem'dir.

Her yöntemde, ya radionüklid ya da X-ışını tüp kaynağından çıkan fotonların dokulardaki emilimi esas alınarak kemik kütlesi hesaplanır. SPA 20 yıldan uzun bir süredir periferik kemik kitle ölçümünde kullanılmaktadır. DPA ve DEXA ise daha sonraki yıllarda geliştirilmiştir. Bunlar vertebra, kalça kemiği gibi çevre yumuşak dokunun çok ve değişken olduğu bölgelerdeki ölçümler için daha uygundur. Yakın zamana kadar foton kaynağı radionüklid iken, daha duyarlı ve daha kısa sürede ölçüm sağladığı için günümüzde X-ışını tüpleri kullanılmaktadır. Ölçümlerin sonuçları, yöntemine göre gram mineral veya gram/cm^2 cinsinden verilmektedir. Kantitatif bilgisayarlı tomografinin, trabeküler kemikte, diğer tekniklerden farklı olarak üç boyutlu görüntüleme olanağından dolayı gerçek yoğunluk (gr/cm^3) ölçümü yapma üstünlüğü vardır. Daha pahalı, daha az duyarlı olması, daha fazla radyasyon etkisi ve ölçüm süresinin uzunluğu gibi olumsuzlukları yanında, vertebradan yapılan ölçümlerde vertebranın posterior elemanlarını ve inen aortadaki kalsifikasyonları ölçüm dışı bırakması da üstün yönleridir (Koloğlu S 1998).

2.3.5. Dual X-ışını Absorpsiometri (DXA)

Kemik mineral yoğunluk ölçümü için X-ışınına dayalı teknikler 1960 ve 1970'lerde geliştirilmiş olsa da kısa bir süre öncesine kadar yaygın kabul görmemişlerdir. 1987 yılında X-ışınına dayalı, ticari olarak satılan ilk kemik densitometreleri piyasaya çıktı. İzotop kaynakla mukayese edildiğinde, X-ışını tübü nedeniyle değişkenliğin artması, tarama zamanı ve X-ışını demetinin kolimasyonu azaltılabilir (Jacobson B 1964).

Planlanan alanı görüntülemek ve kemik mineral içeriğini ölçmek için DXA sistemleri iki farklı enerji seviyesindeki [70 kv(p) ve 140 kv(p)] X-ışınlarını kullanırlar. İlgilenilen alan içindeki yumuşak dokular çıkarılır ve sadece kemikler görüntülenerek ölçülür. DXA sistemleri spinanın, kalçanın, ön kolun ve tüm vücudun kemik mineral içeriğinin saptanması için kullanılabilir (Lang P ve ark 1991).

2.3.6. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI)

Her ne kadar manyetik rezonans görüntüleme erken safhalarında olsa da, yeni çalışmalarda kemik mineral densitesini ve muhtemelen kemik yapısını iyonizan radyasyon kullanmadan değerlendirmede kullanım potansiyeli olduğu belirtiliyor (Dooms GC ve ark 1985).

2.4. TEDAVİ

Osteoporozlu hastalarda D vitamini ve kalsiyum takviyesiyle birlikte geliştirilmiş diyet fayda sağlayabilir. Orta derecede bir egzersiz kemik kaybını yavaşlatabilir.

İlaç tedavilerinin çoğu kemik rezorpsiyonunu azaltmaya yöneliktir. En sık kullanılan östrojen içermeyen ilaç alendronattır ve osteoklastik aktivite inhibitörü olarak görev yapar. Daha az olarak kalsitonin ve sodyum florid kullanılmıştır. Sodyum florid vertebralarda ölçülen kemik densitesini arttırabilir ama vertebra fraktürlerini azaltmada bir etkisi olmadığı saptanmıştır (Hasking D ve ark,1998).

2.5. OSTEOPOROZ VE ORAL KEMİK KAYIPLARI

Hayat boyunca kemikte kesitlerinde sürekli olarak bir yıkım ve yeniden yapılanma vardır ve bu da iskeletin yenilenmesini, fiziksel zorluklara uyum sağlamasını ve mineral ihtiyacının karşılanmasını sağlar. Kemik oluşumu kemik yıkımı ile aynı hızda olduğunda sistem dengelenir. Sistemde ortaya çıkan bir dengesizlik sonucunda kemik kütlelerinde azalma meydana gelebilir. Bu durumda, kemik oluşumunda azalma veya kemik rezorpsiyonunda artma vardır ve iskeletsel osteopeni olarak tanımlanır. Osteoporozda ise bu bulgulara ağrı, deformite ve fraktürler eşlik eder (Jeffcoat MK, Chestnut CH 1993). Osteoporoz; 'çok az miktarda kalsifiye kemik' olarak tanımlanır ve kemik mineral derişimi aynı cinsteki genç erişkinlerinkinin (Nordin BEC 1987) 2 standart sapma altında olması olarak tanımlanmıştır. Osteoporoz; en son olarak da, kemik mineral içeriğinin aynı yaştaki

normal bireylerinkinden en az 2.5 standart sapma altında olması olarak tanımlanmış (Kanis JA ve ark 1994). Dental literatür içinde osteoporoz ve osteopeni terimleri ile sistemik kemik kaybı ve metabolik kemik kaybı bir bakıma birbirlerinin yerine kullanılıyor olsa da (Taguchi A ve ark 1995 a); osteoporoz genellikle, 'kemiklerde çok az kemik olması' durumunda kullanılmaktadır (von Wöern ve ark 1994).

Osteoporoz karmaşık, çok faktörlü kronik bir hastalıktır. Uzun yıllar boyunca sessizce ilerler ve hayatın geç dönemlerinde fraktürlerle tanımlanır. Herhangi bir kırık oluşuncaya kadar bulgular çok nadir olduğundan çok az kişi etkin tedavi görebilecekleri zamanda teşhis edilir. Sonuç olarak bireylerin çoğu, kırıkların sonucunda sakatlık ve kalitesi azalmış bir hayat yaşarlar. Kemik kırılmasının artmasının esas sebebi bilinmez, ama hem kemik kalitesi ve miktarındaki değişiklikleri, hem de yapısal şekillenmedeki değişiklikleri içerdiği düşünülür (Jeffcoat MK ve Chesnut CH 1993). Beyaz kadınlarda hayat boyu kalça fraktürü tehlikesi %15'tir. Osteoporozun en çok etkilediği iskelet alanı omurgadır. 65 yaş ve üstündeki kadınların yaklaşık 1/3'ünde bir veya daha fazla fraktür gelişecektir. Osteoporoz nedeniyle meydana gelen fraktür sayısı yaşla birlikte arttığından, yaşlı nüfusun artmasıyla her yıl ulaşılan fraktür sayısı aşırı bir şekilde artacaktır (Johnston Jr CC ve ark 1985).

Metabolik kemik kaybının oral radyolojik bulgusu lamina dura kaybıdır. Ancak bu ölçüt genellikle periodontal veya periapikal enflamatuvar hastalıklarla gizlenir veya dişsiz çenelerde lamina durayı izlemek mümkün olmaz. Ayrıca, lamina dura kaybı, metabolik kemik kayıplarının geç ve sık rastlanmayan bir bulgusudur. Postmenopozal kadınların ve ilerlemiş böbrek yetmezliği olan hastaların radyografik değerlendirmesinde angulus mandibuladaki kortikal kemikte kayıp olduğu bulunmuştur. Ama bu bulgunun klinik önemini saptamak için, özellikle kortikal tabakanın kalınlığı olmak üzere, normal kişilerin angulus mandibularının radyografik anatomisinin çalışılması gerekir. Bras ve arkadaşları, 180 normal kişinin panoramik radyograflarından, goniondaki normal anguler korteks kalınlıklarını ölçmüşler ve 15 yaşından önce belirgin bir kortikal tabakanın olmadığını görmüşlerdir. Kortikal kalınlığın belirgin olarak incelendiği 60 yaş ve üstündeki postmenopozal kadınlar hariç olmak üzere, 15 yaşından sonra mandibuler anguler korteksin kalınlığının oransal olarak sabit olduğunu bulmuşlar. Ergenlik dönemindeki büyüme atağını takiben angulus mandibulada göreceli olarak sabit kalan kortikal kemik kalınlığı ve postmenopozal kadınlarda kortikal kalınlıktaki azalma nedeniyle, kortikal

kalınlığın, metabolik kemik kayıplarını değerlendirmede yararlı bir parametre olabileceği fikrine varmışlardır (Bras ve ark 1982).

Kribbs ve arkadaşları, dişli ve dişsiz hastalarda mandibuler yoğunluğun saptanmasında mikrodensitometri tekniğinin kullanımını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada vertebral kompresyon fraktürleri olan, ama başka metabolik kemik hastalığı olmayan, yaşları 55 ve 71 arasında değişen, 30 postmenopozal, osteoporotik kadının sađ ve sol mandibuler posterior arklarından birer radyograf alınmış. Bir okluzal radyografi karanlık odada ortadan ikiye kesmiş, ačíkta kalan uçları opak fotoğraf bandıyla kapatmışlar. Film tutucuyla ve alüminyum stepwedge ile birlikte radyografi mandibuler posterior alana yerleştirmişler. Radyografi alınacak olan tarafta düzgün bir yumuşak doku kalınlığı elde etmek için yanakların gevşek bir konumda dişlerin üzerine gelmesini sağlamışlar. Daha sonra mikrodensitometre ile alveoler kemiğin yoğunluğunu ölçmüşler. Çalışmalarının sonucunda mikrodensitometrenin mandibuler kemik kütlesini değerlendirmede yararlı bir teknik olabileceğini bulmuşlar (Kribbs ve ark 1983).

Von Wowerm, 1988 yılında yaptığı bir çalışmada, mandibula ve ön kolün kemik mineral içeriğini dual foton absorpsiyometri ile ölçmüş. Diş kayıplarının, mandibuler kemik mineral içeriği üzerindeki etkilerini ve ön kol kemik mineral içeriği ile ilişkisini araştırmış. Mandibulanın bazal kısmının kemik mineral içeriğini ölçmüş (von Wowerm 1988).

Fetusun gelişimi sırasında endokondral ossifikasyon yerine, kartilajın yerini intramembranöz ossifikasyonun alması nedeni ile mandibula, iskeletin diğer ana kısımlarından farklıdır. Ayrıca, mandibula çiğneme sisteminin bir parçasıdır ve iskeletin diğer kısımlarındaki gibi ağırlık kaldırma işlevi yoktur. Bu nedenle; cinsiyet, yaş, tıbbi tedaviler ve kalsiyum metabolizmasını etkileyen hastalıklarla ilişkili olarak meydana gelen mandibuler kemik mineral kaybının hızı ve büyüklüğü; iskeletin diğer kısımlarındaki kemik mineral içeriği değişikliklerinden farklı olabilir. Dual-foton Absorpsiyometri kullanılarak; mandibulanın kemik mineral içeriği *in vivo* olarak tam ve doğru bir şekilde ölçülebilir. Von Wowerm ve arkadaşları; ön kol, lomber spina ve mandibulanın kemik mineral içeriklerini dual-foton absorpsiyometri ve single-foton absorpsiyometri ile ölçmüşler ve bunları birbirleriyle mukayese etmişler. Lomber spina ve ön kol kemik mineral içerikleri (BMC) arasında anlamlı korelasyonlar bulurken mandibulanın kemik mineral içeriği ile ilgili değişikliklerin

saptanabilmesi için mandibulanın kendisinin taranması gerektiğini bulmuşlar (Von Wowern ve ark 1988).

Kribbs ve arkadaşları; mandibuler ölçümlerde yaşa bağlı değişiklikleri ve mandibuler, vertebral ve radial kemik mineral yoğunluklarını normal kadınlarda değerlendirmek için bir çalışma yapmışlar. Çalışmalarında; radyografik olarak vertebral kompresyon fraktürleri olmayan, kan tahlilleri ile metabolik kemik hastalığı olmadığı saptanan, yaşları 20 ile 90 arasında değişen 50 kadın hastanın vertebral ve radial kemik mineral yoğunluğunun ölçümlerini yapmışlar. Bu hastaların dental muayeneleri için periapikal, panoramik ve okluzal radyograflarını almışlar. Periapikal radyografları, mandibuler kemik kütlesinin mikrodensitometre ile saptanabilmesi için, alüminyum stepwedge ile almışlar. Dişli hastalarda mandibuler ikinci premolar ve birinci molar arasından mikrodensitometre ile yoğunluk ölçümü yapmışlar. Dişsiz hastalarda bu bölge küçük olduğundan, ölçümleri mental foramenin distalinden anteroposterior yönde yapmışlar. Kemik ölçümünün yapıldığı bölgede ark kalınlığını ölçmek için mandibuler arkın ölçüsünü almışlar. Taranan bölgenin kalınlığını ölçerek bu ölçümü okluzal radyografla kıyaslamışlar. Kemik kütlesini kemik genişliğine bölerek bu bölgenin kemik yoğunluğunu elde etmişler. Panoramik radyograflarda da angulus mandibula bölgesinden kortikal kalınlığı ölçmüşler. Mandibulanın kemik kütlesi ile diğer iskelet ölçümleri anlamlı korelasyonlar olması; mandibulanın kemik kütlesinin, iskeletin kemik kütlesiyle ilişkili olduğunu düşündürmüştü. Mandibulanın kemik yoğunluğuna oranla mandibulanın kemik kütlesi ve goniondaki kortikal kalınlığın, diğer iskelet ölçümleriyle daha iyi korelasyon gösterdiğini bulmuşlar. Mandibuler kemik kütlesi veya yoğunluğunda yaşa bağlı değişiklik bulamamışlar. Goniondaki kortikal kalınlığın yaşla birlikte düştüğünü bulmuşlar (Kribbs ve ark 1990).

Elders ve arkadaşları, sistemik kemik kütlesi ve periodontitis arasında ilişki olup olmadığını değerlendirmek için bir çalışma yapmışlar. 46 ve 55 yaşlar arasındaki 286 kadının intra oral muayene ve vertikal alveoler kemik yüksekliği ölçümleri, lomber kemik mineral içeriği ve metakarpal kortikal kalınlıklarını birbirleriyle karşılaştırmışlar. Periodontitisin klinik parametreleri ve kemik kütlesi parametreleri arasında bir ilişki bulamamışlar. Sistemik kemik kütlesinin periodontitis patogenezinde önemli bir faktör olmadığını belirtmişler (Elders ve ark 1992).

Klemetti ve arkadaşları single-enerji kantitatif bilgisayarlı tomografi ile postmenopozal dönemdeki 77 kadının mandibuler kortikal kemiklerinin mineral yoğunluğunu ölçmüşler. Kemik mineral yoğunluğu ölçümlerini, mental foramenin

distalinden korteksin bukkal ve lingual tabakalarından olacak şekilde yapmışlar. Kadınların hiç birinin bu bölgelerinde diş yokmuş ve alveoler prosesleri çok rezorbe imiş. Elde ettikleri kemik mineral yoğunluk ölçüm sonuçlarını femur boynu, lumbar spina ve mandibulanın trabeküler kısmının ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırmışlar. Bukkal korteksin kemik mineral yoğunluğu ölçüm sonuçları, trabeküler kısım haricindeki tüm değerlerle oldukça iyi korelasyon göstermiş. Muayene edilen kadınlardan osteoporozu en az olan grubun korelasyonları en düşük çıkmış. Lingual korteksin değerleri diğer değişkenlerle korelasyon göstermemiş ama osteoporozu en yüksek olan grubun trabeküler kısmının kemik mineral yoğunluğu ile lingual korteks değerleri anlamlı korelasyon göstermiş (Klemetti ve ark 1993 c).

Taguchi ve arkadaşları postmenopozal osteoporoz ve oral bulguları arasındaki ilişkiyi araştırmak için 50-70 yaşlar arasındaki 64 kadının ağızlarındaki mevcut diş sayısı, mandibuler kortikal genişlik, alveoler kemik rezorpsiyonu ve panoramik radyograflarda inferior korteksin morfolojik sınıflamasını incelemişler. Hastalarda torasik vertebra fraktürlerinin varlığını lateral göğüs radyograflarından saptamışlar (Taguchi ve ark 1995 b).

Periodontal hastalık ve osteoporozun ortak özellikleri periodontal hastalıkta alveoler, osteoporozda yaygın olmak üzere kemik kaybıdır. Periodontal hastalıkla, spinadaki osteoporozun aynı hastalığın farklı bulguları olduğunu düşünenler vardır. Osteoporoz, diyetle yetersiz kalsiyum alımının önemli olduğu, çok etkenli metabolik bir hastalıktır. Periodontal hastalığın ise, kötü oral hijyen nedeni ile oluşan enfeksiyöz bir hastalık olduğu iddia edilmektedir. Periodontitiste başlatıcı etkenin plak bakterileri ile birlikte enfeksiyon olduğu belirtilmiştir. Bu hipoteze göre periodontal hastalığıdaki ana olay, kötü oral hijyen nedeni ile oluşan gingivitis ve ardından oluşan bakteriel enfeksiyondur. Gingivitis, dişlerin kökleri boyunca ceplere ve açıklanamayan bir şekilde alveoler kemikte çekilmelere neden olur ve dişin kaybıyla sonuçlanır. Whalen ve Krook, geçerli olan bu hipotezi kabul etmemek için pek çok sebep olduğunu belirtiyorlar. Birincisi; herhangi bir hastalığı enfeksiyöz olarak kabul etmek için Koch kavramlarına uyması gerekir. İkincisi; milyonlarca kişinin dişlerini kaybetmesine neden olan bir hastalığı, sadece yetersiz diş fırçalamayla açıklamak zordur. Üçüncüsü; kemik kaybı, üstünü örten yumuşak dokunun enflamasyonu ile açıklanamaz: böyle bir etkene karşı kemiğin cevabı tam tersi olurdu. Dördüncüsü; periodontal hastalıkta alveoler kemik kaybı, gingivitisin varsayılan enflamatuvar süreç nedeni ile değil, aşırı kemik rezorpsiyonu nedeniyledir. Beşincisi; dişsiz çenelerde

mandibuler kretlerin horizontal rezorpsiyonu devam eder. Düşük diyet kalsiyumu hipokalsemiyi indükler ve bu da artmış parathormon salınımı için bir uyarandır. Yüksek diyet fosforu hiperfosfatemiye neden olur ve bu da hipokalsemiye yol açar. Kemikte rezorpsiyonun artması pahasına serum kalsiyum ve fosfor seviyeleri normale getirilir. Beslenmeyle indüklenen hiperparatiroidizm yaygın osteopeniye neden olur, ama kemik kaybı düzenli değildir. Azalan sırayla kemik kaybındaki hiyerarşi şu şekildedir: özellikle alveoler kemik olmak üzere çene kemikleri, diğer kafa kemikleri, kostalar, vertebralar ve son olarak da uzun kemikler. Alveoler kemiğin dönüşüm hızı yüksektir ve beslenmeye bağlı ikincil hiperparatiroidizm nedeni ile rezorpsiyonun artması durumunda ilk ve daha şiddetli kemik kayıpları buralarda görülür. Whalen ve Krook; yaptıkları histolojik incelemelerde, periodontal hastalıkta horizontal çekilmenin aşırı rezorpsiyon nedeni ile ilgili olduğunu bulmuşlar. Periodontal hastalığı olanlarda radyolojik muayenede aynı zamanda alveoler ve vertebral osteopeninin varlığı gösterilmiştir (Whalen ve Krook 1996).

Single-foton absorpsiyometri (SPA), dual enerji foton veya X-ışını absorpsiyometri (DPA,DXA) ve nicel bilgisayarlı tomografi (QCT) ile kemik kütlesi ölçülebilir. Ama bu teknikler pahalı olduğundan ve nüfusun tümünü genel olarak görüntülemeye maliyet açısından uygun olmayacağından; osteoporozu olan hastaların dental radyograflarının bu amaç için kullanılıp kullanılmayacağıyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Horner ve arkadaşları; mandibuler kemik mineral yoğunluğunun vücudun diğer bölgelerindeki kemik mineral yoğunluğunun bir göstergesi olup olamayacağını araştırmışlar. 40 dişsiz kadının lomber spinalarından (L2-L4) ve sağ femur boynundan dual enerji X-ray absorpsiyometri (DXA) ile, proksimal ve distal ön koldan single photon absorpsiyometri (SPA) ile ve mandibuladan DXA ile kemik densitesi ölçümleri yapmışlar. Mandibula gövdesi, ramus, simfisis ve diğer tüm iskelet alanları arasında anlamlı korelasyonlar gözlemlemişler. Daha yüksek korelasyon katsayısı ve daha büyük sensitivite ve spesifite göstermesi nedeniyle, dental radyograflardan klinik olarak osteoporozun teşhisinde mandibula gövdesinin daha uygun bir yer olduğunu belirtmişler (Horner ve ark 1996).

Aström ve arkadaşları; 1990 yılında yaptıkları bir çalışmada, yaşın ilerlemesiyle birlikte kalan dişlerin sayısında düzenli bir azalmanın olduğunu ve bunun muhtemel sebebinin osteoporoz ve ardından oluşan periodontal hastalık olduğunu belirtmişler. Yaşlılardaki kalça kırıkları da osteoporozla ilgilidir. Yaşlılarda kalan diş sayısının,

yakın gelecekte kalça kırığı gelişme olasılığını tahmin etmede kullanılabileceği sonucuna varmışlar (Aström ve ark 1990).

Benson ve arkadaşları, panoramik mandibuler indeks adı altında, mandibuler kortikal kemik kütlesi için yeni bir radiomorfometrik indeks geliştirmişler. Üç farklı etnik kökeni olan sağlıklı normal popülasyonun panoramik radyograflarını kullanarak geliştirdikleri bu indeksin osteoporozu olan hastaların belirlenmesinde kullanılıp kullanılmayacağını araştırmışlar. Kortikal genişliği, mental foramenin superior marjiniinden mandibulanın inferior sınırına kadar olan mesafeye bölerek Panoramik Mandibuler İndeks superior'u (PMI) hesaplamışlar. Kortikal genişliği, mental foramenin inferior marjiniinden mandibulanın inferior sınırına kadar olan mesafeye bölerek Panoramik mandibuler İndeks inferior'u hesaplamışlar. Osteoporoz; diş kaybı, aşırı residüel kret rezorpsiyonu, diş çekiminden sonra iyileşmede gecikme, maksiller sinüsün incelmış duvarları nedeniyle yansıyan ağrı ve periodontal hastalıklarla birliktedir. Osteoporoz riski altında olan hastaların diş hekimleri tarafından tanımlanabilmeleri için bir temel oluşturmak amacıyla bu çalışmayı gerçekleştirmişler (Benson ve ark 1991).

Osteoporozun çenelerin farklı tabakalarına ve rezidüel sırt rezorpsiyonuna olan etkileri geniş olarak çalışılmış. Yaş ve dişsizlik nedeniyle oluşan değişiklikleri çalışmayı mümkün kılan; kemik kütlesini, mineral içeriğini ve çenelerin yoğunluğunu ölçen aletler son yıllarda hızla gelişmiş. Bu çalışmaların sonuçlarına göre, alveoler rezorpsiyonun en azından ilk safhalarında osteoporoz, rezidüel sırt rezorpsiyonunun hızını etkiler. Rezorpsiyonun daha ileri safhalarındaki etkisi daha az bilinmektedir. Ayrıca, rezorpsiyon ilerledikçe, trabeküler ve kortikal kısmın daha farklı davrandığı bilinmektedir. Radyograflardaki kortikal yükseklik ve mineral yoğunluğunun, iskeletin genel mineral durumundaki değişiklikleri takip ettiği düşünülmektedir. Çenelerdeki kemik kaybının saptanması ve rezidüel sırt rezorpsiyonunun derecesinin sınıflandırılması genellikle panoramik radyograflar kullanılarak yapılır. Klemetti ve arkadaşları; farklı derecelerde kemik kaybı olan postmenopozal kadınlarda lumbar alanın, femur boynunun, mandibuler korteksin ve trabeküler kısmının kemik mineral yoğunluklarının panoramik mandibuler indeksle ilişkisinin olup olmadığını araştırmışlar. Panoramik mandibuler indeksi (PMI), Benson ve arkadaşlarının hesapladığı şekilde ölçmüşler. Milimetrik cetvelle mandibulanın sağ tarafının inferior korteksinin yüksekliğini ölçmüşler ve bunu mandibulanın alt sınırından mental foramenin alt sınırına kadar olan mesafeye

bölerek bulmuşlar. Femur boynu ve lomber bölgenin kemik mineral densitelerini dual enerji X-ışını absorpsiometri ile ve mandibulanın kemik mineral yoğunluğunu kantitatif komputed tomografi ile ölçmüşler. Çalışmalarının sonucunda orta yaşlı postmenopozal kadınlarda, iskeletin genel mineral durumu ile panoramik mandibuler indeks arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon bulamamışlar. Mandibulanın farklı tabakalarını çalıştıklarında da kuvvetli ilişkiler bulamamışlar. Ama PMI değerleri, nüfusun ortalama PMI değerinden belirgin bir şekilde saptığı zaman kemik mineral değişikliklerinin bir göstergesi olabilir sonucuna ulaşmışlar (Klemetti ve ark 1993 a).

Menopozdan sonra genel iskelet kemik kütlesi östrojen eksikliğine bağlı olarak hızlı bir şekilde azalır ve bu durum da osteoporozu yol açar. Postmenopozal osteoporoz olarak bilinen bu durum menopozdan sonraki 15-20 yıl içindeki kadınları etkiler. Menopozdan sonraki ilk beş yıl içinde iskelet kemik kütlesindeki azalma östrojen eksikliği ile başlatılırken, beş yıldan sonra oluşan kemik kayıplarının hareketsizlik, kalsiyum ve D vitamini yetersizliği nedeni ile olduğu bildirilmiştir. Trabeküler kemiğin kortikal kemiğe oranının ve kemik kaybı hızlarının farklı olmasına rağmen postmenopozal kadınlarda omurga, kalça ve ön kol gibi farklı alanların kemik kütleleri arasında anlamlı korelasyon bulunmuş. Von Wöern ve Storze kemik morfolojisi ile mandibulanın bukkal kortikal kemik kütlesinin metakarpal indeksle anlamlı korelasyon gösterdiğini bulmuşlar (von Wöern ve Storze 1979). Single-energy kantitatif komputed tomography (SEQCT) kullanarak Klemetti ve arkadaşları, mandibulanın bukkal kortikal kemik mineral yoğunluğunun femur boynu ve lomber vertebra ile anlamlı korelasyon gösterirken; mandibulanın lingual kortikal ve trabeküler kemik mineral densitesinin genel iskelet kemik mineral içeriği ile korelasyon göstermediğini bulmuşlar (Klemetti ve ark 1993 b). Taguchi ve arkadaşları, farklı postmenopozal periodlardaki 44 kadının mandibuler ve lomber vertebralarının kemik mineral densiteleri arasındaki ilişkiyi incelemişler. Genel mineral durumunu saptamak için dual energy quantitative computed tomography (DEQCT) ile üçüncü lomber vertebra'nın ortasını taramışlar. Kortikal ve trabeküler kemik mineral içeriğini ayrı ayrı hesaplamışlar. Yine DEQCT ile 2mm kalınlığındaki bir kesitten mandibulanın inferior sınırına paralel mental foramen seviyesindeki bir alandan kemik ölçümü yapmışlar. İlgili alanlarını yani Region of Interest'lerini (ROI) dental enfeksiyonların olmadığı alanlarda oluşturmuşlar. Kortikal kemik mineral yoğunluğunun ölçülmesi için ROI sadece bukkal kortekste oluşturulmuş. Daha sonra mandibuler ve vertebral kemik mineral içeriklerini

karşılaştırmışlar. Yeni menapoza girmiş olan kadınlarda belirgin olarak mandibuler korteksin, uzun süredir menopozda olan kadınlarda ise hem kortikal hem de trabeküler kemiğin etkilendiğini bulmuşlar (Taguchi ve ark1996 a).

Taguchi ve arkadaşları; panoramik radyograflarda, mandibulanın inferior korteksinin genişlik ve morfolojisinin postmenopozal osteoporoz teşhisindeki yararlılığını araştırmışlar. Menapozun farklı aşamalarında olan 124 kadının DEQCT ile lomber üçüncü vertebralarının kemik mineral densitesini ölçmüşler. Mandibuler kortikal genişliği (MCW) mental foramen alanından ölçmüşler. Kadınlarda mandibuler kortikal genişlik ikinci on yılda hızla artıp, altıncı on yıla kadar kısmen sabit kalıp, yedinci on yılda ani bir azalma gösterdiğinden; mukayeseler için ikinci on yıldaki ölçümleri kullanmışlar. MCW değerlerini: a) sınıf 1: ikinci dekad ortalamasının 1 standart sapma üzerinde; b) sınıf 2: bu ortalamanın +1 sınırları dahilinde; c) sınıf 3: bu ortalamaadan 1 standart sapma daha aşağıda olacak şekilde 3 sınıfa ayırmışlar. Mandibuler inferior korteks morfolojisini, mental foramen alanından itibaren distale doğru bilateral olarak mandibulayı gözlemleyerek bulmuşlar. Burada Klemetti'nin sınıflamasını kullanmışlar (Klemetti ve ark 1994). Bu sınıflamaya göre: inferior korteksin endosteal marjini düzgünse sınıf 1; endosteal kortikal artıklar kalacak şekilde endosteal marjin bir veya üç tabaka kalınlığı boyunca semilunar defektler (lakunar rezorpsiyon) gösteriyorsa sınıf 2; yoğun endosteal artıklarla birlikte korteks belirgin bir şekilde pörözse sınıf 3 olarak kabul etmişler. Üçüncü lomber vertebraların trabeküler kemik mineral densitesiyle mandibuler kortikal genişlik ve inferior korteks morfolojisi arasında anlamlı ve ters yönde bir ilişki olduğunu ve panoramik radyografların osteoporozu değerlendirmede güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini bulmuşlar (Taguchi ve ark 1996b).

Kemik mineral içeriğini ölçmek için quantitative computed tomography (QCT), DXA gibi sistemler geliştirildi. Bu tekniklerin çenelere uygulanması teknik olarak zordur, çünkü çene kemiklerinin şekilleri ölçüm alanının ayarlanmasını zorlaştırır. Bu nedenle, çenelerdeki kemik mineral içeriğini ölçmek için intra-oral radyografların alüminyuma eşdeğer görüntülerini yaratma yöntemleri geliştirilmiş ve klinik çalışmalarda kemik mineralizasyonlarındaki değişiklikleri saptamak için bu yaklaşım kullanılmış (Kribbs ve ark 1983). Ancak, intra-oral radyografide alüminyuma eşdeğerlik, bukko-lingual düzlemde kortikal ve kanselöz kemiğin integral çizgi değeri olarak ifade edilir ve kortikal ve kanselöz kemik ayrı ayrı değerlendirilemez. Diğer taraftan, Bilgisayarlı Tomografi (BT) 3-boyutlu yapıyı 2-boyutlu görüntülere

ayrıştırır ve kemik anatomisindeki farklılıklara dayanarak kemik mineral içeriğinin saptanmasını sağlar. Çenelerdeki kemik mineral içeriğinin ölçülmesi için QCT kullanıldığı zaman, görsel olarak kortikal ve kanselöz kemik ayrılmış olur. Iwashita bir çalışmasında, mandibuler kortikal kemiği kanselöz kemikten otomatik olarak ayırmak için bir yöntem geliştirmeye çalışmış ve bu şekilde elde edilen kemik mineral içerikleri ile alüminyuma eşdeğer imajlardan elde edilenleri birbirleriyle karşılaştırmış (Iwashita 2000).

