

PERİODONTAL TEDAVİDE DİJİTAL RADYOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODLARI

Elvan Efeoğlu¹ Ali Rıza Kılıç²

Yayın kuruluna teslim tarihi : 15.12.1995

Yayına kabul tarihi : 6.2.1996

Özet

Periodontal hastalığın ilerlemesi veya tedaviye cevabını göstermek ve alveol kemiğinde meydana gelen değişimleri tayin etmek için radyografiler kullanılmaktadır. Ancak, klasik diş radyografilerinin gözle yapılan değerlendirmelerinde, alveol kemiğinin mineral bileşiminde meydana gelen küçük değişikliklerin ortaya çıkarılması zordur. Ayrıca, mevcut alveol kemiği yıkımı, tedavi sonrası iyileşme ve takip sırasında, alveol kemiğindeki değişimlerin izlenmesi için radyografilerin çok iyi standardize edilmesi gerekmektedir. Son yıllarda, teşhisteki gücünü artırmak amacı ile, radyografilerin bilgisayara kaydedilerek değerlendirilmesi için farklı sistemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde, farklı zamanlarda alınan standart radyografiler bir video kamerası ve dedektör ile bilgisayarda görüntülenerek, alveol kemiğindeki değişimler değerlendirilebilmektedir. Direkt veya endirekt olarak bilgisayar ekranına aktarılan radyografiler, dijital olarak veya *subtraction* tekniği ile değerlendirildiğinde kemik kaybı veya kazancı, yükseklik, alan ve hacim olarak hesaplanabilmektedir. Dijital değerlendirmelerde, alveol kemiğinin mineral bileşiminde çok küçük seviyede meydana gelen değişimlerin ortaya çıkarılmasında, ümit ve heyecan verici ilerlemeler bildirilmesine rağmen, bu teknikler henüz rutin olarak kullanılmamaktadır.

Anahtar sözcükler: Radyografi, standart radyografi, *subtraction*, dijital *subtraction* radyografi.

GİRİŞ

19.yy'ın diş hekimliğini de etkileyen en son tıbbi keşfi, Würzburg'lu fizik profesörü Wilhelm Conrad Röntgen'in (1845-1923) 1895'te keşfettiği X-ışınlarıdır (48). Bu tarihten 14 gün sonra O.Wolkhoff'ın dişlerinin Röntgen tarafından 25 dakika ışın verilerek çekilen filmleri, diş hekimliği tarihine ilk diş filmi olarak geçmiştir (57). X-ışınlarının diş hekimliğinde kullanılır hale gelmesi ise ancak, 1899'dan sonra Kells'in