Vücudun diğer kısımlarında olduğu gibi, çenelerde de kemikteki kas bağlanma yerleri kemiği kuvvetlendiren işlevsel gerilimler yaratırlar ve mineral kaybını önlerler. Klemetti ve arkadaşları, dişsiz çenelerde çiğneme kaslarının bağlandığı yerlerdeki mineral kaybının sebebinin işlev azalması olduğunu bulmuşlar. Dişsizliğin farklı safhalarında kas etkinliği benzer şekilde kemik yoğunluğunu düzenler. Kemik mineral yoğunluğu ve çenelerdeki kemik kütlesini ölçmek için kullanılan modern radyografik teçhizat pahalıdır ve diş hekimlerinin araçları ve ilgi alanları olmaktan uzaktırlar. İşlevsel uyarıların azalması ile oluşan değişiklikler, örneğin, panoramik radyograflar gibi daha kolay ulaşılabilen yöntemlerle gösterilebilirse çok değerli olacaktır. Bu düşünceden hareket eden Klemetti ve Kolmakov, 77 postmenopozal kadının mandibulalarının kortikal kemik mineral yoğunluğunu mental foramenin bukkal ve distalinden ve mental foramenin lingual ve distalinden olmak üzere iki noktadan QCT ile ölçmüşler. Panoramik radyograflardan da mandibulanın inferior korteksinin morfolojisini değerlendirmişler (Şekil 1).Mandibuladaki değişikliklerin kemik mineral yoğunluğuyla uyumlu olduğunu, bu nedenle panoramik radyograflarda mandibuler korteks sınıflandırmasının kortikal kemiğin yapısının değerlendirilmesinde yararlı olabileceğini belirtmekte (Klemetti ve Kolmakov 1997).

Uzun kemiklerin gövdelerinde bulunan kortikal kemik hem kadınlarda, hem de erkeklerde 40 yaşından itibaren yavaş bir kayıba uğrar. Vertebra gövdelerinde ve uzun kemiklerin uçlarında bulunan trabeküler kemiğin ise çok daha yüksek bir metabolik dönüşüm hızı vardır ve özellikle östrojen yetmezliğinde kortikal kemiğe oranla daha erken ve hızlı kaybedilir. Bu nedenle, kemik mineral yoğunluğu özellikle trabeküler kemiğin yoğun olduğu alanlardan ölçülür. Southard ve arkadaşları maksiller anterior ve maksiller posterior bölgeden alüminyum stepwedge ile birlikte periapikal ve vertikal bitewing radyograflar almışlar. Daha sonra bu radyografları dijitalize etmişler yani sayısallaştırmışlar. İnterdental alanlarda, diş dokuları ve periodontal aralığı içermeyecek şekilde ilgi alanları yani ROI'ler oluşturmuşlar. Bu

bölgelerin alüminyuma eşdeğer yoğunluklarını hesaplamışlar. Aynı hastaların lomber spina, tüm kalça, femur boynu, trochanter, intertrochanteric alan ve Ward's üçgeni ve radiusun DEXA ile yoğunluklarını ölçmüşler. Ward's üçgeni, femur boynunda ana trabeküler yapı içinde oluşan üçgen şeklinde radiolüsent bir landmarktır. Kalsiyum miktarının azalmasıyla bu landmark radyograflarda daha radiolüsent olarak görülür. Daha sonra maksiller ve mandibuler alveoler kret densiteleri ile DEXA ile ölçümleri yapılan diğer iskelet densiteleri arasındaki korelasyona bakmışlar. Sağlıklı kadınlarda maksiller alveoler proses densitesinin mandibuler alveoler proses, lomber spina, kalça ve radiusla anlamlı olarak ilişkili olduğunu ve densitenin yaş ilerledikçe düştüğünü bulmuşlar (Southard ve ark 2000a).

Hildebolt ve arkadaşları, normal ve hastalıklı alveoler kemiği radyografa dayalı olarak sınıflandırmışlar. 75 erişkine ait kuru mandibulayı iki deneyimli gözlemci, hastalıklı veya normal olarak değerlendirmişler. Mandibuler kadrınların bitewing radyograflarını almışlar daha sonra bunları dijitize etmişler. Daimi 1. ve 2. Molarlar arasında ROI'ler oluşturmuşlar. Bu ROI'lerin gri skala histogramlarını hesaplamışlar ve bu histogramlara dayanarak bir sınıflandırma sistemi geliştirmişler (Hildebolt ve ark 1992).

Hara ve arkadaşları, farelerde overektomi ve kalsiyumdan fakir beslenmenin kemik dinamiği üzerindeki etkilerini histomorfometrik açıdan araştırmışlar. Çalışmalarının sonucunda kalsiyumdan fakir beslenmenin sert damak, mandibula ve proksimal tibiada kemik kaybını tetiklerken, overektominin tetiklediği kemik kaybının daha çok mandibula ve proksimal tibia ile sınırlı olduğunu bulmuşlar. Bu nedenle, overektomi ve kalsiyumdan fakir beslenmeye kemik dokusunun verdiği yanıtın bölgeye bağımlı olduğu sonucuna varmışlar. Ayrıca, kemik rezorpsiyon ve oluşumu değişkenlerinin overektomi ve/veya kalsiyumdan fakir beslenmenin tetiklediği osteopeninin artmış kemik turnoveri sonucunda olduğunu belirtmişler (Hara ve ark 2001).

2.6. PANORAMİK RADYOGRAFLARIN RADYOMORFOMETRİK İNDEKSLERİ

Pek çok araştırmacı; iskeletin çeşitli kısımlarının (vertebra, metakarpaller ve radius) osteoporozuna ilerlemiş periodontal hastalığın (Groen JJ ve ark 1968; Philips HB ve Ashley FP 1973), hızlı rezidüel sırt rezorpsiyonunun (von Wowern N ve Collerup G 1992) ve postmenopozal diş kayıplarının (Daniell HW 1983) eşlik edebileceğini ileri sürdüklerinden, sistemik osteoporozun tedavi edilmesiyle periodontal hastalık nedeniyle

meydana gelen diş kayıplarının azaltılabileceğini düşünmüşler. Daniell, düşük metakarpal indeksi olan hastaların yüksek kemik kütleli hastalardan daha erken yaşlarda tümüyle dişsiz olacaklarını bulmuş. Dişler tümüyle çene içinde yer aldığından metakarpal indeks yerine dişleri maksilla veya mandibulanın kemik mineral yoğunluğuyla mukayese etmek daha doğru olacaktır (Taguchi ve ark 1995b).

Daha önce bahsettiğimiz gibi, çeşitli kemik yoğunluk ölçüm teknikleri vardır. Ancak anatomik şekli nedeniyle mandibulanın kemik mineral içeriğinin ölçülmesi zordur. Bu nedenle, panoramik radyograflardan çeşitli ölçümler yapılarak mandibula değerlendirilmeye çalışılmış. Bunları kısaca şu şekilde sayabiliriz:

1-Mandibuler Kortikal Kalınlık (MCW): Premolar-molar bölgeden, yani mental foramen bölgesinden mandibuler kortekse teğet geçecek bir çizgi çizilir. Foramen mentale bölgesinden geçen ve bu çizgiye dik olan ikinci bir düz çizgi çizilir. Mandibuler kortikal kemiğin kalınlığı bu bölgeden ölçülür (Ledgerton D ve ark 1999).

2-Anguler Korteks İndeksi: Ergenlikteki büyümeyi takiben angulus mandibulanın kortikal kemik kalınlığı nispi olarak sabit kalır ve postmenopozal dönemde bu kalınlıkta bir düşme olur. Bu özellik nedeniyle, metabolik kemik kayıplarını değerlendirmek için yararlı bir parametre olabileceği düşünülmüştür. Mandibulanın bazisine ve ramusuna teğet olacak şekilde iki çizgi çizilir. Bu iki tanjant çizginin kesişme noktasında goniondaki kortikal kemik ölçülür (Bras J ve ark 1982).

3-Panoramik Mandibuler İndeks: Mental foramen ve inferior mandibuler sınır arasındaki mesafe ölçülür. Panoramik mandibuler indeks, superior ve inferior olarak iki ayrı şekilde ölçülebilir. Panoramik mandibuler indeks superior; mental bölgedeki kortikal kalınlık, mental foremenin superior marjiniinden mandibulanın inferioruna kadar olan mesafeye bölünerek hesaplanır. Panoramik mandibuler indeks inferior; mental bölgedeki kortikal kalınlık, foramen mentalenin alt sınırından inferior mandibuler bölgeye olan mesafeye bölünerek hesaplanır (Benson BW ve ark 1991).

4-Inferior Mandibuler Korteks Morfolojisi: Klemetti ve arkadaşları panoramik radyograflardaki mandibulanın inferior korteks morfolojisini incelemişler ve şu şekilde bir sınıflama geliştirmişler (Şekil 1) (Klemetti E ve Kolmakow S 1997):

C1: Korteksin endosteal marjini düzgündür ve mandibulanın her iki tarafında keskindir.

C2: Bir veya her iki tarafta da bir veya üç tabaka kalınlığınca kortikal artıklarla birlikte endosteal marjinde semilunar defektler vardır.

C3: Endosteal marjin kalın kortikal artıklardan oluşmuştur ve belirgin bir şekilde pörözdür.

5-A/B Oranı: Mental foramen hizasında alveoler krete teğet geçen bir çizgi çizilir. Foramen mentale hizasında inferior mandibuler kemiğe teğet geçen ikinci bir çizgi çizilir. Üçüncü olarak da mental foramenin ortasından geçen ve bu her iki çizgiye paralel olan bir çizgi çizilir. Mandibuler superior marjinle inferior marjin arasındaki mesafe, foramen mentalenin ortasından geçen çizgiyle inferior mandibuler sınırdan geçen çigi arasındaki mesafeye bölünür (Taguchi ve ark 1995a).

Bras ve arkadaşları, her yaş aralığı için 10 erkek ve 10 kadın hastanın panoramik radyograflarında angulus mandibula bölgesindeki kortikal kalınlığı ölçmüşler. Onbeş yaş öncesinde bu tabakanın belirgin olmadığını ve 60 ve üstü yaşlardaki postmenopozal kadınlar hariç anguler korteks kalınlığının relatif olarak sabit olduğunu bulmuşlar (Bras J ve ark 1982).

Kribbs ve arkadaşları mandibuler ölçümlerde yaşa bağlı değişiklikleri değerlendirmek ve mandibuler kemik mineral içeriğini vertebral ve radial kemik mineral içeriği ile kıyaslamak için, 20-90 yaşlar arasındaki 50 kadının radius ve vertebralarının kemik yoğunluklarını ölçmüşler. Aynı hastalardan alınan panoramik radyograflarda angulus mandibulanın kalınlığını ölçmüşler. Mandibulanın kemik kütlesinin yaşla istatistiksel olarak anlamlı ilişki göstermediğini ama iskelet kemik kütlesiyle anlamlı ilişki gösterdiğini ve goniondaki kortikal kalınlığın yaşın artmasıyla birlikte azaldığını bulmuşlar (Kribbs PJ ve ark 1990).

Benson ve arkadaşları panoramik mandibuler indeks adı altında yeni bir ölçüm geliştirmişler. Yaş, cinsiyet ve ırka göre ayırdıkları 353 erişkin hastanın panoramik mandibuler indekslerini ölçmüşler. Kadınlarda ve erkeklerde yaşın ilerlemesiyle birlikte Panoramik Mandibuler İndeksin düştüğünü bulmuşlar (Benson BW ve ark 1991)

Mohajery ve arkadaşları; hafif ve orta derecede postmenopozal osteoporozu olan hastaların mandibulalarının radyograflarında değişiklik meydana gelip gelmediğini araştırmak için panoramik ve periapikal radyograflardan mandibuler kemik densitesini alüminyum eşdeğeri olarak ölçmüşler. Panoramik radyograflardan da angulus mandibuladaki kortikal tabakanın kalınlığını ölçmüşler. Normal ve osteoporotik hastaların mandibuler ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulamamışlar. İskelet kemik ölçümleri birbirleriyle korelasyon gösterirken iskeletsel ve mandibuler ölçümler arasında her hangi bir ilişki bulamamışlar (Mohajery M ve ark 1992)

Klemetti ve arkadaşları, postmenopozal kadınlarda panoramik mandibuler indeksin femur boynu, lomber alan ve mandibulanın trabeküler ve kortikal kısmının kemik mineral yoğunluğuyla korelasyon gösterip göstermediğini araştırmışlar. PMI'in kemik densitesi ölçümleriyle ilişkisinin zayıf olduğunu, ancak düşük ve yüksek indeksli alt grup ortalamalarının kemik densite değişkenleri ile ilişkili olduğunu bulmuşlar (Klemetti ve ark 1993a).

Taguchi ve arkadaşları; 50-70 yaşlar arasındaki 64 kadının panoramik radyograflarından ölçtükleri mandibuler kortikal genişlik, mandibuler inferior korteks morfolojilerini, A/B oranını, ağızda mevcut olan diş sayısının osteoporozla istatistiksel olarak anlamlı ilişki gösterdiğini bulmuşlar (Taguchi A ve ark 1995a). Taguchi ve arkadaşları; bir başka çalışmalarında, diş kayıpları ve mandibuler osteopeni arasındaki ilişkiyi incelemek için mental bölgeden mandibuler kortikal kalınlığı ölçmüşler ve hastaların diş sayılarını kayıt etmişler. Hastaların yaşları ve cinsiyetleriyle mandibuler kortikal kalınlık ve diş sayısının osteoporozla anlamlı ilişki gösterdiğini bulmuşlar (Taguchi A ve ark 1995b). Yine, Taguchi ve arkadaşları, 1996 yılında yayınlanan bir başka çalışmalarında mandibuler korteks genişliği ve inferior korteks morfolojisinin postmenopozal osteoporoz teşhisinde yararlılığını araştırmışlar. Mandibuler korteks genişliği ve inferior korteks morfolojisinin osteoporozla istatistiksel olarak anlamlı ilişki gösterdiğini bulmuşlar (Taguchi A ve ark 1996b).

Klemetti ve Kolmakow panoramik radyograflardaki mandibuler korteks morfolojisinin kemik kalitesinin göstergesi olup olamayacağını araştırmışlar. Çalışmalarının sonunda mandibulanın korteksindeki değişikliklerin şiddetinin bukkal korteks BMD'si ile anlamlı olarak ilişkili olduğunu bulmuşlar (Klemetti E ve Kolmakow S 1997).

Devlin ve Horner panoramik radyograflardan ölçülen mandibuler kortikal indekslerin azalmış kemik densitesinin göstergesi olup olmadığını araştırmışlar. 74 kadının femur boynu, lomber spina ve ön kollarının kemik densitelerini ölçmüşler. Her hastadan bir de panoramik radyograf almışlar ve iki gözlemci bu radyograflar üzerinde mental foramen bölgesinde mandibuler kortikal kalınlık, antegonial indeks ve gonial indeksi ölçmüşler. Çalışmalarının sonucunda sadece mandibuler kortikal kalınlığın düşük kemik mineral densitesiyle uyumlu olduğunu bulmuşlar. Mandibuler kortikal kalınlık için 3mm veya daha azı olan bir değer için eşik değer olarak kabul edilebileceğini ve bunun altında ölçüm değeri olan hastaların kemik densitometri ölçümü için kliniklere yönlendirilebileceklerini belirtmişler (Devlin H ve Horner K 2002).

Von Woweren 2001 yılında osteoporoz ve oral yönlerini içeren çalışmaların hepsini inceleyerek bu konuda yapılmış olan çalışmaları özetlemiştir. Yapılan tüm çalışmaların ışığı altında şu sonuçlara varmıştır:

1- Çenelerdeki cinsiyet ve yaşla ilişkili Kemik Mineral İçeriği (BMC)/Kemik Mineral Densite (BMD) değişiklikleri ve osteoporoz için değerlendirmeler yapabilmek için bu amaca yönelik olarak oluşturulmuş DPA, DEXA veya Periferal Quantitative Computed Tomografi ve genç erişkinler için cinsiyetle ilişkili normal BMC/BMD değerleri dizisi oluşturmak gereklidir. Çenelerde referans bölgesi için gerekli tüm kriterleri taşıyan tek alan premolar bölgenin posteriorundaki bazal mandibuler alandır.

2- Çenelerde fizyolojik cinsiyet ve yaşla ilişkili BMC/BMD değişiklikleri iskeletin diğer kısımlarına benzer ama diğer alandaki değişikliklere bakılarak bunları doğru olarak değerlendirmek mümkün değildir. Ancak vakaların çoğunda sistemik osteoporoz çenelerdeki kemik mineral içeriğinde de şiddetli düşme ile birlikte olabilir.

3- Erkeklerle oranla kadınlarda ve lokal osteoporozda çenelerdeki en yüksek BMC/BMD anlamlı oranda düşüktür ve yaşla ilişkili BMC/BMD kaybı daha hızlıdır (BMC/BMD aynı cinsiyetteki genç erişkinlerin normal ortalamasının 2 standart sapma aşağısında olması).

4- Çenelerdeki osteoporoz total protez kullanılmaya başlandıktan sonra alveoler kemik kaybını hızlandırabilir. Ağız sağlığı şüpheli olan kadın popülasyonlarda periodontitis veya osteoentegre implant varlığında ağız sağlığı daha az şüpheli popülasyonlara oranla bu etki lokal faktörler tarafından daha şiddetli ortaya çıkarılır.

5- Kemik metabolizmasını içeren sistemik tedaviler, çeneler de dahil olmak üzere iskeletin kemik içeriğini negatif (uzun süreli yüksek dozda glukokortikosteroidler) veya pozitif (Kalsiyum + vitamin D3, östrojen replasman tedavisi) yönde BMC/BMD'yi etkiler.

6- Östrojen tedavisinin yeni bir alternatifi olan bifosfonatların çene BMC'si ve alveoler kemik kaybı üzerine olan etkileri henüz araştırılmamıştır. Bu ilaçlar hala değerlendirilme safhasındadır ve ileride yapılacak olan çalışmalar; beklenmedik değişiklikler durumunda, periodontal ve cerrahi hastalıklar ve tedavilerle kemik rezorpsiyonunun durması arasındaki ters ilişkinin çene fonksiyonlarına olan etkisini içermelidir. Kemik transplantasyonlu veya transplantasyonsuz implant tedavisinin çenelerdeki BMC/BMD değişiklikleriyle sistemik kemik metabolik değişikliklerle ilişkili olarak etkisi incelenmelidir.

2.7.DİREK DİJİTAL RADYOGRAFİ

Makinayla üretilen dental film paketlerinin 1919 yılında ortaya çıkmasından bu yana, intraoral radyografide görüntü alıcısı olarak X-ışınına hassas filmler rakipsiz kaldı. 1924 yılında çift emülsiyonlu filmlerin üretilmesi ve zaman içinde film hızlarında ilerleyici bir artışın olması, radyasyon dozunun düşmesine neden olurken, görüntü kalitesinin de kabul edilebilir düzeyde kalmasına yol açtı. Diş hekimliğinde film, görüntüleri kayıt etmede ucuz ve güvenilir bir yöntem olmaya devam ediyor. Bu nedenle filme alternatif olarak geliştirilen yöntemler başarılı olamadılar. Film-screen-kaset bileşimleri ekstra-oral radyografi için tüm dünyada kullanılıyor olsa da intra-oral olarak kullanımları araştırma ve gelişme aşamasından öteye gidemedi. Yüklü ışık iletken tabakaları görüntü alıcısı olarak kullanan dental kseroradiografi, düşük dozda ve hızlı görüntü oluşmasını sağlar ve çoğu klinik amaç için en az film kadar etkili olduğu gösterilmiştir, ama genel pratisyen diş hekimleri arasında kseroradyografiye talep azdır (Horner K ve ark 1990).

Direkt Dijital Radyografi sistemi dört ana bileşenden oluşur: özel zaman ayarlayıcısı olan röntgen cihazı, intra-oral sensör, görüntü oluşturma ünitesi ve printer (Horner K ve ark 1990).

2.8.DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME İLKELERİ

Uzun zamandır radyografik film tanınal görüntü elde etmek ve arşivlemek için en önemli yoldu. Ama elektronik çağ ile birlikte görüntüleme işlemlerinin farklı safhalarında daha özelleşmiş teçhizatlar geliştirildi: ilki, nesnenin görüntülenmesi için katod ışını tüpleri ve ikincisi görüntü elde etme ve arşivleme için özel sensörler. Bu değişiklikler ilk önce tıbbi radyografide, ve 1980'lerde de dişhekimliğinde kullanılan radyograflarda meydana geldi. Her ne kadar filme dayalı görüntüleme tümüyle terk edilmese de dijital görüntüleme benimsenen bir yöntem olmaktadır (van der Stelt PF 2000).

Diş hekimliğinde dijital görüntüleme, ilk olarak intraoral görüntüleme olarak başladı. Ağız içinde kullanılabilecek boyutlara uygun sensörlerin gelişimi ancak elektronik devrelerin daha küçük hale getirilmesinden sonra mümkün oldu. Bir diğer önemli nokta da, dişhekimliğindeki radyografik görüntülerin tıbbi uygulamadakilere oranla çok daha küçük olmalarıdır. Bu nedenle katı hal teknolojiye dayanan direkt dijital görüntüleme genel radyolojiden önce diş hekimliği alanına girdi (van der Stelt PF 2000).

2.8.1. Analog ve Dijital Görüntüler

Konvansiyonel radyografik görüntüler fotografik emülsiyon içindeki gümüş partiküllerinin düzenlenmesinden oluşur. Gümüş partiküllerinin yoğunluğu X- ışını demetinin şiddetine bağlıdır. Bir radyograf negatoskop ile incelendiğinde farklı yoğunluktaki gümüş partiküllerinin yapısı göze nakledilir ve grinin farklı tonları olarak algılanır (van der Stelt PF 2000).

Filme dayalı görüntüleme ve dijital görüntülemeye esas olarak farklı teknolojiler kullanılsa da, bu iki yöntem arasında pek çok benzerlikler vardır. X-ışını gölgesinden görüntü verilerini kayıt etmek için gümüş halojen partikülleri yerine çok fazla sayıda küçük, ışığa hassas elemanlar kullanılır. Görüntüyü ortaya çıkarmak için bilgisayar ekranından yayılan ışık miktarına göre grinin farklı tonları üretilir. İki yöntem arasındaki ana fark; analog radyografik görüntüde emülsiyon içine gümüş partikülleri rastgele dağılmışken, dijital sensördeki elektronik elementler düzenli sıra ve sütunlar şeklindedir. Elektronik sensörün ışığa hassas elementlerinin nicel özellikleri farklı değerleri olan gri tonlarla sonuçlanır: analog görüntülerdeki gri tonlar gümüş partiküllerinin rastgele lokal dağılımına bağlıdır ve bu da tümüyle parlak veya tümüyle koyu arasında herhangi bir miktarda opasiteye neden olur (van der Stelt PF 2000).

2.8.2. Dijital Görüntü Nasıl Oluşur

Sensör tarafından üretilen elektrik sinyali, zamanın fonksiyonu olarak değişen voltaj demektir. Bu, kural olarak maksimum ve minimum voltaj arasında herhangi bir değeri olan analog sinyaldir. Sensör bilgisayar içindeki özel bir boarda bağlıdır ve buna frame grabber denir. Bu boardun görevi kısa aralıklarla sinyali örnekleme ve böylece analog sinyali dijital sinyale dönüştürmektir. Ölçümlerin sonuçları bilgisayarda sayılar olarak depolanır. Bu sayıların farklı değerleri vardır ve sadece tam sayılar olabilirler. Dijital görüntülemeye genellikle 0'dan 255'e kadar sayı dizisi vardır. Tümüyle siyah 0'la gösterilirken, beyaz 255'tir. Grinin diğer tonlarının değerleri 0 ve 255 arasındadır (van der Stelt PF 2000).

2.8.3. Görüntünün Elde Edilmesi

Dijital görüntü elde etmek için pek çok yöntem vardır. Bu yöntemler özet olarak şunlardır (van der Stelt PF 2000):

1-Flat-Bed Scanner ve Transparant Adaptör veya slide-scanner kullanılarak konvansiyonel radyografların dijitize edilmesi,

2-Charge Coupled Device Video Kamera kullanılarak konvansiyonel radyografların dijitize edilmesi,

3-Işığa hassas fosfor tabakaları aracılığıyla elde edilen yarı direkt dijital görüntü,

4- CCD, Complementary Metal-oxide yarı iletken veya diğer elektronik aygıtlar kullanılarak elde edilen direkt dijital görüntü.

2.8.4.Görüntü Özellikleri

Yeterli tanısal bilgi sağlamak için dijital görüntünün uzaysal (spatial) ve gri seviye çözünürlüğü olmalı. Daha önce belirtildiği gibi tipik dijital görüntü 256 gri seviyesinden oluşur (0'dan 255'e kadar değerler, her pixelde 8 bit). İnsan gözü kabaca 100 gri seviyesini ayırt edebilir. 256 farklı gri seviyesi gerekli olandan çok fazladır (van der Stelt PF 2000).

Kullanılan dijital sistemlerin pek çoğunda ham veri örneğinin başlangıcı 256 gri değerden yüksek çözünürlükte yapılır. Tipik değerler 10 bit ve 12 bit örneklemedir ve 1024 ve 4096 gri değere karşılık gelir. Daha sonra bu fazla sayıdaki gri değer 256 gri değere düşürülür ve bilgisayarda depolanır. Yüksek başlangıç gri seviyesi örneklemesinin yararı ekspoz kontrolü konusunda daha esnek olması, overexposed ve underexposed görüntülerin sayısının azalmasıdır (Hildebolt CF ve ark 1997).

Her bir pikselin boyutu 20-70 mikron arasında değişir. Depo fosfor screenlerin boyutları 60-70 mikron arasındadır. CCD sensörlerin piksel boyutu yaklaşık olarak 40 mikron iken, en son model elektronik sensörlerin piksel boyutları 25 mikrondan azdır. Teorik olarak, bu piksel boyutlarına karşılık gelen çözünürlük 7 ve 25 lp/mm (her milimetredeki tanımlanabilen siyah ve beyaz çizgi çiftlerinin sayısı) arasındadır. Pratikte görülebilecek en küçük ayrıntıları saptamada kontrast da önemli bir parametredir (Welander ve ark 1994).

2.8.5.Doza Azalması

Doz sadece ekspoz başına düşen radyasyon miktarı olarak değil, muayene başına yapılan ekspoz sayısı da ölçülür. Dijital görüntü sayısının artmasının iki sebebi vardır: Birincisi, pek çok dijital sensörün aktif alanı standart intraoral filminden küçük olduğundan aynı alanı kapsamaları için daha fazla ekspozun gerekmesi; ikincisi ise,

konvansiyonel bir radyografi oluşturmak için geçen zamana oranla dijital görüntü oluşturmak için çok daha az zaman gerekmesidir (van der Stelt PF 2000).

Radyolog veya dişhekimi, hastaya en az radyasyonu vererek en çok bilgiyi almaya çalışmalıdır. Bilgi ve doz arasındaki denge tanısal amaca bağlıdır ama genel olarak, bu iki parametre arasında bir ilişki vardır. Daha kapsamlı bir muayene yapıldığında, daha fazla bilgi için daha yüksek doz gerekir, benzer olarak, eğer görüntü kalitesi azaldıysa düşük dozlarda daha az bilgi oluşabilir. Tanısal amaçlarla görüntü zenginleştirme işleminde radyasyonun daha etkin kullanılmasına dijital radyografinin katkısı olduğu düşünülebilir ve hatta expoz başına olan doz azalmasından daha da fazla katkısı olabilir (van der Stelt PF 2000).

2.8.6.Neden Dijital Radyografik Görüntüleme?

Dijital görüntüleme, sadece filme dayalı görüntülemeyi taklit eden bir teknik işlem değildir. Konvansiyonel radyografiye üstün olan pek çok yanı vardır. Uzun süredir kullanılan filme dayalı görüntülemeyle kıyaslandığında, dijital radyografi tanısal görüntülemede daha yeni bir yoldur. Dijital radyografinin yararları, henüz tam kapsamıyla değerlendirilmiş değildir. Dijital radyografi, genellikle, konvansiyonel filme dayalı radyografinin yerine geçen bir yöntem olarak düşünülür. Bir noktaya kadar bu varsayım doğrudur, ama dijital radyografi filme dayalı görüntülemeyle ulaşılamayacak imkanlar da sunar (van der Stelt PF 2000).

Dijital görüntülemenin konvansiyonel radyografiyi geliştiren yararları, daha önce belirtilen kısıtlamalarıyla birlikte, düşük doz ve zaman kazanılmasıdır. Dijital görüntülemenin en önemli yararları, görüntü işleme, görüntünün yeniden yapılandırılması ve teleradyolojidir (van der Stelt PF 2000).

Görüntü işleme görüntüye ek bilgi katmaz ama, zaten görüntü verisinde varolan bilgiyi insan gözünün daha kolay algılamasını sağlar (Gottfredsen E ve ark 1996).

Görüntünün yeniden yapılandırılmasıyla 3 boyutlu bilgi sağlanabilir ve konvansiyonel düzlem radyografik projeksiyonlarda bunun mümkün olması biraz zordur. Hastaya daha fazla radyasyon vermeden yeni projeksiyonlar oluşturulabilir (van der Stelt 2000).

Görüntü oluşturma ve görüntünün yeniden yapılandırılması işlemleri konvansiyonel film oluşturma işlemlerinden çok farklıdır (van der Stelt 2000).

Teleradyoloji, dijital görüntülemenin sunduğu yararlardan biridir. Elektronik bir görüntünün telefon hatları aracılığıyla iletilmesi, radyografların eski bir yol olan

postayla gönderilmesine oranla çok daha hızlı bir yoldur. Alıcıya gönderilen kopya orijinalinin aynısıdır. İletilme zamanı postayla radyografların gönderilmesine oranla çok daha kısa olduğundan, meslektaşların konsültasyonu o anda mümkün olur (van der Stelt 2000).

2.9.DENTAL UYGULAMALAR İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME ARAÇLARI

Yaklaşık bir asır boyunca ekstraoral ve intraoral radyografi için film tek kayıt edici araç olmuştur. Radyasyon dozunu azaltmak ve görüntü kalitesini arttırmak için önemli gelişmeler sağlanmış olsa da, radyografik görüntülerin yaratıcı kullanımı kısıtlı kalmıştır. Dijital radyografinin ortaya çıkması ile bu durum dramatik olarak değişmiştir, çünkü dijital radyografi, görüntüleri oluşturmak veya analiz etmek için sonsuz olasılıklar sağlar (Mol A 2000).

Görüntüyü geliştiren, düzelten, analiz eden veya bir bakıma değiştiren her işlem görüntü işlemenin bir formu olarak kabul edilir. Teşhise yönelik görüntüleme görüntü işlemenin amacı insanın görsel algılamasına daha uygun görüntüler yaratarak var olan bilgiyi daha belirgin hale getirmek veya görüntü içeriğini analiz ederek veri toplamaktır. Dental radyografide görüntü işleme uygulamaları, tıptaki erken gelişimleri takip eder ve çeşitli sebeplerle önerilmektedir. Ana amacı görüntüdeki bilgiyi daha etkin kullanarak tanısal doğruluğu geliştirmektir. Görüntü işlemede objektif kriterlerin kullanılması, geleneksel subjektif değerlendirmeye oranla daha tutarlı tanısal sonuçlara yol açar. Genel olarak altta yatan varsayım, dental görüntülemenin tanısal çıktısının insanın görsel algılaması ile bir bakıma kısıtlanmış olmasıdır. Karmaşıklığına rağmen, insanın görsel algılamasının çeşitli eksiklikleri ve yanlılıkları vardır ve bu da algılanan bilginin kalite ve güvenilirliğini kısıtlayabilir. İnsanın görsel sistemi, aynı zamanda görüntülerin nicel tanımını sağlamadaki yeteneğine istinaden göreceli olarak ilkel olarak tanımlanabilir. Dijital radyografi bu konuları yönlendirmede yeni fırsatlar yarattı ve pek çok araştırmacıyı görüntü işleme dünyasını keşfetmeye cesaretlendirdi (Russ JC 1995).

2.9.1.Dijital Görüntü Oluşturmanın Ana Sınıfları

Dijital görüntü oluşturma işlemleri 5 ana sınıfa ayrılabilir: görüntü iyileştirme, restorasyon, analiz, kompresyon ve sentez. Doğru görüntü işleme operasyonunun seçimi analitik gözlemci gerektirir. Gözlemcinin görüntü içeriğini sadece bakış açısının görsel algılama noktasından değil, aynı zamanda bilgisayarın gördüğü açıdan da

anlaması gerekir (Russ JC 1995). Vakaların çoğunda, görüntü işleminin sonucunda yeni bir görüntü oluşur. Her ne kadar görüntü iyileştirme işlemi yeni görüntünün, orijinal görüntünün geliştirilmiş türü demek olsa da, potansiyel yararını değerlendirmek için diagnostik görüntüleme özel ölçütler tanımlar. Ek olarak işlemlerin hepsi amaca özeldir. Tanısal amaç için yararlı olan, bir başka amaç için yararsız hatta sonucu kötü yönde etkiliyor olabilir. Örneğin, çürük saptanması için kontrastı geliştiren vurgulama işlemleri alveoler kret konturunun tanımlanmasını güçleştirebilir (Mol A 2000).

2.9.2.Görüntü İyileştirme

Bir görüntü iyileştirme uygulamasının yararlı olup olmadığına karar vermek için pek çok yol vardır. En basit şekliyle, başarılı bir uygulama sonucunda, görsel olarak göze daha hoş görünen yeni bir görüntü oluşur. Bu uygulama kontrast artırılarak, parlaklık optimize edilerek veya keskinsizlik ve gürültü azaltılarak başarılabılır. Ama subjektif görüntü iyileştirme tanısal sonucun geliştirilmesi ile korelasyonlu olabilir de, olmayabilir de. Görüntü iyileştirmenin bir diğer formunda, örneğin, bulanıklığı kaldırmak veya imaj reseptöründeki hatalı pikselleri kompanze etmek için görüntüyü düzeltmek amaçlanır. Bu tür işlemler genellikle imajın görsel şeklini etkilemezler. Objektif görüntü vurgulamaları, görüntü düzeltme işlemleri ile yakından ilgilidirler (Mol A 2000).

2.9.3.Kontrast İyileştirme

Dijital radyograflar veya görüntü içindeki ilgilenilen alanlar var olan gri değer dizisini etkin olarak her zaman kullanmazlar. Bu da akla, kontrast vurgulama işlemleri diagnostik değer artacak şekilde görüntü kalitesini etkileyebilir mi sorusunu getiriyor. Görüntüde kullanılan gri değerlerini çalışmanın geçerli bir yolu, imaj histogramını gözlemlemektir. Histogram, görüntüde görünen her bireysel gri değer sıklığını açığa çıkarır. Histogramın en küçük ve en büyük değerleri ve şekli, kontrast vurgulama işlemlerinin yararlarını gösterir. (Mol A 2000).

Dijital kontrast vurgulama, görüntünün kendini değiştirmeden gösterdiklerini değiştirerek başarılıdır. Bu işlemler hızlıdır ve orijinal görüntüyü kaybetme riski yoktur. Alternatif olarak, görüntü içindeki gri değerlerin dağılımı değiştirilerek görüntü kontrastı değiştirilebilir. Yeni görüntünün histogramı farklı olacağından bu işlemlere genellikle histogram işlemleri denir. Örneğin histogram stretching'de orijinal gri

değerleri sistem tarafından sağlanan tüm dizi üzerine yayılır. Bireysel değerler arasındaki mesafeyi artırır ve histogram özelliklerinin kullanımını değiştirir. Daha çok kullanılan değer dizisini genişletirken, daha az kullanılanların dizisini baskılar (Mol A 2000).

Kontrast vurgulamanın dijital radyografların tanısal yararlılığına etkisini inceleyen birkaç çalışma vardır. Her ne kadar bazıları kontrast vurgulama işlemlerinin önemli yararlarını gösterebilir de (Hayakawa Y ve ark 1996), diğerlerinde sadece kısıtlı bir değer veya hiçbir önemli gelişim olmadığı bulunmuştur (Dove SB ve Mc David WD 1992; Kullendorf B ve Nilsson M 1996). Bu durum, kontrast vurgulamanın etkisinin kolaylıkla önerilemeyeceğini ima etmektedir. Vurgulama işleminin amacı, ilgilenilmeyen özelliklere (noise) oranla ilgilenilen (sinyal) özelliklerin saptanmasını kolaylaştırmaktır. Eğer görüntünün daha fazla vurgulanma gücü sınırlı ise ya da eğer sinyalin gürültüye oranı (SNR) vurgulama işlemi ile etkilenmiyorsa görüntünün tanısal değerinin artması beklenemez. İdeal olarak, ilgilenilen alanda iyi dengelenmiş gri değerler dizisindeki bir imajı oluşturmak için, görüntü oluşumu sırasında SNR optimize edilmelidir (Mol A 2000).

2.9.4.Filtrasyon

Dental radyografide filtrelerin rolü ile ilgili nispeten daha az sayıda çalışma vardır. Farklı sebeplerle dijital görüntülere filtreler uygulanabilir. Uygulamaların çoğunda amaç gürültünün bazı şekillerini ortadan kaldırarak görüntü kalitesini geliştirmektir. Gürültü, görüntünün ilgilenilen özelliklerinin kötüleşmesini içeren geniş bir terimdir; sıklıkla a) yüksek frekanslı gürültü (speckling) veya b) düşük frekanslı gürültü (gradual intensity changes) ve i) rastgele veya ii) periodik gürültü olarak sınıflandırılabilir (Mol A 2000).

Görüntü işleme ile ilgili literatürde çok sayıda filtre tanımlanmıştır. Median filtreler veya morfolojik filtreler gibi bir grup filtre doğrudan görüntüye etki eder (spatial domain filtreler). Diğer grup filtreler, frekans alanında etki ederler (örneğin görüntünün intensite geçişlerinin frekanslarını gösteren şekle dönüşümünden sonra). Dijital dental radyograflarda filtreler keskinliği arttırmak veya çeşitli tipteki gürültüleri azaltmak için uygulanmışlardır. Vakaların çoğunda filtre işlemleri sonucunda tanısal değer etkilenmeden göze daha güzel görünen görüntüler oluşur (Borg E ve ark 1997).

Filtrelerin amaca yönelik uygulanması için ilgilenilen özellikleri (sinyal) ve gürültü (noise) özelliklerini nasıl etkilediğini bilmek önemlidir. Bu bilgi olmadan

gürültü ile aynı veya daha fazla oranda sinyal de azaltılmış olabilir. Eğer klinik yararlılıklarını destekleyen bilimsel veri yoksa ayırım yapmadan filtrelerin kullanımını sağlayan görüntüleme programlarının kullanımından kaçınılmalıdır (Mol A 2000).

2.9.5.Görüntü Restorasyonu

Görüntü restorasyon işlemleri objektif görüntü vurgulama işlemlerine benzer; bu iki tür işlem arasındaki en belirgin farklılık, görüntü restorasyonu ana olarak imaj oluşumu sırasında ortaya çıkan bilinen veya tahmini bozulmaların yapılmaması ile ilgilidir. Muhtemel bozulma kaynakları da dahil olmak üzere, imaj formasyon işlemi bilgisi gerekir (Mol A 2000).

Dental uygulamaların çoğunda görüntü restorasyon işlemleri gizli bir rol oynasa da bazı çalışmalar esas amaçlarına göre özel olarak görüntü restorasyonuna odaklanırlar (Mol A 2000).

2.9.6.Görüntü Analizi

Görüntü analiz işlemleri, diagnostik olarak elde var olan görüntüden resimsel olmayan bilgiyi çıkarmak için tasarlanmışlardır. Böyle bir bilgi; basit bir ölçümden, tümüyle otomatikleştirilmiş sınıflandırma işlemine kadar farklı şeyler olabilir. Ölçümler genellikle interaktif olarak orijinal görüntü üzerinde yapılırlar. Buna rağmen pek çok görüntü analiz işlemi, ilk önce görüntü restorasyon ve vurgulama işlemleri bozulmalarını düzeltmek ve varolan bilgiyi daha açık hale getirmek için kullanılmışlardır (Mol A 2000).

Her ne kadar dijital radyografi ayrıntılı ölçümler yapmamıza olanak sağlasa da (yüksek ölçüm rezolüsyonu); ölçtüğümüzü zannettiğimiz şeyi ölçtüğümüz anlamına gelmez (geçerlilik), doğru ölçtüğümüz anlamına gelmez (doğruluk) veya farklı varyasyon kaynakları boyunca ölçümlerin sabit olduğu anlamına gelmez (kesinlik). Esas sorun, görüntünün geçerli olup olmadığı ve hastanın durumunun doğru temsil edilip edilmediği olarak kalmaktadır (Mol A 2000).

2.9.7.Ölçümler

Modern görüntüleme programları görüntü tahlili için dijital densitometre, dijital kumpaslar, ayarlanabilir cetveller gibi bir çok araç ve şekil, örüntü, karmaşıklık gibi bir yığın parametreler sunarlar. Bu araçların bazılarının geleneksel türleri daha

önceden dental radyografide kullanılmamışlardır ve araştırmalar için yeni fırsatlar yaratmışlardır. Literatürde; endodontide, ortodontide, periodontolojide, implantolojide ve diş hekimliğinin diğer alanlarında bu dijital ölçüm uygulamalarının yararlılığını değerlendiren çeşitli çalışmalar vardır. Bu çalışmaların çoğu; densitometre, uzunlukların ölçümü, mesafelerin ölçümü ve açılarının ölçümü gibi daha önceden varolan yöntemlerin dijital eşdeğerlerini içermektedir (Mol A 2000).

Endodontideki dijital uzunluk ölçümlerinin, konvansiyonel yöntemler kadar doğru olduğu gösterildi. Ama ege boyutu ve expoz değişkenlerine bağlı olarak bazı kısıtlamalar da belirtildi. Dijital ölçümlerin ortodontide, özellikle otomatik landmark tesbitleriyle birlikte kullanılmasının sefalometrik analizleri kolaylaştırdığı bildiriliyor. Dişe veya implanta komşu alveoler kemik yüksekliği ölçümünün pek çok uygulaması oldu. Ek olarak, dijital formattaki radyograflar bir alan içindeki kemik değişimini ve bu alan içindeki yoğunluk değişim miktarının saptanmasını mümkün kıldılar. Alan-yoğunluk bileşimindeki değişiklikler, endodontik tedaviden sonra periapikal kemik lezyonlarının değerlendirilmesinde kullanıldılar (Mol A 2000).

Kemiğin radyografik görünümünün tekrarlayıcı bölgesel değişimleri temeline dayanarak, osteoporozun veya periapikal kemik lezyonlarının saptanması için örüntü analiz işlemleri geliştirildi. Diğer çalışmalarda, radyografik kemik yapısı karmaşıklığının bir ölçüsü olarak kırılca boyutu (fractal dimension) araştırıldı. Sonuçlar ümit vaat edicidir ama kemiğin ve onu etkileyen hastalıkların radyografik görünümünün daha iyi belirlenmesi gerekmektedir (Mol A 2000).

2.9.8.Segmentasyon

Görüntü segmentasyonu görüntü analizindeki kritik bir adımdır. Segmente görüntüler anlamlı objelerin eşliğinde elemanların toplanması ile oluşturulur. Segmentasyonun amacı görüntüyü sadeleştirmek ve onu ana bileşenlerine indirgemektir. Bu işlem, ön plan ve arka planı birbirinden ayırarak görüntüyü alt gruplara ayırır. Binari eşikdeğerleme veya kenar vurgulamadan hangisi segmentasyon yöntemi olarak seçilirse seçilsin, bunlar görüntünün içindeki objelerin özellikleriyle ilgili tahminler yapmayı içerir (Mol A 2000).

Görüntü segmentasyon işlemi 3 alt işleme ayrılabilir: 1) Önce, sinyal/gürültü oranını (SNR) geliştirmek için görüntülere ön işlem uygulanır. Bu işlem, histogram işlemleri, arka plandaki düzensizliklerin kaldırılması, konumsal filtreleme veya daha önce bahsedilen vurgulama yöntemlerinin hepsini içerebilir. Dental literatürdeki

örnekler, çıkartmadan önce geometrik rekonstrüksiyon veya rastgele yüksek frekanslı gürültüyü düşük-geçişli filtrelerle azaltmayı içerir. 2) İkinci olarak, kenar vurgulama veya eşik değerlendirme gibi başlangıç obje ayırt ediciler uygulanır ve bu da görüntü analiz işlemlerinin amacına bağlı olarak objelerde büyük ayırımlarla sonuçlanır. Görüntü ön işlemleri ve başlangıç obje ayırt edilmeleri sırasında ilgilenilen objelerle ilgili hiçbir anlamlı bilgi ekarte edilmez. Sonuç olarak, kalan dağınıklık kaldırılır ve objeler kesin bir şekilde tanımlanır. Daha önceden subtraction görüntülerin son segmentasyonunda gösterildiği gibi bu amaç için morfolojik işlemciler özellikle yararlı olabilir (Mol A 2000).

2.9.9.Özellik Çıkartılması

İmaj içindeki objelerin segmentasyonundan sonra her objenin hangi sınıfa ait olduğunu saptamada çeşitli özellikler kullanılabilir. Dental radyografide ilgilenilen özellikler boyut, şekil, göreceli konum, ortalama densite, homojenite ve örüntü ölçümlerini içerir. Bu adım resimsel bilgiyi tanı işleminde anlamı olan bir dizi tanımlayıcıya indirger. Bir dizi çalışmada bitewing radyograflarda çürük saptanmasını otomatikleştiren işlemler tanımlanmış. Böyle operasyonların uygulanması diş hekiminin daha iyi klinik tedavi kararları vermesine yardımcı olabilir (Mol A 2000).

2.9.10.Obje Klasifikasyonu

Görüntü analiz işlemlerini tamamlamak için imaj segmentasyonundan sonra karakterize edilen objenin bilinen herhangi bir oluşum sınıfına dahil olup olmadığı bilinmelidir. Bitewing radyograflarda seçilmiş ilgi alanlarının belirgin özelliklerine dayanarak periodontal hastalıkların otomatik olarak sınıflandırılması tanımlanmıştır. Bir başka örnek de örüntü analizi ve kenar saptama kullanılarak periapikal kemik lezyonlarının relatif yerleşim özelliklerine dayanarak sınıflandırılmasıdır (Mol A 2000).

Uygulamaların çoğu yarı otomatik işlemlerle ilgilidir ve bu nedenle klinisyenlere özel görevler düşmektedir. İnsan görüşüyle obje sınıflandırılmasının karmaşık bir işlem olduğu biliniyor ve görüntü analiz uygulamaları her zaman için görüntünün algılanmasının basit bir modelini sunar ve bu da onların genelliğinin gücünü kısıtlar. Gelişim yavaş olsa bile görüntü analiz işlemlerinin seçici kullanılması, radyografik görüntü özellikleri ve onların ilgili oldukları dental hastalıklarla arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamamıza katkıda bulunur (Mol A 2000).

2.9.11.Görüntünün Sıkıştırılması

Görüntünün sıkıştırılmasının amacı, depolama ve iletişim için dijital görüntü dosyalarının boyutunu azaltmaktır. Özellikle ekstraoral radyografinin gelişile geçeri olan depolama ortamı ve iletişim bağlarına rağmen büyük görüntü dosyalarıyla başleme sorunu ortaya çıktı. Görüntü dosyası boyutunu küçültmenin pek çok yolu vardır; kayıpsız (geri dönüşümlü) veya kayıplı (geri dönüşümsüz) olarak ayrılabilir. Sıkıştırma (kompresyon) teknikleri ile ilgili tartışma görüntü içindeki herhangi bir bilginin ihmal edilip edilemeyeceği, eğer ihmal edilebiliyorsa ne kadar ve hangi türlerinin ihmal edileceği etrafında döner. Sıkıştırma tekniğinin seçimi, tanı amacına yönelik olarak ve daha sonraki kullanımlarda görüntünün kullanışlılığını içerecek şekilde yapılmalıdır. Kayıpsız kompresyon için sıkıştırma oranı genellikle 1:2'dir. Çeşitli çalışmalarda farklı tanı amaçları için görüntü sıkıştırmanın etkileri araştırılıyor. Dijital görüntülerde 1:12 ve 1:14 oranında sıkıştırmanın çürük teşhisine önemli etkisi olmadığı bulunmuş. Endodontik kanal uzunluğunu saptamak için 1:25 oranı, diagnostik olarak sıkıştırılmamış görüntüye eşdeğerdir. Sıkıştırma uygulanmadan alan boyutu 5 megabyte veya daha fazla olan ekstraoral görüntüler için görüntü sıkıştırma uygulaması ciddi olarak gereklidir. Görüntü kalitesinin subjektif olarak değerlendirilmesi ve rotasyonel panoramik radyograflardaki yapay lezyonların saptanması için 1:28 oranındaki sıkıştırmanın kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir. Taranmış panoramik radyograflardan malignansilerin saptanması için sadece düşük sıkıştırma oranları, sıkıştırılmamış görüntünün diagnostik kalitesini korur (Mol A 2000).

2.10.FRAKTAL GEOMETRİ (KIRILCA GEOMETRİSİ)

Tüm ölçeklerde yapının sonsuz dallanma gösterdiği düzensiz geometrik şekiller fraktaldir. Cismi oluşturan parçalar bütüne benzer (Feder 1988).

Bir noktanın Euklid boyutu 0'dır, çizgininki 1'dir, düzleminki 2'dir ve hacminki 3'tür. Bir çizgi üzerine sonsuz sayıda nokta yerleştirilebilir. Daha fazla nokta koydukça çizgi daha çok dolar ve sonuçta sonsuz sayıda noktayla tüm çizgi dolar. Burada ortaya Fraktal boyut çıkar. Nokta dizisinin Fraktal boyutu arttıkça çizgi daha çok noktayla doldurulmuştur. Bir çizginin Fraktal boyutu Euklid geometrisinde olduğu gibi 1'dir. Çizgi kıvrımlar gösterdikçe Euklid boyutu 1 olarak kalmakta ama Fraktal boyut artmaktadır. Kıvrılan çizgi düzlemi daha çok doldurur ve düzlem tümüyle dolduğunda Euklid boyutu hala 1 olmasına rağmen Fraktal boyut 2 olur (www.student.vub.ac.be).

Çevremizdeki şekillerin özelliklerini Euklid Geometrisi ile tanımlıyoruz. Ancak karmaşık şekillerin tanımlanmasında Euklid Geometrisi yetersiz kalır. Fraktaller, karmaşık şekillerin geometrik özelliklerini karakterize etmede kullanılan matematiksel fonksiyonlardır (Lundahl T ve ark 1986).

Pek çok kişi Benoit Mandelbrot'u fraktallerin babası olarak kabul etse de bu konu ile başka araştırmacılar da uğraşmış.1875'te matematikçi Bois Reymond'un sürekli ayırt edilemeyen fonksiyonları açıklamasıyla başlamış. Bu konu daha sonra Cantor, Peano, Koch ve Perrin tarafından geliştirilmiş. 1900'de istatistikçi Louis Bachelier Brownian hareket kavramını ileri sürmüştü. Perrin bu kavramı geliştirerek olasılık teorisinin gelişmesine yardımcı olmuş ve Nobel ödülünü kazanmış. 1919'da Hausdorff ve Besicovitch bu konu ile ilgili olarak çalışmaya başlamışlar ve 1961 yılında Richardson'un sınır çizgilerindeki fraktal davranışını yayınlamasıyla sonuçlanmış (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

Basit kurallar ile fraktal geometri birleştirilerek karmaşık görüntüler elde edilebilir. Bu da fraktal geometrinin görüntülerdeki örüntülerin güçlü bir tanımlayıcısı olabileceğini göstermektedir. Belirli bir örüntünün fraktal boyutunu hesaplamak tersine bir işlemdir ve çok daha karmaşıktır. 80'lerde fraktal geometri kavramı bilimin pek çok dalında kullanılmış ve dental radyografiyle tıbbi görüntülemeye, görüntü yapısının tanınması ile ilgili bir merak nedeni ile girmiş (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

2.10.1.Kendine Benzerlik ve Kuvvet Kuralları

Doğada varolan fraktal yapıların çeşitliliği veya kendine benzerliğin geometrik kurallarının uygulanmasıyla yaratılacak olanların sayısı çok fazladır. Daha tanıdık örneklerin bazıları, onları daha ayrıntılı olarak çalışanlar tarafından isimlendirildi: Menger süngerleri, Cantor tozları, Korcak adaları ve Lindenmayer sistemleri gibi. Genel olarak kendine benzerliğin en önemli fraktal özelliği karmaşık değişkenler arasındaki bir veya daha fazla kuvvet kuralı ilişkisiyle birliktedir (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

2.10.2.Doğal Olarak Bulunan Fraktal Yüzeyler

Eğer doğal olarak bulunan yapıların bazı fraktal özellikleri varsa, fraktal geometrik analizler matematiğin dışında kullanılabilirler. Pek çok doğal yapının bu özelliği vardır ama Sierpinski contaları veya Julia setleri gibi matematiksel olarak

yaratılan fraktal yapılardan bazı farklılıkları vardır. Mandelbrot çeşitli ülkelerin sahil şeritlerinin fraktal yapı potansiyelleri olduğunu düşünmüştü. Bu sahil şeritlerinin farklı ölçeklerdeki haritalarının incelediğinde farklı büyütme ölçeklerinde sahil şeridinin benzer seviyedeki karmaşıklığını koruduğunu, küçük veya büyük de olsalar, körfez ve çıkıntıların benzer olduğunu bulmuş. Uçları sabit uzaklıkta olan pergeller kullanarak harita üzerinde bu sahil şeritlerinin uzunluklarını ölçmüştü. Sahil şeridi üzerinde rastgele seçilen bir nokta üzerine pergelin bir ucunu yerleştirerek pergelin diğer ucu sahil şeridinin bir başka noktasını kesinceye kadar döndürmüştü, bu nokta ikinci nokta olarak alınmış ve işlem tekrarlanmış. Tüm sahil şeridinin etrafında dönülmesi için gereken adım sayılır ve pergeli uçları arasındaki mesafe değiştirilerek işlem tekrarlanır. Mandelbrot, pergeli uçları arasındaki mesafenin azalmasıyla sahil şeridinin ölçülen mesafesinin arttığını ve benzer bir şekilde Koch eğrisinin sonsuz sayıda tekrarlayıcı oluşum işlemlerinin yürütülmesiyle sonsuz uzunluğunun olması gibi, mesafenin ölçülebilir bir limiti olmadığını bulmuş. Çeşitli pergeli aralıkları için ölçülen mesafenin bir kural dahilinde değiştiğini bulmuş (Cross SS 1994).

Tüm doğal objeler hücreler, moleküller veya atomlar gibi yapı taşlarından oluşmuşlardır ve bu nedenle fraktal özelliklerini kaybettikleri bir sınır vardır ama o sınıra ulaşıncaya kadar uzunluk, alan ve hacimle ilgili özelliklerinin en iyi tanımını fraktal geometrik analiz sağlar (Avnir D ve Farin D 1984).

Eğer doğal bir obje geniş bir dizi büyütme boyunca fraktalse o zaman görüntünün büyütmesinin artırılması düşük büyütme ölçeklerinde görülmeyen daha ileri ayrıntıları açığa çıkarır. Bu nedenle farklı görüntülere uygulanan aynı pergeli uzunluğu veya kutu boyutu uygulanarak farklı büyütme ölçeklerinde fraktal boyutu ölçmek daha arzulanır görünmektedir. Bu metotları uygulamak çok zordur çünkü her büyütme ölçeğinde görüntünün aynı toplam alanının ölçülmesi gerekir. Bu demektir ki, her görüntü alanının sınırlarının eksik kalmaması veya iki kere sayılmaması için ve kullanılan her farklı büyütme için bu sınırlar işaretlenmelidir. Eğer görüntü sadece bir büyütme ölçeğinde izleniyorsa o zaman fraktal boyutun hesaplanmasında kullanılan en küçük adım veya kutu boyutu sistemin çözünürlüğünü sınırlayan tek pikselin üstünde olmalıdır: sistem çözünürlüğüne yakın olan adım veya kutu boyutu genellikle logaritmik grafik üzerinde doğrusal olmayan kısımların oluşmasına neden olur (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

Fraktal boyut, fraktal geometrinin araçlarından sadece biridir. Objenin boşluk doldurma kapasitesi ile ilgili bir indeks verir, ama boşluğun dolduruluş yapısı ile ilgili bilgi vermez (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

2.10.3.Yöntemlerin Çeşitliliği

Fraktal boyut için D sembolü kullanılır. Fraktal boyutu hesaplamak için çeşitli yöntemler tanımlanır. Bu yöntemlerin hepsi, ölçeğin bir fonksiyonu olarak çoğunlukla yüzey, uzunluk, hacim gibi imajın bazı özelliklerini ölçer. Eğer görüntü özellikleri kuvvet kuralı ile ilişkiyse, o zaman logaritmik grafiğin Beta olarak adlandırılan eğimi direk olarak D ile ilişkili olan düz bir çizgi olur (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

2.10.4.Segmente Görüntüler

Pek çok vakada kemik görüntüleri parlak ve koyu alanlar veya ön plan-arka plan olarak segmente edilirler. Trabeküler kemik kısımlarını gözlerken kesit zaten ön plan ve arka plan olarak segmente edilmiş gibi görünür. Segmente görüntülerde ön plan ve arka plan arasındaki sınır çizgisi fraktal boyutu ölçülebilen bir eğri olarak düşünülebilir. Eğer orijinal çok seviyeli görüntünün fraktal boyutu D ise ve izotropi ve düzgünlük sağlanıyorsa, kesişen sınırdaki fraktal boyut $D-1$ olacaktır ama kemik görüntüleri genellikle bunu sağlamaz. Bu kısıtlamalar dahilinde segmente görüntülerin fraktal boyutunun hesaplanması için pek çok basitleştirilmiş yöntem vardır (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000).

2.10.5.Fraktal Boyut Türleri:

Farklı araştırmacılar, fraktal geometrik analizlerde kullanılan çeşitli yöntemler tanımlamışlar. Bunlardan bazıları farklı isimlendirilse de, benzer özellikleri ölçerler. Bunları Cross SS bir tablo içinde toplamış (Cross SS 1994).

Fraktal boyut hesaplamalarında kullanılan yöntemler için farklı sınıflamalar geliştirilmiş. Bu sınıflamalara şu şekilde bir örnek verebiliriz:

1-Caliper Yöntemi

2-Tile Counting Yöntemi

3-Piksel Dilatasyon Yöntemi

4-Intensite Varyans Metodu

5-Hurst Metodu

6-Varyasyon Metodu

7-Blanket Metodu

8- Power Spectrum Metodu

9-Kutu sayma yöntemi (Box Counting Metodu)

Boyut	Sembol	Sinonimi	Kullanım yerleri
Fraktal Boyut	D		Fraktal Boyut için genel terim
Hausdorff Boyutu	D (H)	Hausdorff-Beisicovitch Dimension	Matematikte en sık kullanılan yöntemdir ama doğal objelere uygulanamaz
Minkowski-Bouligand Boyutu	D(MB)	Kolmogorov dimension	D(H) ile aynıdır ve daha kolay hesaplanır
Similarity Boyutu	D(S)		D(H) ile aynıdır
Box-Counting Dimension (Kutu Sayma Boyutu)	D(B)	Box dimension,kapasite dimension	Biyolojik verilerin fraktal boyutunun hesaplanmasında kullanılır. Genellikle D(H)'ya eşittir.
Divider Dimension (Bölen Boyutu)	D(D)	Perimeter-stepping dimension,calliper dimension	Biyolojik verilerin fraktal boyutunun hesaplanmasında kullanılır
Lyapunov Boyutu	D(L)		Zaman seri analizlerinde kullanılır.Farklı noktaların orbitleri tarafından çekicinin hangi sıklıkla ziyaret edildiğinin hesaplanmasında kullanılır.
Packing Dimension (Paketleme Boyutu)	D(P)		D(B) ve D(H)'ye benzerdir ama farklı çaplardaki küçük daireler kullanarak hesaplamaları yapar.

2.10.6.Box-Counting Yöntemi (Kutu Sayma Yöntemi):

Bu yöntemde farklı boyutlardaki kutulardan oluşan gridler, karakterize edilecek olan obje kenarlarının üzerine yansıtılır. Her farklı grid boyutu için (E) obje kenarı içeren kutular sayılır $[n(E)]$ ve kayıt edilir. Objeye kenarı içeren kutu sayılarının logaritmlarına karşı kutu boyutlarının logaritmlarının grafiği oluşturulduğunda grafiğin negatif olan eğiminin düz kısmı fraktal boyut ölçümünü verir (Weinstein R ve Majumdar S 1994).

Bunu şu formülle belirtebiliriz:

$$-\log N(E)/\log E= D$$

Gri skalalı görüntülerde bu yöntemi kullanırken görüntünün binari hale getirilmesi gerekir: yani belirli bir eşik değeri üzerindeki değerler 1'e, diğer tüm değerler 0'a ayarlanır (Haidekker MA ve ark 1997).

Modifiye Box Counting Metodunda fraktal yüzeyin üstünü kaplayan kenar uzunluğu S olan N sayısındaki küpler sayılır. Şu şekilde gösterilebilir: $N(S)=k*S^{-D}$. N'nin S'ye karşı logaritmik grafiği eğimi Beta olan düz bir çizgi oluşturur. $D=-Beta$ ve $2<D<3$ ve $-1<Beta<0$ olur (Huang Q ve ark 1994; Dubisson MP ve Dubes RC 1994). (Grafik 1)

2.10.7.Fraktal Geometrik Analizlerde Sorunlar

Yukarıda tanımlanan metodlar birbirleriyle ilişkili olsalar da hepsi aynı şeyi ölçmezler. Matematiksel anlamda birbirleriyle aynı değildirlir ve farklı sayısal değerlerin oluşmasına neden olurlar. Sadece ideal fraktal yüzeye uygulandıklarında sonuçlar aynı olur (Smith TG ve ark 1989; Veenland JF ve ark 1996).

2.10.8.Fractal Geometrinin Kullanım Alanları

Fraktallerin karmaşıklığı ve kendine benzerlik özelliği, onların pek çok alanda uygulanabilmesine imkan sağlar. Doğadaki yapıların çoğu karmaşıktır ama hepsi fraktal özellik göstermeyebilir. Fraktaller biyolojiden tıba, sanattan ekonomiye, müzikten coğrafyaya kadar farklı alanlarda kullanılabilirler. Doğada bulunan objeler matematiksel olarak yaratılmış fraktaller kadar kendine benzerlik özelliği taşımayabilirler. Belirli bir ölçekte bu özelliği buldurmaları onların fraktal kabul edilmelerine yeter.

2.10.9.Görüntü Analiz Yöntemlerinin Tıp ve Diş Hekimliğinde Kullanımı

Dental radyograflardaki kemik lezyonlarının, düzensiz trabeküler yapıları ve gözlemciye dayanan öznellikleri nedeni ile teşhisi zordur. Van der Stelt ve arkadaşları, daha objektif olan bilgisayar yardımlı yapı tanıma teknikleriyle trabeküler kemik yapısını ve kemik lezyonlarının tanınmasını iki ayrı çalışmayla incelemişler ve dijitize yapı tanıma aracılığı ile periodontal lezyonların objektif bir şekilde belirlenebileceğini belirtmişler (van der Stelt ve ark 1985a, van der Stelt ve ark 1985b).

Fujita ve arkadaşları, panoramik radyograflarda imaj kalitesini geliştirmek için dijital imaj işleme sistemlerinin kullanımını incelemişler. Çeşitli anomalileri olan üç

hastanın panoramik radyograflarını dijitize etmişler ve işlemişler. Çalışmalarının sonunda lezyonların sınırlarının görünürlüğünün arttığını bulmuşlar (Fujita ve ark 1987).

Periapikal kemik lezyonlarını radyograflar kullanarak teşhis etmenin iki ana stratejisi vardır. Birincisi, teşhisi, ilgilenilen alandaki lokal özelliklere dayandırmaktır; ikincisi ise teşhisi radyografteki global yapılara dayandırmaktır. Lokal arama stratejisinde dişin apeksi yakınlarında radiolusent bir alan aranırken global arama stratejisinde global özelliklerin mevcut olmamasına dayanarak anormallik teşhisi oluşturulur. Trabeküler kemiğin radyografik projeksiyonu olan trabeküler yapı dental radyograflarda tekrarlanan bir yapı olarak görülür. Tekrarlanan yapıların bilgisayar görüntü analizi olan örüntü (texture) analizi, trabeküler kemiğe karşılık gelen örüntünün eksikliğinin saptanmasıyla periapikal lezyonların teşhisini otomatikleştirebilir. Mol ve arkadaşları radyograflardaki trabeküler yapı varlığını tanımlayabilmek için örüntü analizi kullanmanın uygun olup olmadığını yaptıkları bir çalışmada araştırmışlar. Çalışmalarının sonunda örüntü analizinin periapikal lezyonları ayırt etmede başarılı olduğunu bulmuşlar (Mol ve ark 1992a).

Southard KA ve Southard TE, 20 ve 70 yaş arasındaki kadınların maksiller sağ kanin ve lateral kesici dişleri bölgesinden alınan standardize periapikal radyograflarını dijitize etmişler ve taradıkları çizgiler boyunca piksel şiddeti, piksel şiddetindeki farklılık, ortalama mutlak Fourier Transform katsayısı ve mutlak Fourier katsayısının ortalama alansal ilk momenti arasındaki farklılıkları incelemişler. Kadınlarda yaşın ilerlemesiyle birlikte kemiğin bu dört özelliğinin büyüklüğünde azalma olduğunu bulmuşlar (Southard KA ve Southard TE 1992a).

Kemiğin iç yapısı, araştırmalar için kolay ulaşılabilir bir yer değildir. İnvaziv yapıları nedeniyle kemik biyopsi teknikleri hastalar için uygun değildir. X ışınıyla tomografi veya manyetik rezonans pahalıdır ve kısıtlı uzaysal rezolüsyon sağlar. Düzlem film radyografisi kemik yapısının sadece iki boyutlu projeksiyonunu sağlar. Ama invaziv değildir, ucuzdur ve yaygın olarak kullanılır. Düzlem film radyografisi, *in vivo* olarak kemik yapısıyla ilgili bilgi elde etme tekniklerinden biridir. Bu nedenle radyografik trabeküler yapının diagnostik değerini araştırmak yararlıdır. Geraets ve arkadaşları distal radiusun radyografik trabeküler yapısının kemik mineral densitesi, zaman ve menapoz durumuyla ilişkisini araştırmışlar. Radyografları görüntü işleme teknikleri kullanarak segmente etmişler. Daha sonra trabeküler yapının iskelet görünümünü ve bu yapının ölçümlerini elde etmişler. Beyaz bölgelerin alanı ve siyah bölgelerin sayısının zamanla korelasyonunun, BMD'nin zamanla

korelasyonundan daha yüksek olduğunu bulmuşlar. Siyah alanların sayısının artmasının hızlı kemik kaybı işlemi nedeni ile bileşim bölgesinde artan pörözite nedeniyle olabileceğini düşünmüşler. Zamanla birlikte beyaz bölgelerin toplam alanında artma olduğunu görmüşler. İnceledikleri görüntüler histolojik kemik kesitleri olmadığından bunun yeni kemik oluşumunu ifade etmediğini belirtmişler. Kullanılan görüntüler radyograflara ait olduğundan, rezorpsiyon kavitelerinin boyutlarının artması nedeniyle beyaz bölgelerin sayısının arttığını belirtmişler. Peri ve postmenopozal alt grupların farklı tavırları, kemik yapısının menopozdan etkilendiğini düşündürmüştür (Geraets ve ark 1993).

Majumdar S. ve arkadaşları, radyografların fraktal boyutunun kemik mineral densite ve kemik mekanikleri ile korelasyon gösteren trabeküler kemik yapı ölçümleri sağlayıp sağlamadığını ve bu ilişkilerin fraktal boyutu hesaplamada kullanılan tekniklere bağımlı olup olmadığını araştırmışlar. Vertebra ve femurdan elde edilen kübik insan trabeküler kemik örneklerinin superior-inferior, medial-lateral ve antero-posterior yönde radyograflarını almışlar ve dijitize etmişler. Trabeküler yapıyı ölçmek için semivaryans, yüzey alanı, power spektral metodlar olmak üzere üç farklı tekniği kullanmışlar (Majumdar S ve ark 1999)

Majumdar S. ve arkadaşları, premenapozal normal, postmenapozal normal ve postmenapozal osteoporotik kadınların distal radiuslarının 1.5 Tesla'da yüksek rezolüsyonlu manyetik rezonans görüntülerini elde etmişler. Trabeküler kemik ve iliği intensiteye dayalı eşik değeri tekniği ile segmente etmişler. Trabeküler kemik hacim oranı, trabeküler kalınlık, trabeküler alan, trabekül sayısı ve box-counting yöntemiyle fraktal boyut ölçümleri yapmışlar. Çalışmalarının sonunda radyografların fraktale dayalı örüntü analizlerinin tekniğe bağımlı olduğunu ama trabeküler yapının miktarını belirlemede yararlı olabileceğini ve osteoporotik trabeküler kemik yapısının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişler (Majumdar S ve ark 1997).

Majumdar S. ve arkadaşları, yaptıkları bir başka çalışmada osteoporotik kalça kırıkları olan ve olmayan hastaların distal radius radyograflarının trabeküler kemik yapısının Fourier power-spectruma dayalı yöntemle fraktal boyutunu ölçmüşler ve bu ölçümleri kemik mineral densitesi ölçümlerinin yanısıra yüksek rezolüsyonlu MR imajlarından çıkarılan trabeküler kemik yapısı ölçümleriyle mukayese etmişler. Çalışmalarının sonucunda radyografların fraktal analizinin trabeküler kemik yapısının ve iskelet durumunun değerlendirilmesinde ümit vaat edici bir araç olduğunu ve osteoporoz çalışmalarında tamamlayıcı bir rol oynayabileceğini belirtmişler (Majumdar ve ark 2000).

Ruttimann ve arkadaşları, alveoler kemikteki yapısal değişiklikleri saptamada radyografik olarak saptanan fraktal boyutun yararlı olup olamayacağını araştırmışlar. On kuru mandibula kemik segmentinin asitle indüklenen kısmi dekalsifikasyon işlemi öncesinde ve sonrasında -5, 0, ve +5 olacak şekilde kontrollü projeksiyon açılarıyla radyograflarını almışlar. Radyografları dijitize etmişler ve bu imajlardan ilgi alanları (ROI) seçmişler. Bu alanların Fourier transformla hesaplanan power spektralarının regrasyon analiziyle fraktal dimensionu hesaplamışlar (Ruttimann U ve ark 1992).

Southard ve arkadaşları, osteoporotik tavşan modellerinde mandibuler kemik densitesi ve radyografik örüntü değişiklikleri ve mandibuler ve spinal kemik mineral densitesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlar. Dört grup tavşana farklı dozlarda kortizon asetat vermişler. Mandibula ve spinanın radyograflarını almışlar. Lomber spinanın lateral ve anteroposterior kemik densitelerini, ortalama mandibuler interdental kemik densitesini, fraktal boyutu, gradient değerlerini hesaplamışlar. Osteoporotik dişi tavşanlarda spinal densite ve kümülatif steroid dozuyla ilişkili olarak mandibuler kemik mineral densitesinin azaldığını, mandibuler fraktal boyutun ise kümülatif steroid dozla azaldığını ancak mandibuler densite ve spinal densiteyle ilişki göstermediğini bulmuşlar (Southard T ve ark 2000b).

Jiang C. ve arkadaşları; kübik kemik örneklerinin radyograflarından, trabeküler kemiğin anisotropik yapısını ilgilendiren örüntüsel özellikleri fraktale dayalı görüntü analiz yöntemleriyle araştırmışlar. Görüntünün örüntüsel özelliklerini ölçmek için power spektrum, Minkowski boyutu, ortalama durdurma (intercept) uzunluğunu kullanmışlar. Kemik örneklerinin radyograflarında trabeküler kemik anizotropisini karakterize etmede Minkowski boyutunun daha iyi bir ölçüm yöntemi olduğunu belirlemişler (Jiang C ve ark 1999).

Bollen ve arkadaşları, aynı gün periapikal ve panoramik radyografları alınmış olan hastaların fraktal dimensionlarının kortikal kalınlık, kortikal morfoloji ve osteoporotik kırıklarla korelasyonu olup olmadığını araştırmışlar. Mandibuler korteksleri ince ve aşırı aşınmış olan ve osteoporotik kırıkları olan hastaların fraktal boyutlarının daha yüksek olduğunu bulmuşlar (Bollen AM ve ark 2001).

Southard ve arkadaşları, maksiller ve mandibuler alveoler prosesin radyografik fraktal boyutunun sağlıklı kadınların spina, kalça ve radius kemik densitesiyle ilişkili olup olmadığını araştırmışlar. Sağlıklı kadınlarda alveoler prosesin radyografik fraktal

boyutunun alveoler proses densitesi ile anlamlı ilişki gösterdiğini ancak spina, kalça veya radius densitesiyle ilişki göstermediğini bulmuşlar (Southard T ve ark 2001).

Shrout ve arkadaşları, dijitize bitewing radyograflardan çıkarılan morfolojik özelliklerin postmenopozal kadınların lomber ve femoral kemik densitesiyle korelasyon gösterip göstermediğini incelemişler. Morfolojik Operasyon ölçümleri ile lomber spina ve femur kemik mineral densitesi arasındaki ilişkinin çok zayıf olduğunu bulmuşlar (Shrout MK ve ark 2000a).

Southard T ve arkadaşları, aşamalı olarak dekalsifiye edilen on insan maksiller alveoler proses örneğinin her aşamadaki kalsiyum kaybını ölçmüşler. Bu şekilde, kemikte osteoporoza benzer bir durum oluşturmuşlar ve projeksiyon açısındaki 5 derecelik farklılıklarla her örneğin her dekalsifikasyon aşaması için üç ayrı radyografını almışlar. Her radyograf için Caliper yöntemiyle fraktal boyutu hesaplamışlar. Fraktal boyutun maksillada asitle oluşturulan demineralizasyonları saptamada başarılı olduğunu, ancak X-ışını demetinin açısındaki küçük değişikliklere fraktal boyutun hassas olduğunu bulmuşlar (Southard TE ve ark 1996).

Shrout ve arkadaşları, farklı boyut ve şekillerde oluşturulan ROI'lerin alveoler kemiğin fraktal indeksine olan etkilerini mukayese etmişler. Radyograflardan hesaplanan fraktal boyutun optik densite farklılıklarından ve ROI yerleştirilmesindeki küçük farklılıklardan etkilenmediğini bulmuşlar (Shrout ve ark 1997a).

Shrout MK ve arkadaşları gingivitisli ve periodontitisli hastalardan alınan mandibuler posterior bölgelerine ait non-standardize radyografları dijitize etmişler ve fraktal boyutlarını hesaplamışlar. Çalışmalarının sonunda fraktal boyutun gingivitisli ve periodontitisli hastaların ayırt edilmesinde kullanılabileceğini, standardize edilmemiş klinik radyograflardan hesaplanabileceğini belirtmişler (Shrout MK ve ark 1998).

Morfolojik operasyonların özünü erozyon, dilatasyon, açma, kapama ve iskeletleştirme için kullanılan bir dizi yapısal eleman oluşturur. Bu işlemler binari yani siyah-beyaz veya gri seviyeli görüntü verilerinde işlev görürler. Morfolojik işlemlerinin görüntü üzerindeki etkileri, görüntünün özgün görünümünün tümüyle değişmesi ve ölçümlere, gözlemlere ve daha önceden mümkün olmayan ek morfolojik işlemlerin yapılmasına veya tümüne birden imkan sağlar. Shrout ve arkadaşları alveoler kemiğin dijital radyograflarının farklı yerlerine yerleştirilen ROI'nin morfolojik operasyon değerleri ve gri seviyesi değerleri arasındaki korelasyonu araştırmışlar. Gri seviyesi değerlerine oranla morfolojik operasyon değerlerinin ROI'nin yerleşim yerinden daha fazla etkilendiğini, ayrıca ROI boyutu ve

şeklinin morfolojik operasyon değerlerini daha fazla etkilediğini bulmuşlar (Shrout ve ark 1999).

White SC ve arkadaşları, orak hücreli anemisi olan hastaların maksilla ve mandibulalarındaki kanselöz kemiklerin morfolojik özelliklerinin normal hastalara oranla gösterdiği farklılıkları incelemişler (White SC ve ark 2000). Yine White SC ve arkadaşları 1999 yılında yaptıkları bir çalışmada, osteoporozu olan hastaların trabeküler yapılarının morfolojik özelliklerindeki değişiklikleri dijital analiz yöntemleriyle araştırmışlar. Otomatik görüntü yorumlama programları aracılığı ile orak hücreli anemisi olan hastaların normal bireylerden ayırt edilebileceğini bulmuşlar (White SC ve ark 1999).

Weinstein ve Majumdar anterior-superior transiliak örneklerdeki kanselöz kemiğin histomorfometrik ölçüleriyle bunlardan aldıkları fotomikrografların box-counting yöntemine göre fraktal boyutlarının arasında ilişki olup olmadığını incelemişler ve çalışmalarının sonunda fraktal boyutun kanselöz kemik kırılabilirliğinin yararlı bir göstergesi olabileceğini belirtmişler (Weinstein RS ve Majumdar S 1994).

Chappard ve arkadaşları, Clostridium Botulinum toksini enjekte ederek 6 farede paralizi oluşturarak kaslarda kullanıma atrofisi geliştirmişler. Kemik mineral içeriğini dual enerji X-ışını absorpsiyometri ile ölçmüşler ve aynı alanların fraktal boyutuyla kıyaslamışlar. Kemik değişikliklerinin DXA ile fark edilebilir boyuta gelmeden önce radyografların görüntü analizi ile saptanabileceğini bulmuşlar (Chappard D ve ark 2001).

Lindh ve arkadaşları, mandibulanın trabeküler kemik hacmi ve kemik mineral yoğunluğu arasında ilişki olup olmadığını araştırmak için kadavralardan elde edilen dişsiz anterior ve posterior mandibulaların kemik mineral yoğunluklarını quantitative bilgisayarlı tomografiyle ölçmüşler ve temas radyograflarından, bilgisayara dayalı görüntü analiz sistemleriyle elde edilen morfometrik ölçümleri kıyaslamışlar ve trabeküler kemik hacmi ile kemik mineral yoğunluğu arasında yüksek korelasyon olduğunu bulmuşlar (Lindh C ve ark 1997).

Horner ve arkadaşları; mandibuler kemik mineral yoğunluğuyla osteoporoz teşhisi için sıkça kullanılan diğer iskelet alanlarının kemik mineral yoğunluklarının (BMD) arasında ilişki olup olmadığını ve mandibuler BMD'nin diğer vücut alanları için bir gösterge olup olamayacağını araştırmışlar. DXA ile ölçülen mandibuler kemik mineral yoğunluğunun, iskeletin diğer kısımlarının kemik mineral yoğunluğu ile anlamlı ilişki

gösterdiğini ve sensitivite ve spesifitenin yüksek olması nedeni ile osteoporozun saptanmasında dental radyografların kullanılabileceğini belirtmişler (Horner ve ark 1996).

Lee ve arkadaşları, yaptıkları bir çalışmada hidroklorik asit çözeltisiyle aşamalı olarak kemikleri dekalsifiye etmişler ve osteoporozu taklit etmeye çalışmışlar. Bu kemik örneklerinden her aşama sonunda alüminyum stepwedge ile birlikte radyograflar almışlar. Daha sonra iki tip ilgi alanı oluşturmuşlar ve bu alanların fraktal indekslerini ortalama piksel intensitesindeki varyans yöntemiyle hesaplamışlar. Osteoporozun saptanmasında iki boyutlu ilgi alanlarından fraktal boyutun hesaplanmasının yeterli olmadığını ancak çizgilerden hesaplanan fraktal boyutun trabeküler kemik yapısının hassas bir göstergesi olduğunu belirtmişler (Lee KI ve ark 1999).

Dijital görüntüler iki farklı sebeple elektronik olarak işlenirler: görüntünün görünümünü geliştirmek veya görüntüden veri çıkartmak (Russ JC 1995). Görüntü işleme, alveoler kemikten üç tür veri (ölçüm) çıkarmak için kullanılır: kret yüksekliğinin ölçümü, kemik kütlesi ölçümü, kemik örüntüsünün analizi (Shrout ve ark 2000a). Kemik kütlesi ölçümleri, dijital gri skala değerleri (radiodensite) ile alveoler kemik kütlesi arasında kuvvetli korelasyon olduğu varsayımına dayanır. Yani, X-ışınlarının geçtiği kemik kütlesindeki azalma veya artma, gri skala değerlerinde değişikliğe neden olur (Southard ve Southard 1992a). Kemik örüntü ölçümleri gri skala değerlerindeki farklılıkların yapısının saptanmasına dayanır (Russ JC 1995). Shrout ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada beş ayrı dijital analiz protokolünün dijital klinik radyograflardan veri çıkarma ve gingivitis ve periodontitis hastalarını ayırt etmedeki başarılarını araştırmışlar. Yöntemlerin tümünün gingivitis ve periodontitisli hastaları birbirlerinden ayırt edebildiğini, ancak hiç birinin risk altındaki bireyleri saptayacak kadar kuvvetli olmadığını bulmuşlar (Shrout ve ark 2000b).

Southard TE ve Southard KA, osteoporozu ortaya çıkarmak için etkin bir kütle görüntüleme yöntemi olmadığını düşünerek, periodik dental muayenelerle rutin olarak kontrol edilen alveoler kemiğin sistemik kemik yoğunluğunun durumu ile ilgili bir bilgi sağlayıp sağlamayacağını araştırmışlar. Alveoler kemikte ilerleyici bir şekilde asitle dekalsifikasyon oluşturarak osteoporozu benzer durum yaratmışlar ve dental radyograflardan hesaplanan çeşitli örüntü özelliklerinin başarısını araştırmışlar. Dekalsifikasyonun artmasıyla fraktal boyutun azaldığını bulmuşlar (Southard TE ve Southard KA 1996).

Jonasson ve arkadaşları, alveoler trabeküler yapı, fotodensitometri ile ölçülen mandibuler alveoler kemik kütlesi ve interdental alveoler kalınlığın iskeletsel kemik

mineral yoğunluğunu değerlendirmedeki yararlılıklarını araştırmışlar. Alveoler kemiğin densitometrik ölçümlerine oranla, trabeküllerin yapılarının iriliğinin değerlendirilmesinin iskeletin kemik mineral densitesinin daha iyi bir göstergesi olduğunu, yoğun trabekülasyonun yüksek kemik densitesini gösterdiğini bulmuşlar (Jonasson ve ark 2001).

Kemiğin yapısal sertliği esas olarak onun mineral içeriğinden geldiğinden, kemik kütlesini ölçmek için geliştirilen değerlendirme yöntemlerinin hemen hemen hepsi kemiğin mekanik özellikleriyle ilişkilidir (Keaveny ve Hayes 1993; Keaveny ve ark 1994). Kemiğin yapısındaki ve mekanik özelliklerindeki değişikliklerin kemik mineral yoğunluğundan bağımsız olduğunu gösteren çalışmalar vardır (Faulkner ve ark 1994). Ayrıca densite, kemik örneği içindeki kemik mineral içeriğinin ortalama ölçümü olduğundan kemik yapısı ve örüntüsü ile ilgili bilgi içermez. Trabeküler kemik yapısını nitelendirmede radyografların kullanımı çalışılmıştır. Her ne kadar radyograflardaki trabeküler kemik yapısının görünümü çok karmaşık olsa da, hem *in-vivo*, hem de *in-vitro* çalışmalarda X-ışını radyograflarında fraktal analizin trabeküler yapıyı karakterize eden hassas bir gösterge olduğu bulunmuş (Majumdar ve ark 1993, Benhamou ve ark 1994). Jiang C ve arkadaşları, kemiğin mekanik özelliklerini nitelendirmek için BMD ve kemiğin yapısal özelliklerini bir arada araştırmışlar. Total kalça artroplastisi sırasında eksiz edilen femur boynu örneklerinin radyograflarını almışlar ve dijitize etmişler. Minkowski boyutunu kullanarak oluşturdukları ilgi alanlarından örüntü özellikleri, trabeküler orientasyon ve global Minkowski boyutunu hesaplamışlar. Minkowski boyutunun kemiğin dayanıklılığı ve Young Modülüyle ilişkili olduğunu bulmuşlar (Jiang C ve ark 1999b).

Kemiğin dayanıklılığını düzenleyen tek etken kemik yoğunluğu değildir. Trabeküler kemiğin mikroyapısı da önemli rol oynar. Kalsaneus radyograflarında trabeküler kemiğin mikroyapısını değerlendirmek için Benhamou ve arkadaşları, Fractional Brownian Motion modeline göre gri seviyeli görüntülerde binarizasyon uygulamadan fraktal boyut hesaplamaları yapmışlar. Çalışmalarının sonunda trabeküler kemik yapısını değerlendirmede fraktal boyutun kullanılabilirliğini belirtmişler (Benhamou ve ark 1994).

Sistemik kemik kaybı, periodontal hastalık için bir risk faktörü olarak ileri sürülür ama bu iki hastalık arasındaki ilişki hala çok açık değildir. Tezal ve arkadaşları iskeletin kemik mineral densitesinin interproksimal alveoler kemik kaybıyla ve daha az seviyede de klinik ataçman kaybıyla ilişkili olduğunu ve postmenopozal

osteopeninin periodontal hastalık için bir risk faktörü olduğunu belirtmişler (Tezal M ve ark 2000).

Pornprasertsuk ve arkadaşları, bir grup fareyi kuyruklarından asarak hareketsiz hale getirmişler ve böylece bu farelerde micrograviteyle indüklenen osteopeni yaratmışlar. İkinci grup farenin ise hareketlerine herhangi bir kısıtlama getirmemişler. Daha sonra bunların belirli periodlarda femur ve tibialarının standart intraoral filmlerle radyograflarını almışlar. Bu radyografları dijitize ederek fraktal boyutlarını hesaplamışlar. İskelete gelen yükün ortadan kaldırıldığı kemiklerde fraktal boyutun arttığını bulmuşlar (Pornprasertsuk S ve ark 2001 b).

Orijinal radyograflar konvansiyonel yöntemlerle alınıp daha sonra dijitize edilseler de, dijital görüntü işleme, iskelet radyograflarının yorumlanmasında etkili bir yoldur. Braunstein ve arkadaşları; destrüktif, litik iskelet lezyonları içeren 28 radyograf seçmişler. Bu radyograflara ekualizasyon uygulamışlar. Daha sonra iki grup görüntüyü lezyonların ayırtedilebilmesi açısından incelemişler. Histogram equalization uygulanmış görüntülerin periosteal reaksiyonların varlığını saptamada başarılı olduğunu, ancak lezyonun sınırlarını ve yumuşak doku kitlelerini saptamada anlamlı bir üstünlüğü olmadığını bulmuşlar (Braunstein ve ark 1988).

Projeksiyon geometrisi, x-ışını açısı ve radiodensite gibi değişkenlerden bağımsız olduğu tıbbi radyologlar tarafından söylenen fraktal analiz, güçlü bir kemik değişimi göstergesidir (Buckland-Wright ve ark 1994; Lynch ve ark 1991 a; Lynch ve ark 1991 b; Lundahl ve ark 1986). Dental araştırmacılar, bu tekniğin kemik yapısının hassas bir tanımlayıcısı olabileceğini (Ruttimann ve Ship 1990), trabeküler kemik yapısını objektif olarak karakterize etmede diagnostik bir araç olarak kullanılabileceğini, normal ve periodontal olarak sorunlu hastaların en azından grup temelinde ayırımlarının yapılmasını sağlayabileceğini belirtmişler (Khosrovi ve ark 1995). Klinik teşhisteki gücü nonstandardize intraoral radyograflarla gösterilmiş (Ruttimann ve ark 1992). Shrou ve arkadaşları, dijitize ettikleri alveoler kemiğin posterior bitewing radyograflarını kullanarak x-ışını ekspozu, demet düzenlenmesi ve ROI yerleştirilmesindeki farklılıkların fraktal boyutta değişikliklere sebep olup olmadıklarını araştırmışlar. Çalışmalarının sonucunda ROI şekil ve boyutlarının alveoler kemiğin fraktal boyut sonuçlarını etkileyeceğini bulmuşlar (Shrou ve ark 1997b).

Kuhl ve arkadaşları, bölgesel alveoler kemik yoğunluğu değişikliklerini ölçmek için radyografik absorpsiometri yöntemini kullanmışlar. Yirmi iki gönüllü hastadan, sonraki çalışmalarına temel olması açısından mandibuler premolar-molar alandan

alüminyum stepwedge kullanarak radyograflar almışlar. Daha sonra filimlerin üzerlerine küçük kemik parçacıkları ekleyerek tekrar radyograflarını almışlar ve aralarındaki densite farklılıklarını ölçmüşler. İntra-oral radyografik absorpsiometri yönteminin doğruluğunun kemik yoğunluğunun mutlak değerinin saptanmasında düşük olduğunu ama yöntemin kesinliğinin iyi olması nedeniyle bireysel alanlardaki kemik densite değişikliklerinin seri değerlendirmelerinde kullanılabilecek bir yöntem olduğunu belirtmişler (Kuhl ve Nummikoski 2000).

Kemik, periost, kompakt kemik ve intramedüller boşluktaki spongios kemikten oluşur. Spongios kemiğin, radyografiklarda genellikle trabeküler kemik yapısı denen çizgisel veya ağsı bir yapısı vardır. Trabeküler kemik yapısının ortaya çıkarılması için pek çok çalışmada örüntü analizi (Mol A ve ark 1992 a), uzaysal frekansa dayanan analizler, Fourier dönüşüm yöntemleri uygulanmış (Caligiuri ve ark 1993). Bu araştırmalar önemlidir, çünkü kemik hastalıklarının teşhisinde kullanılabilecek olan indekslerin oluşmasını sağlamışlardır (Kashima ve ark 1988). Normal yapıları saptamada bu yöntemler uygun olsa da, hastalık durumlarını ayırt etmede her zaman güvenilir olmayabilirler. Çünkü çok sayıda keskin çıkışları olan büyük frekans değişiklikleri kemik değil, başka yapılar olabilir. Ek olarak, görüntüdeki veri Fourier transformdan türetilen power spektrum kullanılarak doğru olarak yerleştirilemez. Bu kısıtlamaların üstesinden gelmek için dijital görüntülerdeki trabeküler yapı özelliklerinin açığa çıkarılması için matematiksel morfoloji kullanılmış. İsteğe bağlı morfolojik ve işlemsel denklemlerle yapısal elemanlar kullanılarak çeşitli özelliklerin seçici olarak çıkarıldığı bir görüntü işleme tekniğidir. Kemik yapısının özelliklerini açığa çıkarmak için yapısal eleman (structural elements) ve işlemsel denklemlerin uygun bileşimlerinin geliştirilmesi zordur. Kumasaka ve Kashima, mandibula ve femur dijital radyograflarının iskeletsel trabeküler kemik yapısını açığa çıkartmak için iskelet ve çizgi iskelet görüntü işleme yöntemlerini kullanmışlar. Çalışmanın sonunda uygun olan morfolojik filtrelerin geliştirilmesini sunmuşlar (Kumasaka ve Kashima 1997).

İmplant uygulamalarında yeterli kemiğin mevcut olduğunu doğrulamak için çevre kemiği belirli aralıklarla muayene etmek gereklidir. Seri radyograflardaki değişiklikler gözlenerek bu yapılmaya çalışılabilir ama, ardından dijital görüntülere çıkartma işlemlerinin uygulanabildiği standardize işlemler yapılmadığı sürece böyle mukayeseler doğru olmaz. Wilding ve arkadaşları, görüntü örüntüleri magnifikasyon distorsiyonlarından daha az etkilendiklerinden implantın yerleştirilmesinin ardından

alınan radyografların fraktal boyutunu incelemeye karar vermişler. İmplant destekli protezlerin uygulandığı 18 hastanın panoramik radyograflarını dijitize etmişler. En posteriodaki implantın distaline komşu kemikte ROI seçmişler. İmplant uygulamasının ardından alınan kontrol radyograflarında fraktal boyutun farklılık gösterip göstermediğini kontrol etmişler. Çalışmalarının sonucunda, implantın uygulanmasını takip eden iki yıl içinde fraktal boyutta anlamlı bir artma olduğunu ($p<0.001$) ve en belirgin artışın implant boynu etrafındaki kemikte olduğunu göstermişler (Wilding ve ark 1995).

Kemik kütlesini değerlendirmek için Quantitative Computed Tomography, Single Photon Absorptiometry ve Dual Photon Absorptiometry ve nötron aktivasyon analizleri gibi çeşitli teknikler uygulanır ama bu teknikler özel radyografik işlemler gerektirirler ve göreceli olarak pahalıdırlar. Dişhekimlerinin hepsi rutin olarak intraoral radyograf alırlar. Eğer kemik yoğunluğunu değerlendirmek için bu radyograflar kullanılabilirse, osteoporozun saptanması için de iyi bir görüntüleme aracı olabilirler. Dental radyografların bu amaç için kullanılması, standart tekniklerin kullanılmasından hem daha ucuzdur hem de hastanın aldığı radyasyon daha azdır. Law ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada dental radyograflardan kemik densitesi tahminini hem birbirleriyle hem de QCT, SPA ve DPA ile kıyaslamışlar. Alüminyum stepwedge kullanarak aldıkları periapikal, okluzal ve panoramik radyografları dijitize etmişler. Bu radyograflardan fraktal boyut analizi, mikrodensitometre, piksel intensite analizi ve gonial açıdaki kortikal kalınlığı ölçmüşler ve buna panoramik analiz (PA) demişler. Panoramik radyografda x7 büyütme sağlayan bir büyüteç ve cetvel kullanarak mandibulanın bazal sınırına tanjant geçen düz çizgi ve ramusun posterior sınırına tanjant geçen düz çizginin açıortayının mandibulayı kestiği noktada ölçümlerini yapmışlar. Buldukları değeri 7'ye bölerek panoramik analizi elde etmişler. PI olarak ifade ettikleri piksel intensitesi; 0'ın siyah 255'in beyaz olduğu bir skala üzerindeki siyahlık veya beyazlık ölçümüdür. Fraktal boyut analizi için mandibuler premolar-molar dişler arasından hiçbir diş yapısı dahil edilmeyecek şekilde 64x64 piksellik (yaklaşık 2x2mm) alanlar taramışlar. Bu dijital görüntünün iki boyutlu Fourier transformundan power spectrayı elde etmişler. Daha sonra power spektranın regresyon analiziyle fraktal dimension değerini hesaplamışlar. Kemik yoğunluğunu radyografik filmler üzerindeki optik densite olarak ölçmüşler. Optik densite radyograf üzerindeki seçilmiş bir alandan ışığın geçme seviyesidir ve buna radiodensite denir. Çalışmalarının sonucunda fraktal boyut ve mikrodensitometre

yöntemlerinin etkin olduğunu ancak piksel intensitesinin diğer yöntemlerden daha etkin olarak osteoporotik hastaları normal hastalardan ayırt ettiğini bulmuşlar (Law ve ark 1996).

Geleneksel radyografların tersine, dijital görüntüler elektronik olarak değiştirilebilirler ve diagnostik bilgiyi artırma gücü sunarlar. Shrou ve arkadaşları; en azından bir proksimal yüzeyinde çürüğü olan, çekilmiş 12 dişi akrile gömmüşler ve bitewing açılımı taklit edecek şekilde radyograflarını almışlar. Daha sonra, 10-50 mikron kalınlığında kesitler almışlar ve çürüğün penetrasyon derecesini mikroskopik olarak saptamışlar ve bu mikroskopik değerlendirmeyi standart olarak kullanmışlar. Daha sonra radyografları dijitize etmişler ve bu dijital görüntüleri farklı filtreler uygulamışlar. İki pratisyen dişhekimini ve bir radyoloji uzmanı dişhekimini, bu radyografları inceleyerek çürüklerin derinliğini değerlendirmişler. Çalışmalarının sonucunda dijital vurgulama tekniklerinin çürük teşhisinde bazı klinisyenlere yardımcı olabileceğini belirtmişler (Shrou ve ark 1996).

Çürük saptama çalışmalarında kontrast geliştirme yöntemlerinin etkisi çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiş (Shrou M ve ark 1996; Wenzel A ve ark 1991) ve arzulanan kontrast ve densitede olmayan imajlara kontrast stretching uygulandığında diagnostik doğruluğun arttığı bulunmuş (Wenzel A, Fejerskov O 1992; Wenzel A 1988). Wenzel ve Hintze dental tedavi planlamaları sırasında 30 erişkin hastadan mandibuler molar alandan direkt dijital radyograflar almışlar. Radyografları; hiçbir dental hastalığın görülmediği periapikal dijital radyograflar, çeşitli derecelerde marjinal kemik yıkımı görülen periapikal dijital radyograflar, bazılarında çürük lezyonu görülen dijital bitewing radyograflar olarak üç gruba ayırmışlar. Daha sonra bu radyograflara optimize, vurgulama, vurgulama+yumuşatma filtreleri uygulamışlar. Aynı vakanın dört görüntüsünü aynı anda monitörde göstererek dişhekimlerinin bu görüntüleri değerlendirmelerini istemişler. Dişhekimlerinin, dental hastalıkların ayırt edilmesinde dijital olarak elde edilen radyografları ve üç farklı imaj filtresi uygulanarak elde edilen radyografları algılamalarını değerlendirmişler. Gözlemcilerin büyük bir kısmının herhangi bir işlem uygulanmış olan görüntüleri orijinallerine tercih ettiklerini bulmuşlar. Görüntüye uygulanan filtrelerin amaca yönelik olması gerektiğini ve daha küçük doku farklılıklarını gözlemlemek için görüntüye daha az işlem uygulanması gerektiğini belirtmişler (Wenzel ve Hintze 1993).

Von Wown ve Worsaae, maksillanın kemik mineral içeriğini, palatal prosese kemik parçacığı fikse etmeden önce ve sonra dual foton absorpsiyometri ile *in vitro* ve *in vivo* olarak maksillanın kemik mineral içeriğini (BMC) değerlendirmişler.

Çalışmalarının sonucunda maksiller BMC değerlendirmelerinin kesinliğinin yüksek olduğunu (in-vitro %0.9 ve in-vivo %2.0) ve in-vivo doğruluğunun %6.6 olduğunu bulmuşlar. Bu değerlerin, DPA ile iskelet BMC ölçümlerinin doğruluğuna eşit olduğunu belirtmişler. Sundukları yöntemin bu nedenle, çenelerdeki alveoler kret augmentasyonundan sonraki BMC değişikliklerini takip etmek için uygun bir yöntem olduğunu belirtmişler.(von Wowern ve Worsaae 1988).

Bazı kadınların menopozdan sonra postkranial iskeletlerinde hızlanmış bir kemik kaybı meydana geldiği ve alveoler kemik kayıplarının da arttığı yönünde kuvvetli kanıtlar vardır. Araştırmacılar alveoler sırt boyutlarında azalmanın osteoporoz bulgusu olduğunu belirtiyorlar (Baxter 1981). Daha da kesin olarak, çene kemiklerinin yoğunluğuyla (1) metakarpallerin (Ward ve Manson 1973); (2) ön kol kemiklerinin (Rosenquist ve ark 1978; von Wowern 1985b; von Wowern 1988) (3) femur (Dyer ve Ball 1980) ve vücudun diğer kemiklerinin (von Wowern 1982) densiteleri arasında ilişkiler olduğu bildirilmiştir. Çalışmaların sonuçlarında; erkeklere oranla kadınların mandibuler kemik mineral içeriğinin (BMC) daha düşük çıktığı ve 50 yaşından sonra erkeklere oranla aynı yaştaki kadınlarda yaşla ilişkili kemik kaybının daha belirgin olduğu belirtiliyor (von Wowern ve Worsaae 1988). Hildebolt ve arkadaşları dual enerji radyografi kullanarak periodontal alveoler kemik mineral içeriğini, bitewing radyograflara dayanan ölçümlerle mukayese etmişler. Ayrıca, hastaların bitewing ve postkranial dual enerji radyografi ölçümlerini birbirleriyle mukayese etmişler. Alveoler kemik mineral içeriğindeki klinik olarak anlamlı değişiklikleri saptamada yöntemin başarılı olduğunu ve alveoler kemik mineral içeriğinin postkranial kemik kayıplarının değerlendirilmesinde yararlı olabileceğini belirtmişler (Hildebolt ve ark 1992a).

Dental radyolojide, dijital görüntüleme tekniklerinin ortaya çıkması ve gelişmesiyle, görüntüleri bilgisayarda yorumlama ile ilgili araştırmalar başlamıştır. Her ne kadar insan, hassas ve esnek bir gözlemlene mekanizmasını akıllı planlama ve işlemeyle birleştirirse de, diagnostik amacın sonuçlarının tahmin edilemez olduğu kanıtlanmıştır (Goldman ve ark 1974). Gözlemciden gözlemciye görsel ortaya çıkarma yeteneğinin farklı olmasının yanısıra, objektif kriterlerin olmaması nedeniyle radyografik görüntüdeki bölgesel densite ve kontrast farklılıklarının yorumlanmasında büyük oranda farklılıklar ortaya çıkar (Kaffe ve Gratt 1988). Bu da diagnostik işlemin, gözlemcinin bilgi ve deneyimine bağlı olmasına neden olur. Mol ve van der Stelt, periapikal kemik lezyonlarının teşhisinde dijital analizin objektif kriterler

sağlayacağını ve diagnostik sonucun tekrarlanabilirliğinin artacağı hipotezini kurmuşlar. Bu hipotezi araştırmak için de görüntü analiz sistemi geliştirmişler. Sistem (1) periapikal bölgeyi belirleyebilecek (2) periapikal lezyon varlığını saptayabilecek (3) lezyon bulunduğunda, boyutlarını saptayabilecek şekilde geliştirilmiş. Rastgele seçilen 111 mandibuler kök radyografında dört deneyimli gözlemciyle sistemin performansını test etmişler. Yöntemin lezyonu saptamadaki sensitivitesini %83.3, spesifitesini %75.6 ve doğruluğunu %80.2 olarak bulmuşlar (Mol ve van der Stelt 1992 b).

3.MATERYAL VE METOT

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji kliniğindeki muayeneleri sırasında son bir yıl içinde kemik densitometri yaptırmış olduğu belirlenen hastalara çalışmamızın amacı anlatılarak katılmak isteyip istemedikleri soruldu. Çalışmamıza katılmayı kabul eden hastalar daha sonra kemik densitometri ölçümleriyle birlikte tekrar kliniğimize geldiler. Hastalarımızın anamnezlerine göre hiçbirinin kemik metabolizmasını etkileyecek sistemik bir hastalığı yoktu. Bu hastalarımızın mandibuler premolar-molar bölgelerinden sağ ve sol taraftan birer adet olmak üzere iki direkt dijital radyograf ve bir tane de panoramik radyograf aldık.

Panoramik radyograflarımızı, PM 2002 CC Proline (Plan Meca, Helsinki Finland) ile 80 kv'da, 2.5 mm Alüminyuma eşdeğer total filtrasyonla aldık. Agfa filmler kullandık. Filmlerimiz elde edildikleri gün otomatik banyo makinasıyla (Dürr xr 24 Germany) taze banyo solüsyonları kullanarak banyo ettik. Hastalarımızın anamnezleri, kliniğimizde rutin olarak kullandığımız anamnez formlarımıza kaydettik.

Direkt dijital radyograflarımızı, 65kv'da, 10 mA'de Trophy CCX Digital Periapikal röntgen cihazı ile 2.5 mm Alüminyuma eşdeğer total filtrasyonla ve Dimaxis (1.52) (Plan Meca, Helsinki) programını kullanarak elde ettik.

Çalışmamıza katılmayı kabul eden 48 kadın hastamızın kemik densitometri ölçüm sonuçlarına göre 27'sinin osteoporozu vardı, 21'inin ise osteoporozu yoktu. Osteoporozlu hastaların yaşları 42-64, kontrol grubumuzun yaşları ise 40-64 arasındaydı.

Hastalarımızdan aldığımız panoramik radyograflar üzerinde Mandibuler Kortikal Genişlik (MCW), Panoramik Mandibuler İndeks inferior (PMI inf), mandibuler alveoler kemik rezorpsiyonu derecesi (A/B) ve mandibuler inferior korteksin morfolojik sınıflaması (MIC grade) ölçüm ve değerlendirmeleri kumpas ve 1mm ölçekli cetvel kullanılarak yapıldı.

Mandibuler Kortikal Genişlik (MCW): Mental foramen alanından mandibulaya teğet geçen düz bir çizgi oluşturulur. Mental foramenin ortasından bu çizgiye dik olacak şekilde ikinci bir çizgi oluşturulur. Mandibuler kortikal kemiğin kalınlığı bu iki çizginin kesiştiği bölgeden ölçülür.

Panoramik Mandibuler İndeks Inferior (PMI inf.): Panoramik mandibuler indeks, kortikal kalınlığın mental foramen ve inferior mandibuler sınır arasındaki nispeten sabit olan mesafeye oranı ölçülerek elde edilir.

Mandibuler alveoler kemik rezorpsiyonu derecesi (A/B): Toplam mandibuler yükseklik (A), mental foramenin ortasından mandibulanın inferior sınırına (B) kadar olan mesafeye bölünerek elde edilir.

Mandibuler İnférieur Korteks Morfolojisi (MIC): Mental foramenin distalindeki mandibula bilateral olarak gözlemlenir. Class 1’de inferior korteksin endosteal marjini her iki tarafta da düzgün ve keskindir. Class 2’de mandibulanın bir veya her iki tarafında da, bir veya üç tabaka kalınlığında da endosteal kortikal artıklarla birlikte endosteal marjinde semilunar defektler (laküner rezorpsiyon) vardır. Class 3’te yoğun endosteal marjin kalın kortikal artıklardan oluşur ve belirgin bir şekilde pörözdür.

Panoramik radyograflar üzerindeki morfometrik ölçümlerimizin tümü aynı kişi tarafından dörder hafta arayla üç kez yapıldı ve elde edilen sonuçların ortalaması alındı. Foramen mentalenin bilateral olarak izlendiği durumlarda ölçümlerimizi iki taraftan da yapıp, sonuçlarımızın ortalamasını aldık; foramen mentalenin tek taraflı izlendiği durumlarda ölçümlerimizi sadece o taraf için yaptık. Ölçümler sırasında aynı negatoskop, milimetrik cetvel ve büyüteç kullanıldı (Şekil 2).

Hastalarımızın mandibuler diş sayıları ve yaşları da kayıtedildi.

Fraktal Boyut Ölçüm İşlemleri:

Mandibuler premolar-molar bölgeye ait olan tüm direkt dijital radyograflar aynı kişi tarafından açt ortay tekniği kullanılarak ve standardizasyon işlemi uygulanmadan alındı. Elde ettiğimiz tüm direkt dijital radyograflar klinik olarak kabul edilebilir seviyedeydiler.

Çalışmalarımızda National Institute of Health’in ücretsiz olarak dağıttığı Image Java (1.28) görüntü işleme ve analiz programını kullandık (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>). Tüm görüntü işlemler ve analizler aynı kişisel bilgisayarda ve aynı kişi tarafından gerçekleştirildi.

Box Counting Yöntemi:

Bir piksel kalınlığındaki binari obje sınırını kaplamak için gereken artan boyutlardaki kutu sayısını sayar. Sınırı kaplamak için gereken kutu sayısı ve kutu boyutlarının logaritmik grafiği oluşturulur. Bu grafiğin negatif eğiminin düz kısmı fraktal boyutu verir (Smith TG ve ark 1996).

Erozyon: Objenin siyah, arka planın beyaz alanlar olarak kabul edildiği binary görüntüde obje kenarlarından piksellerin kaldırılmasıdır. Dört veya sekizden fazla komşuluğu beyaz olan siyah piksel kaldırılır, yani beyaz hale getirilir. Erozyon birbirine değen objeleri ayırır ve izole pikselleri ortadan kaldırır (White SC, Rudolph DJ 1999).

Dilatasyon: Binary görüntülerdeki objelerin kenarlarına piksel ekler. Eğer dört veya sekizden fazla komşuluk siyahsa piksel eklenir. Dilatasyon devamlılık göstermeyen objeleri bağlar ve boşlukları doldurur (White SC, Rudolph DJ 1999).

Outline: Binari bir görüntüdeki siyah objenin bir piksel kalınlığında dış hatlarının oluşturulması işlemi (White SC, Rudolph DJ 1999).

Gaussian Filtre: Gaussian yumuşatma operatörü, görüntüyü bulanıklaştırmak ve detayla görüntüyü ortadan kaldırmak için kullanılan 2 boyutlu bir konvolüsyon operatörüdür. Bu anlamda median filtreye benzerdir ama farklı bir kernel kullanır. Yumuşatmanın derecesi Gaussianın standart sapmasıyla saptanır. Gaussian sonucunda her piksel komşuluğunun ağırlıklı ortalaması ortaya çıkar. Bu median filtrelerden farklıdır. Bu nedenle aynı boyuttaki median filtreye oranla Gaussian daha hafif bir yumuşatma sağlar ve kenarları daha iyi korur (White SC, Rudolph DJ 1999).

Bilgisayar Analizi:

Image Java (1.28) programını kullanarak direkt dijital radyograflarımızda foramen mentalenin distalindeki bölgeden, birinci premolar ve ikinci molar arasından dikdörtgen şeklinde ROI'ler oluşturduk (Resim 1). ROI'leri oluştururken; periodontal ligament aralığı, lamina dura, diş kökleri, alveoler kret ve mental foramen gibi yapıları ROI'lerin içine dahil etmemeye özen gösterdik. Her hastanın ikinci premolar ve birinci molar dişleri arasındaki interdental mesafeleri farklı olduğundan ROI'leri sabit boyutlarda oluşturmadık. ROI'lerin, dişler arası bölgenin izin verdiği kadar büyük ve mümkün olduğu kadar apikalde olmalarına dikkat ettik (Resim 2). Daha sonra oluşturmuş olduğumuz bu ilgi alanlarını duplike ettik ve 35 piksel yarıçapında Gaussian filtre uygulayarak bulanıklaştırdık (Resim 3). Bu uygulama sonucunda görüntü bulanıklaşır ve detayını kaybeder. Görüntüde sadece büyük intensite farklılıkları kalır. Filtrelenmiş görüntüyü orijinal görüntüden çıkararak her piksele 128 ekledik (Resim 4). Böylece başlangıç intensitesinden bağımsız olarak minimum intensitesi 128 olan bir görüntü elde ettik. Daha sonra görüntümüzü 128 parlaklık seviyesinde eşik değerleyerek görüntümüzü binari, yani siyah-beyaz hale getirdik (Resim 5). Image Java programı 128 seviyesindeki eşikdeğer komutu sırasında beyaz alanları siyah, siyah alanları beyaza çevirdiğinden elde ettiğimiz binari görüntüdeki siyah alanlar radyografik olarak trabeküler kemiği temsil eden alanlardır Trabeküler kemiği temsil ettiğini varsaydığımız bölgeler histolojik anlamda değil, radyolojik anlamda trabeküler kemiği temsil etmektedirler. Gürültüyü ortadan kaldırmak için görüntümüzü bir kere erode bir kere de dilate ettik (Resim 6). Görüntü işlemenin son adımı olarak, Image

Java programında bulunan 'outline' komutunu kullanarak görüntümüzdeki siyah alanların etrafında tek piksel kalınlığında bir çizgi kalacak şekilde dış hatlarını belirledik (Resim 7).

Görüntümüzü bu işlemler sonunda ön plan ve arka plan olarak segmente etmiş olduk. Programımız ön plan olarak siyah bölgeleri kabul ediyor ve ölçümleri bu bölgeler üzerinde gerçekleştiriyor.

Outline komutu sonucu elde edilen görüntü orijinal radyografin üzerine superpoze edildiğinde bu bölgelerin trabeküler kemiğin yoğun olarak bulunduğu bölgelere denk geldiği görülmektedir (Resim 8). Daha sonra bu görüntülerin Box-counting yöntemiyle fraktal boyutlarını hesapladık (Grafik 1).

Veriler bilgisayar ortamına aktarılarak hata denetimleri yapıldı. Verilerin istatistik analizleri için SPSS 10.0 programından faydalanıldı. İki grubun karşılaştırılması; parametrik şartların sağlanabildiği durumlarda student-t testi ile, parametrik şartların sağlanamadığı durumlarda Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Fraktal analiz için cutoff noktası ROC analizi ile yapıldı. Fraktal analiz yöntemi, sensitivite ve spesifitesi yüksek olmamakla birlikte Kemik Mineral Densite (BMD) sonuçlarıyla uyumlu sonuçlar veriyordu.



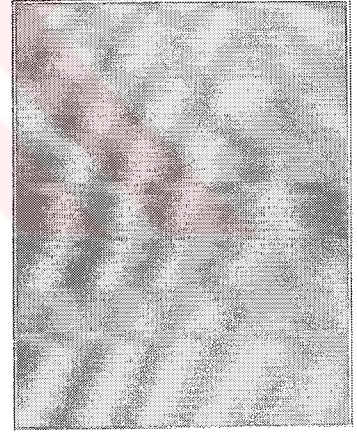
Resim 1. İlgi alanları oluşturulmuş direk dijital radyografımız.



Resim 2.



Resim 3.

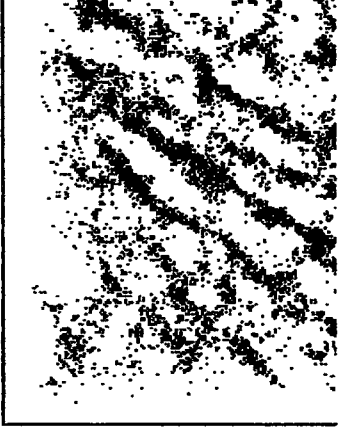


Resim 4.

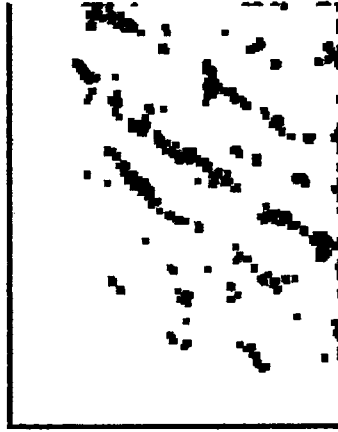
Resim 2: İlgi alanımız

Resim 3: Gaussian filtre uygulanmış görüntü

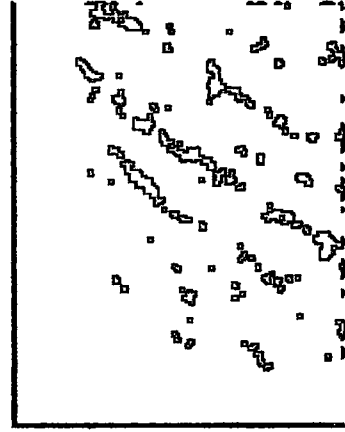
Resim 4: Gaussian filtre uygulanmış görüntünün orijinal görüntüden çıkarılıp 128 eklenmiş hali



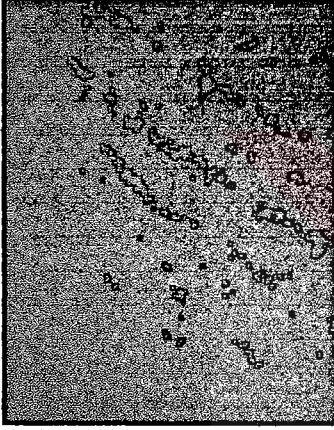
Resim 5.



Resim 6.



Resim 7.



Resim 8.

Resim 5: 128 parlaklık seviyesinde eşikdeğerlenen ve binari hale getirilen görüntü.

Resim 6: Binari görüntünün bir kere erode bir kere dilate edilmiş hali.

Resim 7: Binari görüntünün sadece dış hatlarının elde edilmesi.

Resim 8: Dış hatların orijinal görüntü üzerine superpoze edilmesi.

CM * GRUP

	GRUP	osteoporotik		Toplam
		osteoporotik	kontrol	
CM	1,00	1	8	9
	2,00	16	12	28
	3,00	10	1	11
Total		27	21	48

Tablo 1.

Grup İstatistiği

GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
YAŞ osteoporotik	27	52,1111	5,7868	1,1137
kontrol	21	48,3810	7,2144	1,5743
MCV osteoporotik	27	4,4778	1,2395	,2385
kontrol	21	4,9810	,9579	,2090
PMI_INF osteoporotik	27	,3614	,1192	2,294
kontrol	21	,3748	7,174	1,565
A_B_ORAN osteoporotik	27	1,9104	,3843	7,395
kontrol	21	2,0492	,4665	,1018
CM osteoporotik	27	2,3333	,5547	,1068
kontrol	21	1,6667	,5774	,1260
FRAKTAL osteoporotik	27	1,4006	7,314	1,408
kontrol	21	1,3857	5,555	1,212
DIŞ SAYISI osteoporotik	27	8.0741	4.6486	.8946
kontrol	21	11.3333	3.7991	.8290

Tablo 2.

İki Örnek t-testi

	t	p
Yaş	1.989	.053
MKG	-1.536	.131
PMI inf	-.452	.654
A/B Oranı	-1.131	.264
Kortikal Morfoloji	4.058	.000
Fraktal	.771	.445
Diş Sayısı	-2.605	.012

Tablo 3.

	Yaş					
Diş Sayısı	-.093	Diş Sayısı				
MKG	.163	.233	MKG			
PMI inf	.106	-.124	.618**	PMI inf		
A/B oranı	-.135	.777**	.136	-.048	A/B oranı	
KM	.060	-.010	-.544	-.597**	.044	KM
Fraktal	-.019	.107	.088	-.135	.139	-.054

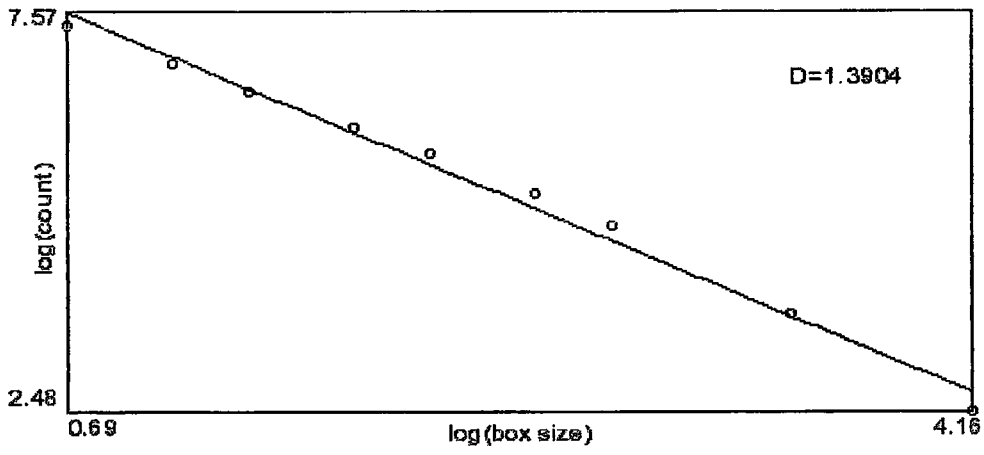
Tablo 4. Osteoporotik Grup için Korelasyon Tablosu

	Yaş					
Diş Sayısı	-.304	Diş sayısı				
MKG	-.110	.389	MKG			
PMI inf	.401	-.393	.087	PMI inf		
A/B oranı	.308	-.176	-.636**	.467*	A/B Oranı	
KM	.224	-.129	.205	.180	-.142	KM
Fraktal	-.013	-.616**	-.240	.301	.258	.078

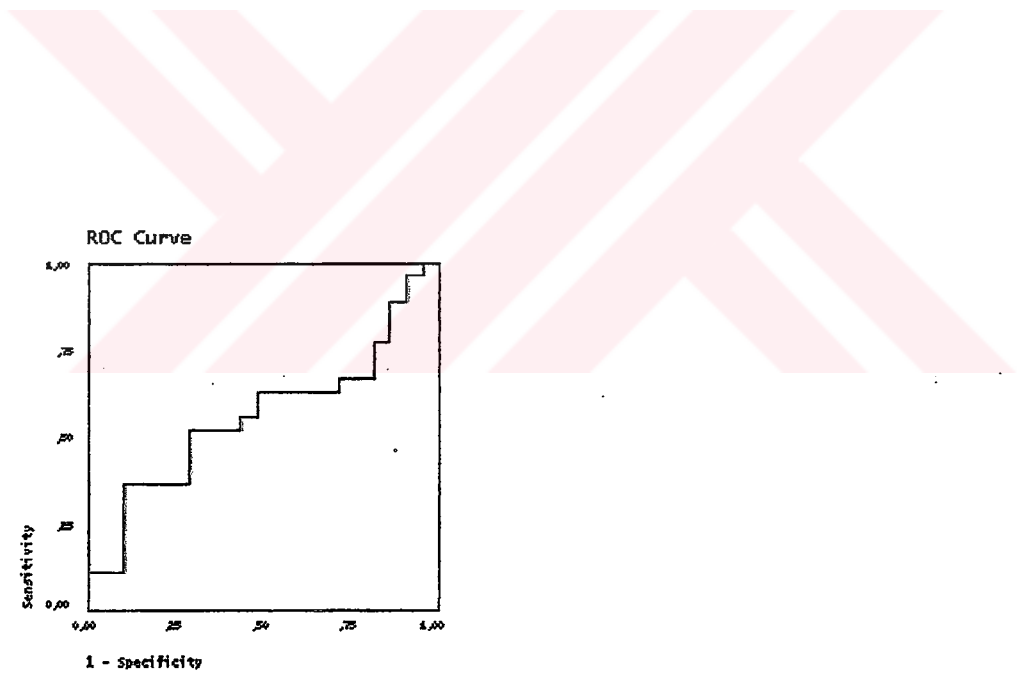
Tablo 5. Kontrol Grubu için Korelasyon Tablosu

	Yaş					
Diş Sayısı	-.264	Diş sayısı				
MKG	-.019	.338*	MKG			
PMI inf	.174	-.159	.477**	PMI inf		
A/B oranı	.052	.388*	-.140	.139	A/B Oranı	
KM	.261	-.230	-.332*	-.320*	-.125	KM
Fraktal	.017	-.158	-.038	-.029	.161	.055

Tablo 6. Osteoporotik ve Kontrol Grubunun Korelasyon Tablosu

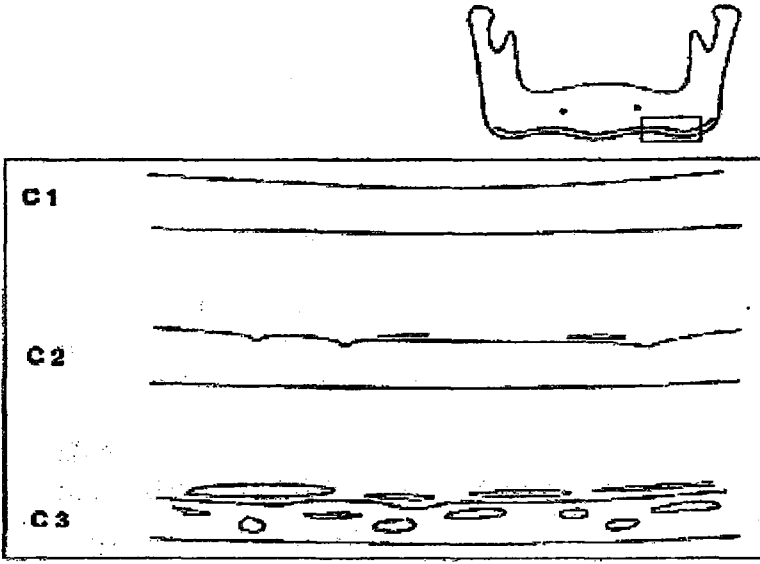


Grafik 1 . Fraktal boyut grafiği



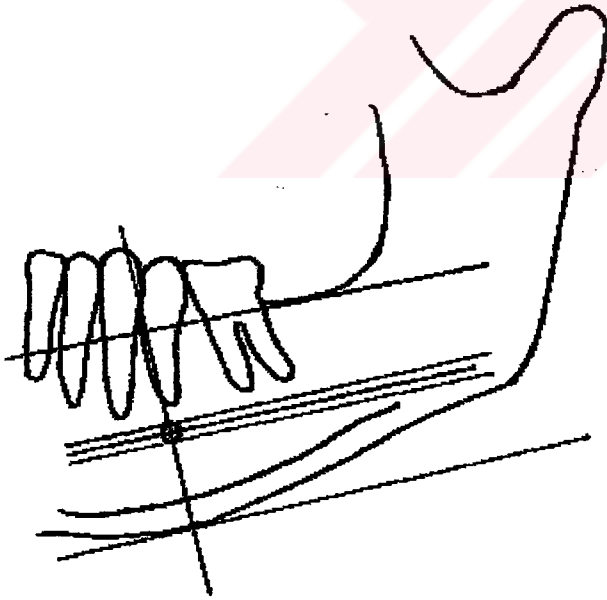
Grafik 2. ROC Eğrisi

Şekil 1.



Mandibuler inferior korteks sınıflaması.

Şekil 2.



Panoramik radyograflar üzerinde ölçümleri için mandibuler kortikal genişlik, PMI inf. ve A/B oranı oluşturduğumuz çizimlerimiz.

4.BULGULAR

Hastalarımızın %56.25'i osteoporotik, %43.75'i kontrol grubundaydı.

Tablo 1'e baktığımızda, osteoporotik grupta Class 1 kortikal morfolojide 1 hasta varken kontrol grubunda 8 hasta vardı; Class 2 morfolojide 16 osteoporotik, 12 kontrol grubu hastası; Class 3 morfolojide 10 osteoporotik, 1 kontrol grubu hastası olduğunu gördük (Tablo 1).

Tablo 2 de verilerin ortalaması, standart sapması ve standart hata ortalamaları görülüyor.

Osteoporotik hastalarla kontrol grubu arasında t-testine göre ($p<0.01$) mandibuler inferior korteks morfolojisi açısından anlamlı fark olduğu bulundu. Mandibuler inferior korteks morfolojisi sınıflamasının değerleri osteoporotik hastalarda ortalama 2.33, kontrol grubu hastalarında 1.67 idi. Osteoporotik hastalarda mandibuler inferior korteks morfolojisinin sınıflama derecesi daha yüksekti. Mandibuler diş sayısı açısından iki grup arasında ($p<0.05$) anlamlı farklılık bulundu. Osteoporotik hastalarda mandibuler diş sayıları daha azdı (Tablo 3).

Fraktal analiz için cutoff noktası Receiver Operating Characteristics (ROC) analiziyle saptandı ve 1.3958 cutoff noktasında sensitivite %55.6 ve spesifite %57.1 olarak bulundu. Fraktal analizin spesifitesinin sensitiviteden yüksek olması, bu yöntemin, osteoporozu olan bireylere oranla osteoporozu olmayan bireylerin teşhisinde daha başarılı olduğunu belirtiyor. Bu da, kontrol grubumuzun korelasyon analizinde fraktal analizin diş sayısı ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyon göstermesi ile uyumludur ($p<0.01$). Sensitivite ve spesifite yüksek olmamakla birlikte fraktal analiz yönteminin sonuçları, kemik mineral densite sonuçlarıyla uyumlu sonuçlar veriyordu (Grafik 2).

Diş sayısı açısından Mann-Whitney U testine göre hesaplanan Z değeri 2.689 olarak bulundu. Bu değer 0.01 ihtimale göre sınır değeri olan 2.008 den büyük olduğundan, iki grup diş sayısı açısından birbirlerinden farklıdır.

Osteoporotik grup için korelasyon tablosuna baktığımızda $p<0.01$ anlamlılık seviyesinde diş sayısı ile A/B oranının, mandibuler kortikal genişliğin ve PMI inf.un pozitif korelasyon gösterdiğini; mandibuler kortikal genişlikle kortikal morfolojinin negatif korelasyon gösterdiğini; kortikal morfoloji ile mandibuler kortikal genişlik ve panoramik mandibuler indeks inferiorun negatif korelasyon gösterdiğini bulduk ($p<0.01$) (Tablo 4). Buradan şunları çıkarabiliriz:

1- Diş sayısı arttıkça A/B oranı, mandibuler kortikal genişlik ve PMI inf. artar.

2- Mandibuler kortikal genişlik arttıkça inferior mandibuler korteks sınıflaması daha düşük değerler alır.

3- Kortikal morfoloji sınıflamasında yüksek değerler varlığında PMI inf. düşer.

Kontrol grubunun korelasyon tablosuna baktığımızda fraktal analiz sonuçlarıyla diş sayısının negatif korelasyon gösterdiğini ($p<0.01$); mandibuler kortikal genişlik ile A/B oranının negatif korelasyon gösterdiğini ($p<0.01$); PMI inf. la A/B oranının ($p<0.05$) pozitif korelasyon gösterdiğini bulduk (Tablo 5). Bunları şu şekilde özetleyebiliriz:

1- Diş sayısı azaldıkça fraktal analiz sonucu artar.

2- Mandibuler kortikal genişlik arttıkça A/B oranı azalır.

3- Panoramik Mandibuler İndeks inferior arttıkça A/B oranı yükselir.

Osteoporotik ve kontrol grubu bir arada ele alınıp korelasyonlarına bakıldığında diş sayısı ile A/B oranının ve Mandibuler Kortikal Genişliğin pozitif korelasyon gösterdiğini ($p<0.05$); Mandibuler Kortikal Genişlik ile Panoramik Mandibuler İndeks inferiorun ($p<0.01$) pozitif korelasyon gösterdiğini, Mandibuler Kortikal Genişlik ile mandibuler inferior korteks morfolojisinin negatif korelasyon gösterdiğini ($p<0.05$) bulduk (Tablo 6).

Bu bulgularımızı da şu şekilde özetleyebiliriz:

1- Diş sayısı arttıkça A/B oranı ve mandibuler kortikal genişlik artar.

2- Mandibuler kortikal genişlik arttıkça PMI inf. da artar.

3- Mandibuler kortikal genişlik arttıkça mandibuler inferior korteks morfolojisi sınıflaması daha düşük değerler alır.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Osteoporoz; hayatın geç dönemlerinde kırıklar oluşuncaya kadar belirtisiz olarak ilerleyen, karmaşık ve çok etkenli bir hastalıktır. Bu nedenle de çok az kişi zamanında teşhis edilerek etkin tedavi edilme fırsatı yakalar (Hildebolt CF 1997).

Son yıllarda kemik mineral içeriğini ölçmek için çeşitli kemik densitometri ölçüm sistemleri geliştirilmiştir. Aletlerin pahalılığı ve ölçümler sırasında bu konuda uzman kişilerin olmasının gerekmesi, bu yöntemlerin ulaşılabilirliğini kısıtlıyor (Iwashita Y 2000, Law A ve ark 1996).

Diş hekimlerinin çoğu rutin olarak hastalarından intraoral radyograflar alırlar. Araştırmacılar, el altında hazır olarak bulunan bu kaynağı kullanarak osteoporoz teşhisinin mümkün olup olamayacağını değerlendirmek için çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Standart kemik densitometri tekniklerinden daha ucuz olan dental radyografların bu amaç için yararlı olduğunun bulunması durumunda maliyetin ve radyasyon dozunun düşeceğini belirtmişlerdir (Law A 1996).

Bu amaçla; mandibula, maksilla ve genel iskelet kemik mineral densitesi arasındaki ve panoramik radyograflarda mandibula üzerinde yapılan çeşitli ölçümlerle osteoporoz arasındaki ilişkiyi araştıran çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Biz de çalışmamızda panoramik radyograflardan elde ettiğimiz radiomorfometrik ölçümler ve dijital radyograflardan elde ettiğimiz verilere uyguladığımız bilgisayar analizlerinin sonuçlarıyla osteoporoz arasındaki ilişkiyi araştırdık.

Bras ve arkadaşları, 180 normal kişinin panoramik radyograflarından gonial kortikal kalınlığı ölçmüşler. Adolesan dönemden önce bu tabakanın gözlenemediğini ve 15-60 yaşlar arasında bu bölgenin kalınlığının relatif olarak sabit olduğunu bulmuşlar. 60 yaş ve sonrasındaki postmenopozal dönemde kadınlarda kortikal kalınlıkta azalma olduğunu gözlemlemişler ve bu nedenle bu bölgenin metabolik kemik kayıplarını değerlendirmede bir parametre olarak kullanılabileceğini belirtmişler (Bras J ve ark 1982). Anguler korteks anatomik olarak çok dardır ve rotasyonel panoramik radyografi teorisine göre horizontal büyütme bu bölgedeki ölçümleri etkiler. Ayrıca havayolu gölgelerinin bu bölgeye superpoze olması nedeniyle sıklıkla bu bölgenin panoramik radyograflarda görünürlüğü azdır (Taguchi A 1995a). İlk geliştirilen radiomorfometrik indekslerden biri olması nedeniyle diğer indekslerin gelişimine büyük katkısı olduğunu düşündüğümüz bu parametreyi yukarıda saydığımız sebeplerden dolayı biz çalışmamızda kullanmadık.

Kribbs ve arkadaşları 1990 yılında yayınlanan bir çalışmalarında 20-90 yaşlar arasındaki 50 kadının mandibuler kemik kütlesi ve densitesi ile goniondaki kortikal

kalınlığı ölçmüşler. DPA ile ölçülen mandibuler kemik kütlesi densitesinin vertebral kemik mineral içeriği ve radial kemik mineral içeriği ile anlamlı olarak korelasyon gösterdiğini bulmuşlar. BT ile ölçtükleri mandibuler densitenin yaşlı bireylerdeki vertebral kemik haricinde iskelet ölçümlerinin hiç birisiyle korelasyon göstermediğini bulmuşlar. Goniondaki kortikal mandibuler kalınlığın diğer iskelet ölçümleriyle anlamlı korelasyon gösterdiğini bulmuşlar (Kribbs P ve ark 1990). Biz çalışmamızda daha önce bahsettiğimiz nedenlerden dolayı goniondaki kortikal kalınlığı ölçmedik

Benson ve arkadaşları, mandibuler kortikal kemik kitlesinin yeni bir radiomorfometrik indeks olarak Panoramik Mandibuler İndeksi (PMI) geliştirmişler. Yaş, cinsiyet ve ırka göre guruplandıkları 353 erişkine ait panoramik radyograflarda PMI ölçümü yapmışlar. Zencilerin PMI'lerinin beyazlardan daha yüksek olduğunu, yaşın ilerlemesiyle birlikte hem erkeklerde, hem de kadınlarda PMI'nin azaldığını bulmuşlar. Anatomik bir işaret olan foramen mentale bölgesi, panoramik radyograflardaki imaj distorsiyonu ve magnifikasyonundan en az etkilenen bölgedir. Mental bölge majör çiğneme kas bağlantıları içermediğinden, kas fonksiyonlarından etkilenmeyen bir bölgedir. Panoramik mandibuler inferior ve superior arasında kuvvetli korelasyon bulduklarından çalışmalarında inferior indeks ölçümlerini kullanmışlar (Benson ve ark 1991). Biz de PMI inf. ve PMI sup. arasında çok kuvvetli korelasyonlar bulduğumuzdan PMI inf. ölçümlerini çalışmamızda kullandık.

Klemetti ve arkadaşları; 1993 yılında yayınlanan bir çalışmalarında, 48-56 yaşlar arasındaki 355 postmenopozal kadının iskelet mineral densiteleriyle panoramik radyograflardan ölçtükleri PMI arasındaki ilişkiyi incelemişler. Kemik mineral densitesi ile PMI arasında istatistiksel olarak anlamlı olmayan zayıf bir ilişki bulmuşlar. Bu nedenle, kemik mineral densitesini değerlendirmede PMI'in yararlılığının çok fazla olmayacağını ama PMI değerlerinin bariz bir şekilde popülasyonun ortalama PMI değerlerinden saptığı durumlarda kemik mineral değişikliklerinin bir göstergesi olarak kullanılabileceğini belirtmişler (Klemetti ve ark 1993a). Osteoporotik grupta PMI inf.'un mandibuler kortikal genişlik ile pozitif, kortikal morfoloji ile negatif korelasyon gösterdiğini bulduk ($p<0.01$). Kontrol grubumuzda ise PMI inf. sadece A/B oranıyla pozitif korelasyon gösteriyordu ($p<0.05$).

Mohajery ve arkadaşları, DPA ile lumbar spina ve femur boynu kemik densite ölçümleri sonucuna göre osteoporotik olanlar ve olmayanlar olarak iki gruba ayırdıkları hastalarının periapikal radyograflarından ve panoramik radyograflarından alüminyuma eşdeğer densitelerini hesaplamışlar. Aynı hastaların panoramik radyograflarından angulus

mandibuladaki kortikal kemik kalınlığını ölçmüşler. Normal ve osteoporotik hastaların mandibuler ölçümleri arasında hiçbir anlamlı fark bulamamışlar. Mandibuler densiteyi mikrodensitometri yöntemiyle; genel iskelet kemik mineral densitesini ise DPA ile ölçmüşler. Bu iki ölçüm yöntemi birbirlerinden farklı ilkelerle çalıştıklarından aralarında bir ilişki bulamamış olabilirler. Ayrıca, mandibuler densite sadece osteoporozla değil, diş kayıplarıyla ve çiğneme fonksiyonlarının etkinliği ile ilgili olarak da değişebilir. Panoramik ve periapikal radyograflardan ölçtükleri densiteler arasında da anlamlı ilişki bulamamışlar. Bunun da sebebi panoramik radyograflarda kortikal kemiğin periapikal radyograflarda trabeküler kemiğin densitesini ölçmeleri olabilir (Mohajery M ve ark 1992).

Oral bulgular ve torasik fraktürler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için Taguchi ve arkadaşları bir çalışma yapmışlar. Bu çalışmalarında, göğüs radyograflarında torasik fraktürleri olan hastaları osteoporotik olarak kabul etmişler. (Biz çalışmamızda, torasik fraktürlerin varlığına göre değil, kemik densitometri ölçüm sonuçlarına göre hastalarımızı osteoporotik olan ve olmayan olarak sınıflandırdık.)Yaşları 50-70 arasında değişen bu kadın hastaların panoramik radyograflarını almışlar. Panoramik radyograflardan elde ettikleri mevcut diş sayısı, mandibuler kortikal kalınlık, alveoler kemik rezorpsiyonu ve inferior mandibuler korteksin morfolojisi ile osteoporoz arasındaki ilişkiyi araştırmışlar.A/B oranının fraktürü olan ve olmayan kadınlarda anlamlı olarak farklı olduğunu bulmuşlar. Kadınlarda beşinci on yıldan sonra hızla azalan mandibuler kortikal genişliğin BMD ile ilişkili olmakla birlikte, fraktürü olan ve olmayan kadınlar arasında mandibuler kortikal genişlikte anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlar. Yine, mandibuler inferior korteks sınıflaması ile BMD arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlar. Ancak onların hastalarının arasında Class 3 olan hastaları yokmuş (Taguchi A ve ark 1995b). Biz de çalışmamızda Mandibuler kortikal genişlik ile osteoporoz arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulamadık. Mandibuler kortikal genişliğin yaşla bir korelasyon göstermediğini bulduk. Bunun sebebi, hastalarımızın yaş aralığının dar olması, birbirlerinden farklı dekadlarda hasta gruplarımızın olmaması olabilir. Mandibuler kortikal genişliğin osteoporotik grupta PMI inf.'la doğru yönde, kortikal morfoloji ile de ters yönde bir ilişki gösterdiğini bulduk ($p<0.01$). Onlar, çalışmalarının sonucunda; ağızda mevcut olan diş sayısının kadınların torasik fraktür durumlarıyla yakından ilgili olduğunu belirtmişler. Biz, çalışmamızda diş sayısı ile A/B oranı arasında ($p<0.01$) anlamlı ilişki bulduk. Osteoporotik grup ile kontrol grubu arasında kortikal morfoloji açısından ($p<0.01$) anlamlı farklılık olduğunu bulduk.

Yine Taguchi ve arkadaşları, herhangi bir metabolik hastalığı olmayan 269 hastanın panoramik radyograflarında mandibuler kortikal kalınlığı ölçmüşler ve bunun diş sayısı ile ilişkisini araştırmışlar. Erkek hastalarda Mandibuler Kortikal Kalınlık ile mevcut diş sayısı arasında bir ilişki gözleyememişler. Yedinci dekadadaki kadınlardan diş sayısı fazla olanların mandibuler kortikal genişliklerinin, diş sayısı az olanlardan daha fazla olduğunu bulmuşlar. Biz, osteoporotik ve kontrol gruplarımızın bir arada korelasyonlarına baktığımızda, diş sayısının mandibuler kortikal genişlik ve A/B oranıyla ($p<0.05$) doğru yönde ilişki gösterdiğini bulduk. Onlar, çalışmalarında hastaların ağızlarında mevcut olan tüm dişlerin sayısını değerlendirmişler. Biz, radyomorfometrik ölçümleri gerçekleştirdiğimiz bölge mandibula olduğu için, sadece mandibuler diş sayısını çalışmamıza dahil ettik. Onların ve bizim sonuçlarımız arasındaki farklılığın sebebi bu olabilir. Bizim çalışmamızın sonuçlarına göre osteoporotik hastaların daha az dişleri var (Taguchi A ve ark 1995 a).

Postmenopozal osteoporozun teşhisinde panoramik radyograflardan ölçülen mandibuler kortikal kalınlık ve mandibuler inferior korteks morfolojisinin yararlılığını değerlendirmek için Taguchi ve arkadaşları, 1995 yılında yaptıkları bir başka çalışmada (Taguchi A ve ark 1995 b) yaş ortalamaları 53.7 olan 124 kadının üçüncü lomber vertebralalarının kemik mineral densitesini Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi ile ölçmüşler. Aynı hastaların panoramik radyograflarından mandibuler kortikal kalınlık ve inferior korteks morfolojisini değerlendirmişler. Bu üç parametre arasında $p<0.001$ anlamlılık seviyesinde ilişki bulmuşlar. Bizim çalışmamızın sonuçları da onların sonuçları ile uyumlu idi. Osteoporotik ve kontrol grubu arasında inferior mandibuler korteks morfolojisi, yaş ve diş sayısı açısından farklılık olduğunu, osteoporotik hastalarda korteks sınıflamasında daha yüksek değerlere ulaşıldığını, osteoporotik hastaların daha az dişleri olduğunu ve yaşlarının daha yüksek olduğunu bulduk ($p<0.05$).

Klemetti ve Kolmakow, mandibuler korteksin kemik mineral densitesinin inferior korteks morfolojisi ile ilişkisini incelemişler. 48-56 yaşlar arasındaki 77 postmenopozal kadının mandibulalarının kortikal BMD'lerini mental foramenin bukkal ve distalinden ve yine mental foramenin lingual ve distalinden olmak üzere Single Energy QCT ile ölçmüşler. Aynı hastaların panoramik radyograflarından inferior kortikal morfolojilerini sınıflamışlar. Mandibuler korteksteki değişikliklerin şiddetinin istatistiksel olarak anlamlı seviyede bukkal korteksin kemik mineral densitesine bağımlı olduğunu bulmuşlar. Mandibuler kortikal kemiğin niteliğini bölgesel olarak değerlendirmede, panoramik radyograflardan mandibuler korteksin sınıflandırılmasının diş hekimleri için yararlı

olabileceğini belirtmişler. Onlar çalışmalarında, mandibuler korteksin kemik mineral densitesini ölçmüşler ve bunun korteks morfolojisiyle korelasyonunu incelemişler. Biz, çalışmamızda, genel vücut densitesiyle korteks morfolojisini kıyasladık. Osteoporozlu ve kontrol grubu hastalarımızın arasında korteks morfolojisinin ($p<0.05$) anlamlılık seviyesinde farklı olduğunu bulduk (Klemetti E ve Kolmakow S 1997).

Von Wowerm ve arkadaşları, mandibulanın kemik mineral densitesini ölçmek için geliştirilen DPA tarayıcısı (GT45) kullanarak mandibulanın densitesini ölçmüşler. Ön kol ve lumbar spinanın kemik mineral densitelerini de SPA kemik tarayıcısı ve DPA kemik tarayıcısı kullanarak ölçmüşler. Ön kol ve lumbar spina kemik mineral densiteleri arasında $p<0.01$ anlamlılık seviyesinde bir ilişki bulmuşlar. Mandibuler BMC'in kadınlarda erkeklerden daha düşük olduğunu ve 50 yaşından sonra kemik mineral içeriğindeki düşüşün yine kadınlarda daha belirgin olduğunu bulmuşlar. Mandibuler BMC ile lumbar ve ön kol kemik mineral içeriği arasında bir ilişki olmadığını bulmuşlar. Bunun sebebinin de iskeletin diğer kısımlarından farklı olarak, fetal gelişim sırasında mandibulanın encondral osifikasyon yerine intramembranöz osifikasyon göstermesine ve çiğneme sisteminin bir parçası olan mandibulanın iskeletteki diğer kemikler gibi ağırlık kaldırma işlevinin olmamasına bağlamışlar. Biz; çalışmamızda panoramik radyograflardan elde ettiğimiz radiomorfometrik ölçümler ve değerlendirmelerden sadece inferior korteks morfolojisinin $p<0.01$ anlamlılık seviyesinde osteoporozla ilişki gösterdiğini bulduk. Diğer ölçümlerimiz ve osteoporoz arasında ilişki gözlemleyemedik. Bizim sonuçlarımıza göre de mandibulanın kemik mineral içeriğini değerlendirmek için mandibulanın kendisi taranarak kemik mineral içeriği ölçülmelidir (Von Wowerm N 2001).

Von Wowerm, 1988 yılında yaptığı bir başka çalışmada mandibuler kemik mineral içeriği ile diş sayılarının ilişkisini incelemiş. Mandibuler BMC referans değerlerinin cinsiyet ve yaşla değiştiğini, ama diş kayıplarının mandibuler BMC üzerine etkisinin olmadığını bulmuşlar. Onlar, mandibuler kemik mineral içeriği (BMC) ve diş sayısı arasındaki ilişkiyi incelemişler. Biz, genel iskeletin BMC'i ile mandibuler diş sayıları arasındaki ilişkiyi inceledik. Diş sayısının $p<0.05$ anlamlılık seviyesinde osteoporozla ilişki gösterdiğini bulduk. Sonuçlarımız arasındaki farklılığın sebebi; onların mandibuler densiteyi kortikal tabakadan ölçmeleri, diş kayıplarının ise mandibulanın trabeküler kemik miktarını etkilemesi olabilir. A/B oranı, trabeküler yapıyla ilgili bilgi verir. Biz, diş sayısı ile A/B oranının osteoporotik grupta ($p<0.01$) pozitif ilişki gösterdiğini bulduk. Ayrıca t-testi sonuçlarına göre de osteoporotik ve kontrol grubu arasında diş sayısı açısından $p<0.05$ olacak şekilde anlamlı farklılık vardır. Bizim kullandığımız

radiomorfometrik ölçümlerden sadece mandibuler kortikal kalınlık kortikal tabaka ile ilgiliydi ve biz de çalışmamızda MCW ile osteoporoz arasında anlamlı bir ilişki bulamadık. Ancak grupların tümünün birlikte korelasyonuna baktığımızda MCW ile diş sayısı arasında $p < 0.05$ anlamlılık seviyesinde pozitif korelasyon bulduk (von Wöern 1988).

Üçüncü dekadın sonunda azami kemik kitlesine ulaşılır ve 30-35 yaşlar civarında da kemik kaybı başlar. İnsanların çoğundan, hayatlarının çeşitli dönemlerinde dental radyograflar alınır. Kemikteki ilk kayıplar trabeküler bölgelerde oluşur ve bu trabeküller çözünürlüğü yüksek olan intraoral radyograflarda çok açık olarak görülebilir. Southard K. ve Southard T. (Southard K ve Southard T 1992b); dental radyograflar aracılığı ile maksiller ve mandibuler trabeküler kemikteki değişikliklerin gösterilip gösterilemeyeceğini araştırmak için, rastgele seçtikleri ve yaşlarına göre iki gruba ayırdıkları 20 ve 70 yaşlar arasındaki 20 kadının maksiller anterior bölgelerinden standardize periapikal radyograflar almışlar. Daha sonra, bu radyografları dijitize etmişler ve maksiller lateral ve kanin kesici dişler arasında oluşturdukları çizgilerde ortalama piksel intensitesi, piksel intensite varyansı, ortalama mutlak Fourier Transform katsayısı ve Fourier katsayısının ortalama uzaysal (spatial) momentini incelemişler. Ölçtükları bu dört özelliğın hepsinde yaşın artmasıyla birlikte bir düşüş olduğunu bulmuşlar. Onlar, hastalarını rastgele seçtiklerinden, hastalarının kemik mineral densite ölçümlerini çalışmalarına katmamışlar. Osteoporozun yaşla birlikte artması gerektiğini düşünmüşler. Biz, hastalarımızı osteoporotik olanlar ve olmayanlar şeklinde iki gruba ayırdık ve osteoporozlu hastalarda fraktal boyut değerlerinin, osteoporozu olmayan hastalardan daha yüksek olduğunu bulduk. Osteoporozda kemikte bir azalma olmasına rağmen, oluşan segmentasyonlar fraktal boyut sonuçlarımızın yüksek çıkmasına neden olmuştur. Fraktal boyutun yüksek olması kemik miktarının fazla olmasını değil, parçacık sayısının fazla olmasını belirtmektedir. Çünkü, düzgün şekillerin fraktal boyutları, düzensiz girinti ve çıkıntılar içeren şekillerinkinden daha düşüktür (Southard K ve Southard T 1992b).

Ruttimann ve arkadaşları; alveoler kemikteki değişiklikleri karakterize etmede fraktal boyut analizinin yararlı olup olmadığını araştırmak için, 10 kuru mandibuler kemik segmentini asitle kısmi olarak ve aşamalı bir şekilde dekalsifiye etmişler. Her dekalsifikasyon aşamasından sonra -5, 0, ve +5 açı farklılıklarıyla bu mandibuler segmentlerin radyograflarını almışlar. Bu radyografları daha sonra dijitize etmişler. Konumsal frekansın kuvvet karşısındaki logaritmik grafiğini kullanarak Power Spectra yöntemi ile fraktal analizlerini hesaplamışlar. Fraktal boyutun anatomik lokalizasyona göre değiştiğini, asitle indüklenen demineralizasyondan sonra fraktal boyutun arttığını ve açı

farklılıklarından etkilenmediğini bulmuşlar. Çalışmalarının ikinci kısmı olarak, rastgele seçilen altı premenopozal ve altı postmenopozal kadının periapikal radyograflarından fraktal boyut hesaplamışlar. Yaş ortalaması daha yüksek olan postmenopozal dönemdeki kadınların fraktal boyutlarının, premenopozal dönemdeki kadınlardan daha yüksek olduğunu bulmuşlar. Radyografik projeksiyon geometrisinden fraktal boyutun etkilenmemesi nedeniyle bu yöntemin nonstandardize intraoral radyograflara uygulanabileceğini ve kemikteki yaşa veya osteoporozla bağlı değişikliklerin klinik teşhisinde kullanılabileceğini belirtmişler. Biz de çalışmamızda, onların sonuçlarını destekler bir şekilde, osteoporoz ve yaşın fraktal boyutu arttırdığını bulduk. Osteoporozu olmayan hastalarımızın fraktal boyutu, osteoporozu olan hastaların fraktal boyutundan daha düşüktü. Ruttimann ve arkadaşları, 30 yaş grubu için ortalama fraktal boyutu 2.56; 63 yaş için 2.82 olarak bulmuşlar. (Ruttimann e ve ark 1992).

Klemetti ve arkadaşları, 77 menopozal kadının mandibularlarının kemik mineral densitelerini, kortekste mental foramenin distalinden bukkal ve lingualde olmak üzere iki ayrı yerden ölçmüşler. Bu sonuçları, femur ve lomber spinanın BMD'leriyle ve mandibulanın trabeküler kısmının BMD'si ile mukayese etmişler. Mandibuler bukkal korteksin kemik mineral içeriği değerleri, trabeküler kısmın kemik mineral densite değeri hariç, diğer tüm değerlerle iyi korelasyon göstermiş. Mandibulanın lingual korteksinin densitesinin, bukkal korteksin densitesinden daha düşük olduğunu bulmuşlar. Bunun sebebini, lingual bölgedeki kas fonksiyonlarının daha zayıf olmasına bağlamışlar. Biz de radiomorfometrik ölçümlerimizi foramen mentale bölgesinden yaptık. Foramen mentale anatomik bir landmark olarak, dişsiz hastalarda ölçüm yapacağımız yerin saptanmasını sağlıyor. Daha kalın olan kemiklerin densitelerinin de yüksek olduğu literatürde belirtiliyor (Kröger ve ark 1992). Biz de mandibuler kortikal kalınlığın inferior korteks morfolojisi ile ($p<0.01$) negatif korelasyon gösterdiğini bulduk. Bu ilişkiden yola çıkarak, korteks kalınlığı azaldıkça densitenin düşeceğini bekleyebiliriz. Osteoporotik hastalarda inferior korteks sınıflamasının ortalama değerinin daha yüksek olduğunu bulmamız da bu sonuçları destekliyor (Klemetti ve ark 1993b).

İmplantlar için yeterli kemik desteğinin varlığını teyit etmek için, çevre kemiği belirli aralıklarla takip etmek gerekir. Genellikle seri radyograflar alarak değişiklikler gözlenmeye çalışılır, ama standardize işlemler uygulanmadığı sürece bu mukayeseler doğru olmaz. Wilding ve arkadaşları, dental implant uygulamalarından sonra alveoler kemikteki yeniden şekillenmeyi takip etmek için bir çalışma yapmışlar. Mandibuler intraosseöz implant uygulanan 18 hastanın panoramik radyograflarını almışlar ve hastaları

12 ayda bir takip etmişler. Bu radyografları dijitize etmişler ve fonksiyondaki dişlerin etrafındaki alveoler kemik- kemik iliği oranının, diş kayıpları olan bölgelerden daha yüksek olduğunu bulmuşlar. Fraktal boyut değerlerini Fraktal Signature yöntemi ile hesaplamışlar ve iki ile üç arasında değerler bulmuşlar. Yaşla fraktal boyut arasında negatif bir ilişki bulmuşlar. Biz çalışmamızda, yaş ve fraktal boyut arasında çok zayıf olmakla birlikte, pozitif korelasyon olduğunu bulduk. Fraktal boyutu hesaplamada kullanılan yöntemler ve veri türleri nedeniyle bazı çalışmalarda osteoporozda fraktal boyutun arttığı, bazı çalışmalarda da osteoporozda fraktal boyutun azaldığı bulunmuş. Yaş arttıkça, bizim çalışmamıza göre, fraktal boyut da artıyor. Onlar, fraktal boyutu panoramik radyografları dijitize ederek hesaplamışlar; biz ise direkt dijital radyograflar kullandık. Kullanılan imaj türlerinin farklılıkları fraktal boyut miktarını da etkiler. Bir araştırmaya göre; maksillanın fraktal boyutunun mandibulanınkinden büyük olduğu, panoramik radyograflardan hesaplanan fraktal boyutun periapikal radyografların fraktal boyutundan daha düşük olduğu bulunmuştur (Bollen AM ve ark 2001). Bir başka çalışmaya göre ise; dijitize edilen imajların fraktal boyutlarının direkt dijital radyograflarinkilerden daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Pornprasertsuk S ve ark 2001a). Bizim fraktal boyut değerlerimizin onlarınkinden düşük olmasının sebebi; onların Fraktal Signature bizim Box Counting yöntemini kullanmamızdan ve bizim direkt dijital radyograflar kullanmamız olabilir.

Southard T ve arkadaşları; 1996 yılında yayınladıkları bir çalışmalarında, kemik rezorpsiyonu sırasında alveoler proste oluşturan radyografik fraktal boyut değişikliklerini araştırmışlar. On kuru insan maksillasından kesitler almışlar ve bunları aşamalı olarak dekalsifiye etmişler. Her dekalsifikasyon işleminden sonra alüminyum stepwedge kullanarak örneklerin radyograflarını almışlar. Açılımadaki farklılıkların etkilerini kontrol etmek için radyograflarını -5, 0, +5 derecelik açı farklılıklarıyla almışlar. Diş kökleri arasındaki mesafe maksillada birbirine çok yakın olduğundan, analizlerinde ilgi alanları yerine çizgiler kullanmışlar. Fraktal boyutu Caliper yöntemiyle hesaplamışlar. İdeal *in vitro* koşullarda, dekalsifikasyon miktarı arttıkça fraktal boyut değerinin düştüğünü bulmuşlar. Biz, çalışmamızda direkt dijital radyograflar kullandık, onlar konvansiyonel radyografları dijitize etmişler. Ruttimann ve arkadaşları gibi biz de osteoporotik grupların fraktal boyut değerlerinin, osteoporozu olmayanlardan daha yüksek olduğunu bulduk. Ruttimann ve arkadaşlarının (1992) tersine, Southard ve arkadaşları, projeksiyon açısındaki farklılıkların fraktal boyut sonuçlarını etkilediğini bulmuşlar. Ruttimann ve arkadaşları mandibuler bölgede çalışmışlar, Southardlar maksillada çalışmışlar. Çalıştıkları

kemiklerin trabeküler yapı özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle farklı sonuçlara ulaşmış olabilirler (Southard T ve ark 1996).

Law ve arkadaşları, fraktal boyut, mikrodensitometre, piksel intensitesi ve panoramik radyograflardan kortikal kalınlığın analizi üzere dört farklı yöntem kullanarak osteoporoz bulguları açısından dental radyografları değerlendirmişler. Fraktal boyutu, premolar ve molar dişler arasında taradıkları bölgelerden Power Spectra yöntemiyle hesaplamışlar. Fraktal boyut sonuçlarının osteoporotik grupta, kontrol grubuna oranla daha yüksek olduğunu bulmuşlar. Kullandıkları yöntemlerden fraktal analizin osteoporotik ve nonosteoporotik grubu ayırtmede yüksek oranda başarılı olduğunu bulmuşlar. Radyograflar iki boyutludur ve bunların fraktal boyutlarının iki ve üç arasına düşmesi gerekir. Onların sonuçları için üstünde çıkmış. Bunu da, fraktal boyut ölçmek için kullandıkları yöntemle ilişkili hatalara bağlamışlar. Bizim fraktal boyut sonuçlarımız bir ve iki arasında değişiyordu. Daha önce de belirttiğimiz gibi, dijitize edilmiş periapikal radyografların fraktal boyutlarının, direkt dijital radyograflarinkinden daha yüksek olduğu bulunmuş (Pornprasertsuk S ve ark 2001b). Bizim sonuçlarımızın düşük olmasının nedeni, direkt dijital radyograflar kullanmış olmamız, kullandığımız segmentasyon yöntemi ve fraktal boyut hesaplama yöntemimiz olabilir. Panoramik analizlerinde Law ve arkadaşları, angulus mandibulanın kortikal kalınlığını ölçmüşler. Osteoporotik grupla osteoporotik olmayanlar arasında kortikal kalınlıkta istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamışlar. Daha önce de bahsettiğimiz gibi, bu bölge, dönme hareketi nedeniyle oluşan magnifikasyondan etkilenir ve hava yollarının gölgesi bu bölgeye superpoze olduğundan daha az görünür. Bu sebeplerle biz, çalışmamızda panoramik radyograflardan mandibuler diş sayısını kayıt ettik, foramen mentale bölgesindeki kortikal kalınlığı, PMI inf.u, A/B oranını ölçtük ve inferior korteks morfolojisi sınıflamasını kullandık. Bunların içinden, diş sayısının ($p<0.05$) ve kortikal morfolojinin ($p<0.01$) istatistiksel olarak osteoporotik ve kontrol grubunda farklı olduğunu bulduk. Law ve arkadaşları, çalışmalarının sonucunda osteoporozun teşhisinde bir yöntemin tek başına yeterli olamayacağı; fraktal boyut, mikrodensitometre ve piksel intensitesinin birlikte kullanımıyla osteoporozlu hastaların %83 oranında doğru teşhis edilebildiklerini bildiriyorlar. Bu oran, QCT,SPA ve DPA kombinasyonlarında %75 olarak belirtiliyor (Law A ve ark 1996).

Düşük kemik kütleli bireyleri erken aşamalarda saptayabilmek için çeşitli çalışmalar yapılıyor. Dental radyografların bu hastaların belirlenmesinde bir rolü olup olmayacağını araştıran pek çok çalışma yapılmıştır. Dental radyografların bu amaç için kullanılabilmesi için, çene kemiklerinin kütesinin iskeletin diğer kısımlarıyla anlamlı bir ilişki göstermesi

gerekir. Horner ve arkadaşları; mandibuler kemik densitesiyle osteoporoz teşhisinde kullanılan iskeletin diğer kısımlarının kemik mineral densitesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bunun için yaş ortalaması 65 olan, 40 dişsiz hastanın lomber vertebralarnın, femur boynunun ve mandibulararnın DEXA ile; proksimal ve distal ön kolun SPA ile kemik densitelerini ölçmüşler. Mandibula gövdesinin kemik mineral densitesinin lomber vertebra ve ön kolla daha kuvvetli, femurla daha zayıf olmak üzere ($p<0.02$) anlamlı ilişkiler gösterdiğini bulmuşlar ve mandibula gövdesinin radyograflarının osteoporoz saptanmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda, fraktal boyut hesaplarımızda ve radiomorfometrik ölçümlerimizde mandibulanın gövde kısmından yararlandık. Bizim hastalarımızın yaş ortalamaları osteoporotik grupta 52.11, kontrol grubumuzda ise 48.38'di. Osteoporoz yaşla doğru ilişki gösterir. Onların hastalarının yaş ortalaması bizim hastalarımızın yaş ortalamasından daha yüksek olduğundan onların hastalarında osteoporozun meydana getirdiği kemik rezorpsiyon miktarı bizim hastalarımızdan daha fazla olabilir. Biz çalışmamızda inferior kortikal morfolojinin osteoporozla $p<0.01$ anlamlılık seviyesinde ters yönde bir ilişki gösterdiğini ve diş sayısının ($p<0.05$) osteoporotik ve kontrol grubu hastalarında farklı olduğunu bulduk (Horner K ve ark 1996).

Lindh ve arkadaşları, kadavra mandibulararnın kemik mineral yoğunluğunu QCT ile ölçmüşler. Daha sonra, mandibularları parçalara ayırarak radyograflarını almışlar ve bu radyografları dijitize etmişler. Trabeküller görünecek şekilde eşik değerlendirme uygulayarak kemik hacmini hesaplamışlar ve bunu yüzde olarak ifade etmişler. Trabeküler kemik hacmi ile kemik mineral yoğunluğu arasında yüksek ilişki olduğunu bulmuşlar. Biz çalışmamızda direkt dijital radyograflar kullandık. Böylece verilerimiz dijitalizasyon faktörlerinden etkilenmemiş oldu. Kontrol grubumuzda fraktal boyutun diş sayısı ile $p<0.01$ anlamlılık seviyesinde ters yönde bir ilişki gösterdiğini bulduk (Lindh C ve ark 1997).

Shrout ve arkadaşları, X-ışını ekspozunda, merkezi ışının açısındaki ve ROI'lerin yerleşim yerlerindeki farklılıklardan fraktal boyutun nasıl etkilendiğini araştırmak için 6 kadavra mandibulasının molar bölgesinden üç farklı ekspoz seviyesinde ve film tutucular kullanarak iki farklı açıyla radyograflar almışlar ve bunları dijitize etmişler. Birinci ve ikinci molarlar arasında dikdörtgen ROI'ler yaratmışlar ve bu bölgelerin fraktal boyutlarını hesaplamışlar. Üç ay sonra aynı bölgelerde yeni ROI'ler oluşturmuşlar ve fraktal boyutlarını hesaplamışlar. Ruttimann ve arkadaşları ekspoz, banyo işlemleri ve dijitalizasyon sırasındaki farklılıkları düzeltmeden fraktal boyutu hesaplamışlar ve fraktal boyutun projeksiyon geometrisindeki açı farklılıklarından etkilenmediğini bulmuşlar (Ruttimann

1992). Southard T. ve Southard K., 1996 yılında yayınladıkları çalışmalarında densite farklılıklarını tümüyle düzelterek fraktal boyutu hesaplamışlar ve fraktal boyutun açılı farklılıklarından etkilendiğini bulmuşlar. Bu çalışmaların her ikisinde de diğer araştırmacıların elde etmesi mümkün olmayan, araştırmacıların kendileri tarafından yazılan programlar kullanılmış. Shroud ve arkadaşları, National Institutes of Health'in araştırmacıların kullanımına sunduğu Image Fractal programını kullanarak ve ROI yerleştirimindeki farklılıkları değerlendirerek Caliper yöntemiyle fraktal boyut hesaplamışlar. Dijital dental radyograflardan hesaplanan fraktal boyutun ekspozda, projeksiyon geometrisinde ve ROI yerleştirilmesindeki küçük farklılıklardan etkilenmediğini bulmuşlar. Image Fractal Macintosh bilgisayarlarda çalıştığından, biz çalışmamızda National Institute of Health'in internet aracılığı ile araştırmacılara dağıttığı Image Java Programını kullandık. Bu programda fraktal boyutu otomatik olarak hesaplayan Box Counting yöntemi olduğundan, biz Caliper değil, Box Counting yöntemiyle fraktal boyutu hesaplamış olduk (Shroud M 1997).

Önceki çalışmalarında fraktal boyutun x-ışını ekspozu, demet açısı ve ROI yerleştirilmesindeki farklılıklardan etkilenmediğini bulan Shroud ve arkadaşları; daha sonra, ROI şekil ve boyutlarının, hesaplanan fraktal boyutu ne kadar etkilediğini araştırmışlar. Bu amaç için klinikte rutin olarak alınan bitewing radyografları dijitize etmişler. Mandibuler premolar-molar bölgede üç farklı boyutta ROI oluşturmuşlar. En küçük boydaki ROI, hiç diş dokusu içermiyormuş. Image Fractal programını kullanarak Caliper yöntemiyle fraktal boyutları hesaplamışlar. Büyük ROI'lerin fraktal boyutlarının, en küçük ROI'in fraktal boyutundan anlamlı olarak farklı olduğunu bulmuşlar. Sonuç olarak da, eğer araştırmacı kemiğin fraktal boyutuyla ilgileniyorsa ROI'lerinin içine diş yapılarının dahil edilmemesine dikkat etmesi gerektiğini belirtmişler. Onlar, çalışmalarında konvansiyonel yöntemlerle aldıkları radyografları 50 mikrometre uzaysal rezolüsyonda ve 8-bit kontrast rezolüsyonunda dijitize etmişler. Dijitizasyon sırasında kullanılan piksel boyutunun da fraktal boyutu etkileyebileceğini, ama bunu araştıran hiçbir çalışma olmadığını belirtmişler. Biz, çalışmamızda direkt dijital radyograflar kullandığımızdan, dijitizasyon faktörlerinin etkilerini dışlamış olduk (Shroud MK ve ark 1997b). Biz de fraktal boyutu hesaplarken ROI'lerimizin içine diş kökleri, lamina dura, periodontal ligament boşluğu ve foramen mentale gibi diğer yapıların dahil edilmemesine dikkat ettik. Onlardan farklı olarak biz Box Counting yöntemini kullandık.

Kumasaka ve Kashima (1997), trabeküler kemiğin iskeletsel yapı özelliklerini açığa çıkarmak için matematiksel teoriyi kullanan bir filtre geliştirerek trabeküler kemiğin iskelet

görünümünü oluşturmuşlar. Özellikle panoramik radyografların anteriorunda olduğu gibi, görüntü kalitesi iyi olmadığından, trabeküler yapının iyi gözlenemediği radyograflarda trabeküler yapının gözlenebilirliğinin arttığını belirtmişler. Çalışmalarında kullandıkları görüntü işleme programlarını kendileri yazmışlar. Görüntü analiz programlarının yapısal üyeleri birbirleriyle aynı değildir ve aynı komutlar aynı sayıda kullanılsa bile sonuçta oluşan görüntü birbirinin aynısı olmaz. Biz, çalışmamızda bu nedenle internet aracılığı ile tüm araştırmacıların ulaşabileceği Image Java (1.28) programını ve onun içindeki Box Counting yöntemini kullandık (Kumasaka S ve Kashima I 1997).

Shrout ve arkadaşları, 1998 yılında yayınladıkları bir çalışmalarında, periodontitis ve gingivitis teşhisi konmuş olan iki grup hastanın standardize etmeden alınan mandibuler radyograflarını tarayarak dijitize etmişler. Daha sonra, ImageFractal'i kullanarak fraktal boyutu Caliper yöntemiyle hesaplamışlar. Çalışmalarının sonucunda; gingivitisli ve periodontitisli hastaların ayırt edilmesinde fraktal boyut analizinin kullanılabileceğini ve bunun nonstandardize radyograflardan hesaplanabileceğini bulmuşlar. Fraktal boyutla ilgili çalışmalardaki esas sorun; bazılarında kemik yoğunluğu azaldıkça fraktal boyutun arttığının, diğerlerinde ise kemik yoğunluğu azaldıkça fraktal boyutun da azaldığının bulunmasıdır. Bu, sebebi saptanamamış bir konudur. Demineralizasyonu yaratmak için, *in-vitro* araştırmalarda genellikle asitle indüklenen dekalsifikasyon kullanılır. Kemiğin asitle dekalsifiye edilmesi osteoporoz için iyi bir model olmayabilir ama kolay ulaşılabilmesi ve zamana karşı yapısal değişikliklerin takip edilebilmesi gibi avantajları vardır. Fraktal boyuttaki bu farklılıkların sebebi kullanılan asitlerdeki ve görüntüleme sistemindeki farklılıklar ile çalışılan bölgenin anatomik yapısı nedeniyle oluşan farklılıklara bağlanmış. İlginç bir şekilde, *in vivo* olarak ve radyograflarda yapılan çalışmalarda, osteoporozda fraktal boyut değerinin arttığı bulunmuştur. Yükselen fraktal boyut; farklı kemiklerde (calcaneus, mandibula ve radius) ve farklı yöntemlerle (Power Spectrum Metodu, Maksimum Likelihood Metodu, Tile Counting Metodu, Box Counting Metodu) bulunmuştur (Geraets WGM ve van der Stelt PF 2000). Bizim çalışmamız da *in vivo* bir çalışmaydı ve fraktal boyutun osteoporozlu hastalarda daha yüksek olduğunu bulduk.

Shrout ve arkadaşları, 44 hastanın maksiller ve mandibuler ikinci premolar ve birinci molar bölgelerinden radyograflar almışlar. Bu radyografları dijitize etmişler. İkinci premolar ve birinci molarlar arasında iki farklı bölgeye ROI yerleştirmişler. Morfolojik operasyon değerleriyle ROI'lerin içindeki gri seviyesi farklılıklarının arasındaki ilişkiyi araştırmışlar. Ayrıca, morfolojik operasyon değerlerinin: (1)x-ışını projeksiyon geometrisinden; (2)görüntü yoğunluğundan; (3)ROI boyutundan; (4)ROI

yerleştirilmesinden nasıl etkilendiğini araştırmışlar. Oluşturdukları ROI'lerin içine hiçbir dış dokusunu dahil etmemeye gayret göstermişler. Morfolojik operasyonlar için NIH Image programını kullanmışlar. Çalışmalarının sonucunda; gri seviyesi değerlerine oranla Morfolojik Operasyon değerlerinin ROI lokalizasyonu, boyutu ve şeklinden daha fazla etkilendiğini bulmuşlar. Image Java programı ile morfolojik operasyonları uygulayarak trabeküler kemiği temsil edecek şekilde radyograflarımızı segmente ettik. ROI'lerimizi oluştururken, trabeküler kemik haricindeki hiçbir dokunun dahil edilmemesine ve foramen mentalenin distalinde olacak şekilde aynı bölgelerde olmasına özen gösterdik. Osteoporozla birlikte fraktal boyutun arttığını bulduk (Shrout ve ark 1999).

Lee ve arkadaşları, asitle indüklenerek oluşturulan osteoporozda iki ayrı ROI şeklinin fraktal boyut üzerindeki etkilerini araştırmışlar. Sığırın fibula kemiğini aşamalı olarak dekalsifiye etmişler ve her dekalsifikasyon aşamasından sonra alüminyum stepwedge kullanarak açığı farklılığı olmayacak şekilde radyograflar almışlar. Bu radyografları dijitize etmişler. ImageFractal programını kullanarak Caliper yöntemiyle fraktal boyutları hesaplamışlar. Dekalsifikasyonla birlikte fraktal boyutta bir düşüş olduğunu, trabeküler kemikteki değişiklikleri izlemek için dikdörtgen şeklindeki ROI'lerden çok, çizgi profillerinin kullanılmasının gerekli olduğu sonucuna ulaşmışlar. Biz, çalışmamızda Box Counting yöntemini kullandık ve onların tersine, fraktal boyutun osteoporozda daha yüksek olduğunu bulduk. Biz direkt dijital imajlar ve dikdörtgen ROI'ler kullandık (Lee KI ve ark 1999).

White ve Rudolph 1999 yılında yayınlanan çalışmalarında, osteoporotik ve normal hastaların maksilla ve mandibulalarının trabeküler kemik morfolojilerinin farklı olup olmadıklarını araştırmak için bu bölgelerin periapikal radyograflarını dijitize etmişler ve NIH-Image programını kullanarak bu radyografları segmente etmişler. Daha sonra bunları trabeküler kemiği temsil edecek şekilde iskelet haline getirmişler ve bu iskelet görüntülerin dal, uç, bileşim yerlerini saymışlar. Osteoporozlu hastaların anterior maksillalarının ve posterior mandibulalarının morfolojik yapılarının anlamlı bir şekilde değiştiğini bulmuşlar. Biz, çalışmamızda yine NIH-Image'in dağıttığı Image Java programını kullandık. Programımız obje olarak siyah alanları kabul ediyor ve onlarınkinden farklı olarak eşik değerlendirme sırasında beyaz alanları siyaha, siyah alanları beyaza dönüştürüyor. Bu nedenle biz invert komutunu kullanmadık. Ayrıca onlar trabeküler yapının iskelet haline getirdikleri görüntülerini çalışmalarında kullanmışlar. Biz segmentasyondan sonra "outline"komutunu kullanarak trabeküler kemik adacıklarının dış hatlarını temsil eden bölgeler oluşturduk ve bu bölgelerin Box Counting yöntemiyle fraktal boyutunu

hesapladık. Bazı çalışmalarda genel vücut kemik mineral densitesiyle uyumlu olduğu bulunan mandibuler bölgenin direkt dijital radyograflarını kullandık. Bu bölgeyi seçmemizdeki bir diğer önemli neden de, projeksiyon hatalarından nispeten az etkilenen bir bölge olmasıydı. White ve Rudolph, segmentasyon sırasında kullandıkları Gaussian filtreyi kendileri oluşturmuşlar. Biz, Image Java programının içinde bulunan Gaussian filtreyi kullandık (White SC ve Rudolph DJ 1999).

Southard ve arkadaşları, osteoporotik tavşan modellerinde mandibuler kemik yoğunluğunu, radyografik örüntü değişiklikleri ile mandibula ve spinal kemik mineral yoğunluğu arasındaki ilişkiyi incelemişler. Tavşanlara kortizon asetat vererek osteoporoz oluşturmuşlar. Daha sonra mandibula ve spinalarının direk dijital radyograflarını almışlar. Lumbar spinanın lateral ve anteroposterior kemik mineral densitelerini ölçmüşler. Ortalama mandibuler interdental kemik yoğunluğu, fraktal boyut ve gradient değerlerini hesaplamışlar. Korelasyon analizleri sonucunda mandibuler interdental kemik yoğunluğuyla spinal densite arasında orta seviyeli bir ilişki bulmuşlar ama mandibuler fraktal boyut ile spinal densite ve mandibuler densite arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulamamışlar. Daha önceki çalışmalarını destekler bir şekilde, fraktal boyutun osteoporozda azaldığını bulmuşlar. Southard ve arkadaşları, çalışmalarında fraktal boyutu Caliper yöntemi ile hesaplamışlar, biz Box Counting yöntemiyle hesapladık. Ayrıca onlardan farklı olarak biz, osteoporozla birlikte fraktal boyut değerinin yükseldiğini bulduk. Bunun sebebi de çalışılan anatomik bölgelerin farklı olması ve seçtiğimiz fraktal boyut hesaplama yöntemlerinin farklı olması ve bizim direkt dijital görüntüler kullanmamız olabilir (Southard TE ve arkadaşları 2000b).

Southard ve arkadaşları, maksiller ve mandibuler alveoler proses densitelerinin sağlıklı kadınların spina, kalça ve radius kemik densiteleriyle ilişkisini ve alveoler kemik densitesinin yaşla birlikte bir düşüş gösterip göstermediğini araştırmak için 20-78 yaşlar arasındaki 41 dişli kadının maksiller ve mandibuler periapikal radyograflarını alüminyum stepwedge ve film tutucular kullanarak almışlar. Bu radyografları dijitize etmişler. Alüminyum stepwedge'e göre radyografların densitesini düzeltmişler. Aynı hastaların lumbar spina ve radiuslarının kemik mineral densitelerini DEXA tekniği ile ölçmüşler. Korelasyon analizleri sonucunda maksiller alveoler proses kemik densitesiyle mandibuler alveoler kemik, anteroposterior lumbar spina, lateral lumbar spina, kalça, radius kemik mineral densiteleri arasında anlamlı ilişkiler bulmuşlar. Maksiller alveoler kemik densitesinin yaşla birlikte düştüğünü bulmuşlar. Biz, çalışmamızda, bilgisayar analizlerimiz için direkt dijital radyografları ve radiomorfometrik ölçümlerimiz için de panoramik

radlyografları kullandık ve kortikal morfolojinin osteoporozu olan ve olmayan hastalarda farklı olduğunu bulduk (Southard KA ve ark 2000a).

Shrout ve arkadaşları, periodontitisi olmayan veya çok hafif periodontitisi olan 45 postmenopozal kadında, dijitize edilmiş bitewing radyograflardan elde edilen morfolojik ölçümlerin lumbar ve femoral kemik mineral yoğunluğu ile korelasyon gösterip göstermediğini araştırmışlar. Bitewing radyografları 12 bit kontrastta dijitize etmişler ve NIH-Image (1.6) programıyla bunları 8 bite dönüştürmüşler. Radyografları nonstandardize olduğu için, bunlara 0-255 arasında histogram stretching uygulayarak normalizasyon işlemi gerçekleştirmişler. Maksiller ve mandibuler bölgede dişler arasındaki alveoler kemikte ROI'ler oluşturmuşlar. Daha sonra görüntülerini iskelet haline getirmişler. Bu iskelet görüntülerin densitelerini ölçmüşler. Daha karmaşık olan trabeküler yapının densitesinin de daha yüksek olacağını düşünmüşler. Kemik mineral densiteleri ve morfolojik operasyon sonuçları arasında korelasyonun çok düşük olduğunu bulmuşlar. Görüntüdeki gürültüyü elimine etmek için John Russ'a göre (1995) binari hale getirilerek segmente edilen görüntüleri bir kere erozyon, bir kere de dilatasyon uygulanması gerekir. Shrout ve arkadaşları bu işlemi uygulamamışlar. Bu nedenle iskelet görüntülerin densiteleri gürültülü görüntülerin densiteleridir. Daha önce de belirttiğimiz gibi; morfolojik işlemlerde ROI'lerin yerleşim yeri, boyutu ve şekli; sonuçları fraktal boyut hesaplamalarından çok daha fazla etkilemektedir. Biz de çalışmamızda standardize edilmemiş radyograflar kullandık, ama projeksiyon hatalarının nispeten az olduğu mandibuler posterior bölgenin direkt dijital radyograflarını çalışmamıza dahil ettik. Direkt dijital radyograflar kullandığımız için dijitalizasyon ve banyo işlemlerinden verilerimiz etkilenmemiş oldu. Ayrıca, direkt dijital radyograflarımızın alınması sırasında hastaların tümünde mandibuler posterior bölge için gereken en az doz kullanıldı ve yine sabit bir yumuşak doku kalınlığı yaratabilmek için hastaların mandibuler posterior bölgelerine sensörü yerleştirdikten sonra yanaklarının gevşek bir şekilde sensörü örtüyor olmasına dikkat edildi. Fraktal boyut ölçümlerimiz ($p<0.01$), kontrol grubunda diş sayısı ile ters yönde bir ilişki gösteriyordu (Shrout MK ve ark 2000b).

Pornprasertsuk ve arkadaşları, fraktal boyut hesaplamalarına iki farklı görüntü alıcısının etkilerini araştırmışlar. 24 farenin femur, tibia ve humeruslarının radyograflarını ve aynı bölgelerin direkt dijital radyograflarını almışlar. Bu radyograflarda ROI'ler oluşturmuşlar ve bunları 8 bittenden 32 bite dönüştürmüşler ve bunlara iki boyutlu Fourier Transform uygulamışlar. Power Spectrum yöntemiyle bu verilerin fraktal boyutunu hesaplamışlar. Çalışmalarının sonucunda, direkt dijital radyografların fraktal boyutlarının

dijitize edilmiş konvansiyonel radyograflarınkinden daha düşük olduğunu bulmuşlar. Konvansiyonel radyografların dijitize edilmesi ile gürültü artıyor olabilir ve bu nedenle fraktal boyut daha yüksek bulunmuş olabilir. Biz, çalışmamızda, direkt dijital radyografları kullandığımızdan verilerimiz dijitalizasyon faktörlerinden etkilenmemiş oldu (Pornprasertsuk S ve ark 2001a).

Dentisyonu çevreleyen trabeküler kemiğin karmaşık yapısını tanımlamak için periapikal radyograflardan fraktal boyut hesaplamaları kullanılmış. Bollen AM ve arkadaşları; aynı hastadan aynı gün alınan periapikal ve panoramik radyograflarının fraktal boyutları arasındaki ilişki ile fraktal boyutun kortikal kalınlık ve morfoloji ile ilişkisini ve fraktal boyutun osteoporozla ilişkisinin korelasyonunu araştırmak için bir çalışma yapmışlar. Screen nedeni ile panoramik radyograflarda rezolüsyon daha düşüktür ve böylece bu iki görüntüleme sisteminin verileri birbirlerinden farklıdır. Aynı bölgeye ait olan farklı veri tiplerinin fraktal boyuta etkilerini araştırmışlar. Periapikal radyografları paralel teknikle almışlar ve bunları flatbed tarayıcı kullanarak dijitize etmişler. NIH Image içinde bulunan fraktal dilatation yöntemini kullanarak fraktal boyutları hesaplamışlar. Panoramik radyograflarda mental foramenin distalinden inferior korteks morfolojisini Klemetti ve arkadaşlarının sınıflamasına uygun olarak sınıflamışlar (Klemetti E ve ark 1994). Mandibuler kortikal kalınlığı foramen mentale bölgesinden ölçmüşler. Bulgularını şu şekilde sıralayabiliriz: 1) Fraktal boyutlar arasında en yüksek korelasyonu aynı çenenin ölçümleri arasında bulmuşlar. 2) Mandibulanın fraktal boyut ölçümlerinin maksillaninkilerden daha düşük olduğunu, 3) aynı çene korelasyonlarının aynı taraf korelasyonlarından daha yüksek olduğunu, 4) panoramik radyograflardan ölçülen fraktal boyutun periapikal radyograflardan ölçülenlerden daha düşük olduğunu, 5) kortikal kalınlık ve fraktal boyut arasında negatif korelasyon olduğunu, 6) mandibuler kortikal porözitesi ve rezorpsiyonu daha yüksek olan hastaların fraktal boyutlarının da daha yüksek olduğunu, 7) osteoporozlu hastaların fraktal boyutlarının ve ortalama panoramik fraktal boyutlarının daha yüksek olduğunu, 8) periapikal radyograflardan ölçtükleri fraktal boyutun osteoporozu olan ve olmayan hastalar arasında farklılık göstermediğini bulmuşlar. Bizim çalışmamızın sonuçları, Bollen ve arkadaşlarının çalışmalarının sonuçları ile büyük bir uyum göstermektedir. Direkt dijital radyografların fraktal boyutu ile osteoporoz arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını ve osteoporozlu hastaların fraktal boyutlarının istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, kontrol grubundan daha yüksek olduğunu bulduk (Bollen AM ve ark 2001).

İskelete gelen yükün ortadan kaldırılmasıyla kemik kaybı meydana gelir. Pornprasertsuk ve arkadaşları, bunu araştırmak için bir grup farede femur ve tibiaya gelen yükü ortadan kaldırmışlar ve bu bölgelerin periapikal radyograflarını almışlar ve dijitize etmişler. Oluşturdukları ROI'lerin fraktal boyutlarını Power Spectrum yöntemini kullanarak hesaplamışlar. Femur ve tibialarına gelen yükün ortadan kaldırıldığı hastalarda fraktal boyut değerlerinin daha yüksek olduğunu bulmuşlar. Pornprasertsuk ve arkadaşlarının sonuçları bizim çalışmamızın sonuçlarıyla uyumludur çünkü biz de osteoporozlu hastaların fraktal boyutlarının kontrol bireylerinkinden daha yüksek olduğunu bulduk. Onlar, kemik kaybıyla fraktal boyut arasında bize göre daha yüksek bir ilişki olduğunu bulmuşlar. Yüklemenin ortadan kaldırılmasıyla kemik yoğunluğu azalan kemiklerin fraktal boyutlarını ölçmüşler. Biz ise, genel vücut kemik mineral densitesi düşük olan hastaların mandibuler kemiklerinin fraktal boyutunu hesapladık. Kemik yoğunluğu ölçümleri ve fraktal boyut ölçümleri aynı kemikten yapıldığında osteoporoz ve fraktal boyut arasındaki korelasyon yüksek olabilir. Ancak biz genel vücut kemik mineral densitesi ile mandibuler fraktal boyutu hesapladık ve aralarında kuvvetli bir ilişki olmadığını, fraktal boyutun sadece kontrol gurubu hastalarında diş sayısı ile ($p < 0.01$) ters yönde bir ilişki gösterdiğini bulduk (Pornprasertsuk S ve ark 2001b).

Southard TE ve arkadaşları sağlıklı kadınlarda maksiller ve mandibuler alveoler prosesin radyografik fraktal boyutunun alveoler proses, spina, kalça ve radius kemik yoğunluğuyla ilişkili olup olmadığını araştırmak için 20-78 yaşlar arasındaki 37 kadının alüminyum stepwedge ile birlikte periapikal radyograflarını almışlar. Aynı hastaların DEXA ile spina, kalça ve radius kemik mineral densitelerini ölçmüşler. Radyografları dijitize etmişler ve yoğunluk farklılıklarını düzeltmişler. Alveoler prosesdeki kemiğin mikrobial dental plak etkilenmesini önlemek için ROI'lerini krestal kemiğin ve kemik içi defektlerin en az 2.5 mm uzağından başlatmışlar. Biz de ROI'lerimizi oluştururken interdental boşlukların izin verdiği ölçüde apikal bölgede olmalarına özen gösterdik. Fraktal boyutu Caliper yöntemiyle hesaplamışlar. Çalışmalarının sonucunda alveoler kemik mineral yoğunluğuyla alveoler proses fraktal boyutu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu bulmuşlar. Ancak maksiller ve mandibuler alveoler proses yoğunlukları ve fraktal boyutları ile hiçbir postkranial bölgenin kemik yoğunluğu arasında anlamlı ilişki bulamamışlar. Daha önceki çalışmalarında sağlıklı kadınlarda maksiller alveoler kemik densitesinin lumbar spina, kalça ve radius kemik mineral densiteleri ile anlamlı ilişkiler gösterdiğini buldukları için bu çalışmalarının sonuçları onlar için de şaşırtıcı olmuş. Bu çalışmalarının sonucunun, yine daha önce kendilerinin gerçekleştirdiği

ve maksillada erken kalsiyum kayıplarının tesbitinde en çok işe yarayan radyografik özelliğin ortalama alveoler proses yoğunluğu olduğunu buldukları çalışmalarının sonucuyla uyumlu olduğunu belirtiyorlar (Southard TE ve Southard KA 1996). Biz, çalışmamızda fraktal boyutu Box Counting yöntemi ile hesapladık. Onlarınkinden farklı olarak, osteoporozla birlikte fraktal boyutun yükseldiğini bulduk. Ancak, onların çalışmasını destekler bir şekilde, postkranial kemik yoğunluğu ile mandibuler alveoler prosesin fraktal boyutu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulamadık (Southard TE ve ark 2001).

Jonasson ve arkadaşları, iskelet kemik mineral yoğunluklarının değerlendirilmesinde alveoler trabeküler yapı, fotodensitometri ile ölçülen mandibuler alveoler kemik kütlesi ve interdental alveoler kalınlığın yararlılığını araştırmışlar. Ön kolun kemik mineral yoğunluğunu DEXA ile ölçmüşler. Mandibuler alveoler kemik kütlesi ve trabekülasyonun pürüzlülüğünü değerlendirmek için standardize paralel teknikle ve alüminyum stepwedge kullanarak birinci ve ikinci premolar bölgeden intraoral radyograflar almışlar. Densitometre ile radyografların yoğunluğunu ölçmüşler, fakat ölçümleri sırasında yumuşak doku kalınlığını hesaba katmamışlar. Trabekülasyon miktarını değerlendirmek için farklı derecelerde trabeküler yapı gösteren mandibuler premolar-molar alana ait üç radyografi indeksi referansı olarak kullanmışlar ve trabeküler yapıyı: 1) az trabeküllü, 2) yoğun ve az trabekülasyonun birarada olması ve 3) yoğun trabekülasyon olarak üç sınıfa ayırmışlar. Mandibuler alveoler prosesin kalınlığını, hastaların mandibulalarından elde ettikleri modeller üzerinden bir kumpas yardımıyla birinci premolar hizasından ölçerek elde etmişler. İskelet kemik mineral yoğunluğu ile mandibuler alveoler kemik kütlesi ve trabeküler yapının pürüzlülüğü açısından anlamlı korelasyonlar bulmuşlar. Çalışmalarının sonucunda, iskelet kemik mineral yoğunluğunu değerlendirmede intraoral radyograflarda gözlenen trabeküler yapının densitometrik analizlerden daha iyi bir gösterge olduğunu belirtmişler. Yoğun trabekülasyonun, yüksek vücut kemik mineral yoğunluğunun; yaygın trabekülasyonun ise düşük kemik mineral yoğunluğunun kuvvetli bir göstergesi olabileceğini belirtmişler. Daha önce de belirttiğimiz gibi; çiğneme fonksiyonunu yerine getiren maksilla ve mandibulanın, genel iskelet kemiklerinden farklı olarak, yük taşıma özellikleri yoktur. İçlerinde barındırdıkları dişlerin periodontal durumları ve kaybından bu kemikler etkilenirler. Maksilla ve mandibulanın kemik miktarları sadece genel vücut yoğunluğundan değil, içlerinde barındırdıkları dişlerin durumundan ve sayısından da etkilenir. Yapılan çeşitli çalışmalarda, çiğneme fonksiyonlarının ve dişlerin sayılarının çene kemiklerinin yoğunlukları üzerinde etkileri olduğu bulunmuş. Özet olarak, maksiller

ve mandibuler kemik mineral yoğunluğu hastanın sistemik durumundan olduğu kadar, dişler ve çiğneme fonksiyonlarından ve hastanın periodontal sağlığından da etkilenir. Biz çalışmamızda, panoramik radyograflardan mandibuler kortikal kalınlık, A/B oranı, PMI inf. ölçümleri ve inferiorkorteks morfolojisi sınıflaması yaptık ve hastaların mandibuler diş sayılarını kayıt ettik. Bunların içinden; diş sayısının osteoporozla $p<0.05$ anlamlılık seviyesinde, kortikal morfoloji sınıflamasının $p<0.01$ anlamlılık seviyesinde osteoporozla ilişki gösterdiğini; istatistiksel olarak anlamlı olmasa da osteoporozlu hastalarda mandibuler kortikal kalınlığının daha düşük olduğunu ve osteoporozlu hastalarda fraktal boyutun kontrol grubu hastalarına oranla daha yüksek olduğunu bulduk (Jonasson G ve ark 2001).

Sonuç:

Panoramik ve direkt dijital radyograflardan yaptığımız çeşitli ölçümlerin osteoporozla korelasyon göstermesini bekliyorduk. Çalışmamızın sonunda, panoramik radyograflardan ölçtüğümüz mandibuler inferior kortikal morfolojinin ($p<0.01$) ve diş sayısının ($p<0.05$) osteoporozu olan ve kontrol grubu hastalarda anlamlı olarak farklı olduğunu bulduk. Fraktal boyut, kontrol grubu hastalarımızda diş sayısı ile ($p<0.01$) ters yönde bir ilişki gösteriyordu ve osteoporozla istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte yine ters yönde bir ilişki gösteriyordu. Osteoporotik hastalarda daha yüksek, kontrol grubunda daha düşük değerler alıyordu.

Kemiğin kuvveti sadece kemik mineral yoğunluğuna bağımlı değildir. Trabeküllerin düzeni de kemiğin kuvvetinde rol oynar. Kemik densitometri ölçüm yöntemleri ülkemiz koşullarında yaygın olarak bilinen ve kolay ulaşılan yöntemler değildir ve pahalı görüntüleme teknikleridir. Dişhekimleri dental radyografları değerlendirerek osteoporoz riski taşıyan hastaları belirleyebilirlerse, bu hastaların kemik yoğunluk ölçüm merkezlerine yönlendirilmeleri mümkün olur.

Dental radyograflardan trabeküler kemik kalitesiyle ilgili bilgiler edinebilmemiz sadece osteoporoz riskini saptama açısından değil, aynı zamanda alveoler kemik sağlığını değerlendirme açısından da önemlidir. Özellikle tıpta yeni kullanım imkanı bulan dijital görüntü analiz yöntemlerinden biri olan fraktal boyut analizi kullanılarak ve farklı yaş ortalamaları olan daha büyük hasta gruplarında longitudinal çalışmalar yapılarak, farklı yaş grupları için indeksler oluşturulabilir. Bu indekslerden sapmalar gösteren değerlerle karşılaşıldığında hastaların osteoporoz merkezlerine sevk edilmeleri mümkün olabilir; ayrıca uygulanan restorasyonların alveoler kemiğe etkileri, ve alveoler kemiğin kalitesinin

uygulanan restorasyonlar ve tedavilere etkisini araştırmak mümkün olabilir. Hastanın kemik kalitesi ile uyumlu tedavi yöntemleri seçilerek, geri dönüşümsüz olan alveoler kemik kayıpları önlenebilir ve alveoler kemik kayıpları nedeni ile kısa sürede yenilenmesi gereken restorasyonların önüne geçilebilir. Periodontal tedavilerin kemiğe olan etkileri takip edilerek uygulanan tedavinin başarısı ve etkinliği değerlendirilebilir. Ortodontik tedavilerin alveoler kemikteki etkileri değerlendirilebilir. Hekimler, uyguladıkları tedavilerin sonuçlarını, genellikle aldıkları radyograflar arası farklılıkları subjektif olarak değerlendirerek takip ediyorlar. Dijital görüntü analiz yöntemlerinin kullanılmasıyla bu değerlendirmeler sayısal değerlere dnseceğinden, objektif hale gelmiş olacaktır.



6.ÖZET

S.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ / KONYA 2002

Fusun YAŞAR

Osteoporotik Kemik Trabekül Bulgularının Radyografik, Dijital Analiz ve Kemik Mineral Densite Yöntemleriyle Karşılaştırılması

Bu çalışmanın amacı; osteoporozun çene kemiklerinin trabeküler yapısında meydana getirdiği değişikliklerin, panoramik radyograflara uygulanan radiomorfometrik ölçümler ve direk dijital radyograflara uygulanan dijital analiz yöntemleri aracılığı ile radyografik olarak tesbit edilip edilemeyeceğini saptamak ve bunların sonuçlarını kemik mineral densitesi ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırmaktır.

Çalışmamıza katılan hastalarımızdan birer panoramik radyograf ve sağ ve sol mandibuler posterior bölgelerine ait olan birer direkt dijital radyograf alındı. Panoramik radyograflar üzerinde mandibuler kortikal genişlik, panoramik mandibuler indeks inferior, A/B oranı ölçüldü ve inferior korteks morfolojisi değerlendirildi. Hastaların yaşları ve mandibuler diş sayıları kaydedildi.

Image Java (1.28) programı kullanılarak premolar-molar bölgeye ait olan direk dijital radyograflar 16-bitten 8-bite dönüştürüldü. Foramen mentale hizasından, dişler arası mesafenin izin verdiği ölçüde büyük ve mümkün olduğu kadar apikalde olacak şekilde dikdörtgen ilgi alanları oluşturuldu. Görüntülerimiz trabeküler kemiği temsil edecek şekilde segmente edildi. Binari görüntümüzdeki siyah alanlar, trabeküler kemiğe karşılık gelen alanlardır. Daha sonra programın 'out line' komutu kullanılarak bu siyah alanların etrafını tek piksel çevreleyecek şekilde dış hatları elde edildi. Box Counting yöntemiyle bu dış hatların fraktal boyutları hesaplandı.

Çalışmamızın sonucunda; osteoporozla en yüksek ilişkiyi radiomorfometrik ölçümlerden kortikal morfolojinin gösterdiğini ($p<0.01$), osteoporotik hastalarda diş sayısının daha az olduğunu ($p<0.05$), fraktal boyutun osteoporotik hastalarda kontrol grubuna oranla daha yüksek olduğu bulundu.

7.SUMMARY

Evaluation of Osteoporotic Bone Trabecules with Radiographs, Digital Analysis and Bone Mineral Density Changes

The aim of this study was to determine whether osteoporotic changes in jaw bones can be detected with the use of radiomorphometric measurements performed on panoramic radiographs and digital analysis techniques performed on direct digital radiographs and to compare their results with bone mineral density measurements.

One panoramic radiograph and two direct digital radiographs from right and left mandibular posterior regions were obtained from every patient included in our study. Mandibular cortical width, panoramic mandibular index inferior, A/B ratio were measured and inferior cortex morphology was evaluated from panoramic radiographs. The ages of the patients and the number of mandibular teeth that were present were recorded.

By using Image Java (1.28) programme, 16-bit images were converted to 8-bit and regions of interest were created between the first premolar and second premolar teeth. The images were segmented to black and white areas. Again by using Image Java programme the boundary lines of these black regions were obtained with 'out line' command. The fractal dimensions of these boundary lines were calculated with Box Counting Method which was provided with Image Java.

As a result, we found that the inferior cortex morphology showed the highest correlation with osteoporosis ($p < 0.01$); the osteoporotic patients had less teeth than control subjects ($p < 0.05$); fractal dimension was higher in osteoporotic patients than control subjects; and in our control group, the fractal dimension had a negative correlation with the number of teeth ($p < 0.01$).

8.KAYNAKLAR

Astrom J, Backstrom C, Thideval G (1990) *Tooth loss and hip fractures in the elderly.* J Bone Joint Surg;72:324-325

Aufdemorte TB, Boyan BD, Fox WC, Miller D (1993) *Diagnostic tools and biologic markers: animal models in the study of osteoporosis and oral bone loss.* J Bone Miner Res;suppl 2: S529-S534

Avnir D, Farin D (1984) *Molecular fractal surfaces.* Nature 308:261-263

Baxter JC (1981) *Relationship of osteoporosis to excessive residual ridge resorption.* Journal of Prosthetic Dentistry;46:123-125

Benhamou CL, Lespessailles E, Jacquet G, Harba R, Jennane R, Lousot T, Tourliere D, Ohley W (1994) *Fractal organization of trabecular bone images on calcaneus radiographs.* J.Bone Min. Res.;9:1909-1918

Benson BW, Prihoda TJ, Glass BJ (1991) *Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;71:349-356

Bockman RS, Weiner SA (1990) *Steroid induced osteoporosis.* Orthoped Clin North Am; 21:97-107

Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, Hollender LG (2001) *Fractal dimension on dental radiographs.* Dentomaxillofacial Radiology;30:270-275

Borg E, Gröndahl K, Gröndahl HG (1997) *Marginal bone level buccal to mandibular molars in digital radiographs from charge-coupled device and storage phosphor systems: an in vitro study.* J Clin Periodontol; 24:306-312

Bras J, van Ooij CP, Abraham-Inpijn L, Kusen GJ, Wilmink JM (1982) *Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex: A diagnostic tool in metabolic bone loss.* Oral Surg; 53:5:541-545

Braunstein EM, Capek P, Buckwalter K, Bland P, Meyer CR (1988) *Adaptive histogram equalization in digital radiography of destructive skeletal lesions.* Radiology;166:883-885

Buckland-Wright JC, Lynch JA, Rymer J, Fogelman I (1994) *Fractal signature analysis of macroradiographs measures trabecular organization in lumbar vertebrae of postmenopausal women.* Calcif.Tissue Int.;54:106-112

Caligiuri P, Giger ML, Favus MJ, Jia H, Doi K, Dixon LB (1993) *Computerized radiographic analysis of osteoporosis: preliminary evaluation.* Radiology;186:471-474

Chappard D, Chennebault A, Moreau M, Legrand E, Audran M, Basle MF (2001) *Texture analysis of X-ray radiographs is a more reliable descriptor of bone loss than mineral content in a rat model of localized disuse induced by the Clostridium botulinum toxin.* Bone;28(1):72-79

Cross SS (1994) *The application fractal geometric analysis to microscopic images.* Micron;25:1;101-113

Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, Browner W, Cauley J, Ensrud K, Genant HK, Palermo L, Scott J, Vogt TM (1993) *Bone density at various sites for prediction of hip fractures.* The Lancet; 341:9:72-75

Daniell HW (1983) *Postmenopausal tooth loss:contributions to edentulism by osteoporosis and cigarette smoking.* Arch Intern Med;143:1678-82

Devlin H, Horner K (2002) *Mandibular radiomorphometric indices in the diagnosis of reduced skeletal bone mineral density.*Osteoporosis Internatioal;13:373-378

Dooms GC, Fisher MR, Hricak H ve ark (1985) *Bone marrow imaging: magnetic resonance studies related to age and sex.* Radiology 155:429-432

Dove SB, Mc David WD (1992) *A comparison of conventional intra-oral radiography and computer imaging techniques for detection of proximal surface dental caries.* Dentomaxillofac Radiol;1992:21:127-134

Dubisson MP, Dubes RC (1994) *Efficacy of fractal features in segmenting images of natural textures.* Pattern Recognition Letters;15:419-431

Dyer MRY, BallJ (1980) *Alveolar crest recession in the edentulous.* British Dental Journal;149:290-292

Eastell R, Blumsohn A (1997) *The value of biochemical markers of bone turnover in osteoporosis.* J Rheumatol; 24:1215-1217

Elders PJM, Habets LLMH, Netelenbos JC, van der Linden LWJ, van der Stelt PF (1992) *The relation between periodontitis and systemic bone mass in women between 46 years and 55 years of age.* J Clin Periodontol;19:492-496

Faulkner KT, McClung P, Cummings SE (1994) *Automated evaluation of hip axis length of predicting hip fracture.* J.Bone Miner.Res. ;9:1065-1070

Feder J (1988) *Fractals.* Plenum Press, New York and London; page:283

Fujita M, Kodera Y, Ogawa M, Tanimoto K, Sunayashiki T, Wada T, Doi K (1987) *Digital image processing of dentomaxillofacial radiographs.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;64:485-493

Gallagher JC (1990) *The pathogenesis of osteoporosis.* Bone Miner Metab ;9:215-227

Geraets WGM, van der Stelt PF, Elders PJM (1993) *The radiographic trabecular bone pattern during menopause.* Bone;14:859-864

Geraets WGM ve van der Stelt PF (2000) *Fractal properties of bone.* Dentomaxillofacial Radiology;29:144-153

Gibson L.J. (1985) *The mechanical behaviour of cancellous bone.* J.Biomechanics, Vol 18,No.5pp.317-328

Goldman M, Pearson AH, Darzenta N (1974) *Reliability of radiographic interpretations.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;1974:38:287-293

Gotfredsen E, Wenzel A, Gröndahl HG (1996) *Observers' use of image enhancement in assessing caries in radiographs taken by four intra-oral digital systems.* Dentomaxillofac Radiol;25:34-38

Groen JJ, Menzel J, Shapiro S (1968) *Chronic destructive periodontal disease in patients with pre-senile osteoporosis.* J Periodontol;39:19-23

Haidekker MA, Andresen R, Evertsz CJG, Banzer D, Peitgen HO (1997) *Assesing the degree of osteoporosis in the axial skeleton using the dependence of the fractal dimension on the grey level threshold.* The British Journal of Radiology;70:586-593

Hara T, Sato T, Oka M, Mori S, Shirai H (2001) *Effects of ovariectomy and/or dietary calcium deficiency on bone dynamics in the rat hard palate, mandible and proximal tibia.* Arch Oral Biol; 46:443-451

Hasking D, Chilvers CED, Christansen C ve ark (1998) *Prevention of bone loss with alendronate in postmenopausal women under 60 years of age.* N Engl J Med; 338:485-492

Hayakawa Y, Farman AG, Scarfe WC (1996) *Technical Report: Processing to achive high-contrast images with computed dental radiography.* Dentomaxillofac Radiol;25:211-215

Hildebolt CF, Rupich RC, Vannier MW, Zerbolio DJ, Shrout MK, Cohen S, Pinkas A (1992a) *Interrelationships between bone mineral content measures.* J.Clin.Periodontol;20:739-745

Hildebolt CF, Zerbolio DJ, Shrout MK, Ritzi S, Gravier MJ (1992b) *Radiometric classification of alveolar bone health.* J Dent Res;71(9):1594-1597

Hildebolt CF, Pilgram TK, Dotson M, Yokoyama-Crothers N, Muckerman J, Hauser J, Cohen S, Kardaris E, Vannier MW, Hanes P, Shrout MK, Civitelli R (1997) *Attachment loss with postmenopausal age and smoking.* J Periodontal Res;32(7):619-625

Hildebolt CF, Fletcher G, Yokoyama-Crothers N (1997) *A comparison of the response of storage phosphor and film radiography to small variations in X-ray exposure.* Dentomaxillofac Rad;26:147-151

Horner K, Shearer AC, Walker A, Wilson NHF (1990) *Radiovisiography: An initial evaluation.* Br Dent J;168:244-248

Horner K, Devlin H, Alsop CW, Hodgkinson m, Adams JE (1996) *Mandibular bone mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis.* The British Journal of Radiology;69:1019-1025

<http://rsb.info.nih.gov/ij/>

Huang Q, Lorch JR, Dubes RC (1994) *Can the fractal dimension of images be measured?* Pattern recognition; 27:339-349

Iwashita Y (2000) *Basic study of the measurement of bone mineral content of cortical and cancellous bone of the mandible by computed tomography.* Dentomaxillofacial radiology;29:209-215

Jacobson B (1964) *X-ray spectrophotometry in vivo.* AJR Am J Roentgenol 91:202-210

Jeffcoat MK, Chestnut CH (1993) *Systemic osteoporosis and oral bone loss: evidence shows increased risk factors.* J Amer Dent Assoc; 124:49-56

Jiang C, Pitt RE, Bertram JEA, Aneshansley DJ (1999a) *Fractal-based image texture of trabecular bone architecture.* Medical and Biological Engineering and Computing;37:413-418

Jiang C, Giger ML, Chinander MR, Martell JM, Kwak S, Favus MJ (1999b) *Characterization of bone quality using computer-extracted radiographic features.* Med.Phys.;26:6:872-879

Jonasson G, Bankvall G, Kiliaridis S (2001) *Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, and its interdental thickness, and the bone mass of the mandible.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral radiol Endod;92:346-352

Johnstone Jr CC, Melton LJ, Lindsay R, Eddy DM (1989) *Clinical indications for bone mass measurements.* J Bone Miner Res;4:1-28

Kaffe I and Gratt BM (1988) *Variations in the radiographic interpretation of the periapical dental region.* J Endod;14:330-335

Kanis JA, Melton JL, Christiansen C, Johnson CC, Khaltaev N (1994) *The diagnosis of osteoporosis.* J Bone Min Res; 9:1137-1141

Kashima I, Kanno M, Ohoguro T (1988) *Bone trabecular pattern analysis in Down's syndrome using computed panoramic tomography with a laser scan system.* Oral Surgery;65:336-370

Keaveny TM, Hayes WC (1993) *A 20-year perspective on the mechanical properties of trabecular bone.* J.Biomech.Engineer.;15:534-542

Keaveny TM, Wachtel EF, Ford CM, Hayes WC (1994) *Differences between the tensile and compressive strengths of bovine tibial trabecular bone depend on modulus.* J.Biomech. 27;1137-1146

Khosrovi PM, Kahn AJ, Majumdar HK, Genant CA (1995) *Fractal analysis of dental radiographs to assess trabecular bone structure.* [Abstract 1294];74:173

Kleerekoper M, Villanueva AR, Stanciu J, Sudhaker Rao D, Parfitt AM (1985) *The role of three-dimensional trabecular microstructure in the pathogenesis of vertebral compression fractures.* Calcif Tissue Int;37:594-597

Klemetti E, Kolmakov S, Heiskanen P, Vainio P, Lassila V (1993 a) *Panoramic mandibular index and bone densities in postmenopausal women.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;75:774-779

Klemetti E, Vainio P, Lassila V, Alhava E (1993 b) *Trabecular bone mineral density of mandible and alveolar height in postmenopausal women.* Scand J Dent Res;101:166-170

Klemetti E, Vainio P, Lassila V, Alhava E (1993 c) *Cortical bone mineral density in the mandible and osteoporosis status in postmenopausal women.* Scand J Dent Res;101:219-223

Klemetti E, Kolmakov S, Kroger H (1994) *Pantomography in assessment of the osteoporosis risk group.* Scand J Dent Res;102:68-72

Klemetti E, Kolmakow S (1997) *Morphology of the mandibular cortex on panoramic radiographs as an indicator of bone quality.* Dentomaxillofacial Radiology;26:22-25

Koloğlu S (1998) *Osteoporoz.* Ajans Türk Basın ve Basım AŞ.

Kribbs PJ, Smith DE, Chesnut CH (1983) *Oral findings in osteoporosis. Part I: Measurement of mandibular bone density.* J Prosthet Dent;50:576-579

Kribbs PJ, Chesnut CH, Ott SM, Kilcoyne RF (1990) *Relationships between mandibular and skeletal bone in a population of normal women.* J Prosthet Dent;63:86-89

Kuhl ED, Nummikoski PV (2000) *Radiographic absorptiometry method in measurement of localized alveolar bone density changes.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;89:375-381

Kullendorf B, Nilsson M (1996) *Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions: Effects on diagnostic accuracy after application of image processing.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;82:585-589

Kumasaka S, Kashima I (1997) *Initial investigation of mathematical morphology for the digital extraction of the skeletal characteristics of trabecular bone.* Dentomaxillofacial Radiology;26:161-168

Lang P, Steiger P, Faulkner K, Glüer C, Genant HK (1991) *Osteoporosis: Current techniques and recent developmenrs in quantitative bone densitometry.* Radiologic Clinics of North America Vol.29,No.1;49-76

Law A, Bollen AM, Chen SS K (1996) *Detecting osteoporosis using dental radiographs: a comparison of four methods.* JADA;127:1734-1742

Lee KI, Choi SC, Park TW, You DS (1999) *Fractal dimension calculated from two types of region of interest.* Dentomaxillofacial Radiology ;28:284-289

Ledgerton D, Horner K, Devlin H (1999) *Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population.* Dentomaxillofacial Radiology; 28:173-181

Legrand E., Chappard D., Pascaretti C., Duquenne M., Krebs S., Rohmer V., Basle MF, Audran M. (2000) *Trabecular bone microarchitecture, bone mineral*

density, and vertebral fractures in male osteoporosis. Journal of Bone and Mineral Research, Volume 15,Number 1,13-19

Lindh C, Petersson A, Klinge B, Nilsson M (1997) *Trabecular bone volume and bone mineral density in the mandible.* Dentomaxillofacial Radiology;26:101-106

Lundahl T, Ohley WS, Kay SM, Siffert R (1986) *Fractional Brownian-Motion:a maximum likelihood estimator and its application to imaging texture.* IEEE Trans Med Imaging;MI:5:152-161

Lynch JA, Hawkes DJ, Buckland-Wright JC (1991a) *Analysis of texture in macroradiographs of osteoarthritic knees using fractal signature.* Phys.Med.Biol;36:709-722

Lynch JA, Hawkes DJ, Buckland-Wright JC (1991b) A robust and accurate method for calculating fractal signature of texture in macroradiographs of osteoarthritic knees. Med.Inform;16:241-251

Majumdar S, Weinstein RS, Prasad RR (1993) *Application of fractal geometry techniques to the study of trabecular bone.* Med Phys;20:1611-1619

Majumdar S, Genant HK, Grampp S, Newitt DC, Truong VH, Lin JC, Mathur A (1997) *Correlation of trabecular bone structure with age, bone mineral density, and osteoporotic status: In vivo studies in the distal radius using high resolution magnetic resonance imaging.* J Bone Miner Res; 12(1):111-118

Majumdar S, Lin J, Link T, Millard J, Augat P, Ouyang X, Newitt D, Gould R, Kothari M, Genant H (1999) *Fractal analysis of radiographs: assessment of trabecular bone structure and prediction of elastic modulus and strength.* Med Phys;26(7):1330-1340

Majumdar S, Link T, Millard J, Lin JC, Augat P, Newitt D (2000) *In vivo assessment of trabecular bone structure using fractal analysis of distal radius radiographs.* Med.Phys. 27(11) 2594-2599

Mellish RWE, Feguson-Pell MW, Cochran GVB, Lindsay R, Dempster DW (1991) *A new manual method for assessing two-dimensional cancellous bone structure: Comparison between iliac crest and lumbar vertebra.* J Bone Miner Res;6:7:689-696

Mohajery M, Brooks SL (1992) *Oral radiographs in the detection of early signs of osteoporosis.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;73:112-117

Mol A, Dunn SM, van der Stelt PF (1992 a) *Diagnosing periapical bone lesions on radiographs by means of texture analysis.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;73:746-750

Mol A, van der Stelt PF (1992 b) *Application of computer-aided image interpretation to the diagnosis of periapical bone lesions.* Dentomaxillofacial Radiology;21:190-194

Mol A (2000) *Image processing tools for dental applications.* Dental Clinics of North America;299-318

Nordin BEC (1987) *The definition and diagnosis of osteoporosis.* Calcif Tissue Int;40:57-58

Philips HB, Ashley FP (1973) *The relationship between periodontal disease and a metacarpal bone index.* Br Dent J;134:237-239

Pornprasertsuk S, Ludlow JB, Webber RL, Tyndall DA, Yamauchi M (2001 a) *Analysis of fractal dimensions of rat bones from film and digital images.* Dentomaxillofacial Radiology;30:179-183

Pornprasertsuk S, Ludlow JB, Webber RL, Tyndall DA, Sanhueza AI, Yamauchi M (2001 b) *Fractal dimension analysis of weight-bearing bones of rats during skeletal unloading.* Bone;29:2:180-184

Recker RR (1994) *Bone biopsy and histomorphometry in clinical practice.* Rheum Dis Clin North Am; 20:609-627

Rosenquist JB, Baylink DJ, Berger JS (1978) *Alveolar atrophy and decreased skeletal mass of the radius.* International Journal of Oral Surgery;7:479-481

Russ JC (1995) *The Image Processing Handbook, 2nd ed.* Boca Raton, FL:CRC Press;259

Ruttimann UE, Ship JA (1990) *The use of fractal geometry to quantitate bone structure from radiographs.* [Abstract 1431] JDR;69:287

Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB (1992) *Fractal dimension from radiographs of periodontal alveolar bone:a possible diagnostic indicator of osteoporosis.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;74:98-110

Schatz M, Dudl J, Zeiger RS ve ark (1993) *Osteoporosis in corticosteroid treated asthmatic patients:clinical correlates.* Allergy Proc;14:341-345

Shrout MK, Russel CM, Potter BJ, Powell BJ, Hildebolt CF (1996) *Digital enhancement of radiographs: can it improve caries diagnosis?* JADA;127:469-473

Shrout MK, Potter BJ, Hildebolt CF (1997a) *The effect of image variations on fractal dimension calculations.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;84:96-100

Shrout MK, Hildebolt CF, Potter BJ (1997b) *The effect of varying the region of interest on calculations of fractal index.* Dentomaxillofacial Radiology;26:295-298

Shrout MK, Roberson B, Potter BJ, Mailhot JM, Hildebolt CF (1998) *A comparison of two patient populations using fractal analysis.* J Periodontol;69(1):9-

Shrout MK, Farley BA, Patt SM, Potter BJ, Hildebolt CF, Pilgram TK, Yokoyama-Crothers N, Dotson M, Hauser J, Cohen S, Kardaris E, Hanes P (1999) *The effect of region of interest variations on morphologic operations data and gray-level values extracted from digitized dental radiographs.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod; 88:636-639

Shrout MK, Hildebolt CF, Potter BJ, Brunsten TKB, Pilgram TK, Dotson M, Yokoyama-Crothers N, Hauser J, Cohen S, Kardaris E, Civitelli R, Hanes P (2000a) *Comparison of morphological measurements extracted from digitized dental radiographs with lumbar and femoral bone mineral density measurements in postmenopausal women.* J Periodontol;71(3):335-340

Shrout MK, Hildebolt CF, Potter BJ, Comer RW (2000b) *Comparison of 5 protocols based on their abilities to use data extracted from digitized clinical radiographs to discriminate between patients with gingivitis and periodontitis.* J Periodontol ;71:1750-1755

Smith TG, Marks WB, Lange GD, Sheriff WH, Neale EA (1989) *A fractal analysis of cell images.* Journal of Neuroscience Methods; 27:173-180

Smith TG, Lange GD, Marks WB (1996) *Fractal methods and results in cellular morphology- dimensions, lacunarity and multifractals.* Journal of Neuroscience Methods;69:123-136

Solt DB (1991) *The pathogenesis, oral manifestations, and implications for dentistry of metabolic bone disease.* Curr Opin Dent 1:783-791

Southard KA, Southard TE (1992 a) *Quantitative features of digitized radiographic bone profiles.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol;73:751-759

Southard KA, Southard TE (1992 b) *Comparison of digitized radiographic alveolar features between 20- and 70-year old women.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol; 74:111-117

Southard TE, Southard KA (1996) *Detection of simulated osteoporosis in maxilla using radiographic texture analysis.* IEEE Transactions on Biomedical Engineering;43:2:123-132

Southard KA, Southard TE, Schlechte JA, Meis PA (2000a) *The relationship between the density of the alveolar process and that of post-cranial bone.* J Dent Res;79:4:964-969

Southard TE, Southard KA, Krizan KE, Hillis SL, haller JW, Keller J, Vannier MW (2000b) *Mandibular bone density and fractal dimension in rabbits with induced osteoporosis.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;89:244-249

Southard TE, Southard KA, Lee A (2001) *Alveolar process fractal dimension and postcranial bone density.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;91:486-491

Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA (1996) *Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;82:569-576

Stepan JJ, Pospichal J, Presl J, Pacovsky V (1987) *Bone loss and biochemical indices of bone remodeling in surgically induced postmenopausal women.* Bone, 8,279-284

Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Otani K, Wada Takuro (1995 a) *Oral signs as indicators of possible osteoporosis in elderly women.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;80:616-16

Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Otani K, Wada T (1995 b) *Tooth loss and mandibular osteopenia.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;79:127-132

Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Ohama K, Wada T (1996a) *Relationship between the mandibular and lumbar vertebral bone mineral density at different postmenopausal stages.* Dentomaxillofac. Radiol.;25:3:130-135

Taguchi A, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Tanimoto K, Ohtaki M (1996b) *Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of postmenopausal osteoporosis in women. Width and morphology of inferior cortex of the mandible.* Dentomaxillofac. Radiol.;25:5:263-267

Tezal M, Wactawsski-Wende J, Grossi SG, Ho AW, Dunford R, Genco RJ (2000) *The relationship between bone mineral density and periodontitis in postmenopausal women.* J Periodontol;71:1492-1498

Watson L (1973) *Endocrine bone disease.* Practitioner;200:376-383

Ward WJ and Manson JD (1973) *Alveolar bone loss in periodontal disease and the metacarpal index.* Journal of Periodontology;44:763-769

Weinstein RS ve Majumdar S (1994) *Fractal geometry and vertebral compression fractures.* Journal of Bone and Mineral Research;9(11):1797-1802

Welander U, Mc David WD, Sanderink GCH (1994) *Resolution as defined by line spread and modulation transfer functions for four digital intraoral radiographic systems.* Oral Sur Oral Med Oral Pathol;78:109-115

Wenzel A (1988) *Effect of image enhancement for detectability of bone lesions in digitized intraoral radiographs.* Scand J Dent Res;96:149-160

Wenzel A, Larsen MJ, Fejerskov O (1991) *Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs, and digitized radiographs.* Caries Res;25:369-375

Wenzel A, Fejerskov O (1992) *Validity of diagnosis of questionable caries lesions in occlusal surfaces of extracted third molars.* Caries Res;26:188-194

Wenzel A and Hintze H (1993) *Perception of image quality in direct digital radiography after application of various image treatment filters for detectability of dental disease.* Dentomaxillofacial Radiology;22:131-134

Whalen JP, Krook LK (1996) *Periodontal disease as the early manifestation of osteoporosis.* Nutrition;12:53-54

White SC, Rudolph DJ (1999) *Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod;88:628-635

White SC, Cohen JM, Mourshed FA (2000) *Digital analysis of trabecular pattern in jaws of patients with sickle cell anemia.* Dentomaxillofacial Radiology;29:119-124

Wilding RJC, Slabbert JCG, Kathree H, Owen CP, Crombie K, Delpont P (1995) *The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants.* Archs Oral Biol;40:1:61-72

Wood NK, Goaz PW (1997) *Differential Diagnosis of Oral and Maxillofacial Lesions.* Fifth Edition Mosby

Worth HM (1963) *Principles and practice of oral radiographic interpretation.* Chicago. Mosby

www.student.vub.ac.be

van der Stelt PF, van der Linden LWJ, Geraets WGM, Alons CL (1985a) *Digitized image processing and pattern recognition in dental radiographs with emphasis on the interdental bone.* Journal of Clinical Periodontology;12:815-821

van der Stelt PF, van der Linden LWJ, Geraets WGM, Alons CL (1985b) *Digitized pattern recognition in the diagnosis of periodontal bone defects.* Journal of Clinical Periodontology;12:822-827

van der Stelt PF (2000) *Principles of digital imaging*. Dental Clinics of North America;44:2:237-247

Vanderschueren D, Bouillon R (1998) *Osteoporosis in Clinical Practice*. Springer;pg 5-10

Veenland JF, Grashuis JL, van der Meer F, Beckers ALD, Gelsema ES (1996) *Estimation fractal dimension in radiographs*. Medical Physics;23:585-594

Vernejoul MC (1998) *Bone structure and function*. Osteoporosis in Clinical Practice. Springer ; pg1-4

Von Wovern N, Stotze K (1979) *Comparative morphometric analysis of mandibles and 2nd metacarpals*. Scand J Dent Res;87:358-364

Von Wovern (1982) *Microradiographic and histomorphometric indices of mandibles for diagnosis of osteopenia*. Scandinavian Journal of Dental Research;90:47-63

Von Wovern N (1985) *Dual-photon absorpsiometry of mandibles:In vitro test of a new method*. Scan J Dent Res;93:169-177

Von Wovern N (1988) *Bone mineral content of mandibles:normal reference values-rate of age-related bone loss*. Calcified Tissue International;43:193-198

Von Wovern N, Worsaae N (1988) *Bone mineral content of the maxilla estimated by dual photon absorpsiometry after augmentation with bone or hydroxyapatite*. J Dent Res;67:11:1405-1408

Von Wovern N, Storm TL, Olgaard K (1988) *Bone mineral content by photon absorpsiometry of the mandible compared with that of the forearm and lumbar spine*. Calcif Tissue Int;42:157-161

von Wowern N, Hjorting-Hansen E (1991) *The mandibular bone mineral content in relation to vestibulolingual sulcoplasty.* J Prosthet Dent;65:804-808

von Wowern N, Kollerup G (1992) *Symptomatic osteoporosis: a risk factor for residual ridge resorption of the jaws.* J Prosthet Dent;67:656-660

von Wowern N, Klausen B, Kollerup G (1994) *Osteoporosis: a risk factor in periodontal disease.* J Periodontal;65:1134-1138

von Wowern N (2001) *General and oral aspects of osteoporosis: a review.* Clin Oral Invest; 5:71-82



9. ÖZGEÇMİŞ

1961 yılında Gaziantep’te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmir’de tamamladı. 1988 yılında Hacettepe Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesinden mezun oldu. 1998 yılında Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi’nde Oral Diagnoz ve Radyoloji Bilim dalında doktora eğitimine başladı. Aynı yıl Araştırma Görevlisi olarak atandı. Evli ve iki çocuk annesidir.



10.TEŞEKKÜR

Tez çalışmamızın istatistiksel değerlendirmelerini yapan Halk Sağlığı Uzmanı Sayın Dr. Fatih KARA'ya, hastalarımızın kemik densite ölçümlerini gerçekleştiren Selçuk Üniversitesi Kemik Densitometre Ölçüm Merkezinde çalışanlara ve ölçüm sonuçlarını değerlendiren sayın Prof. Dr. Ahmet KAYA'ya teşekkür ederim.

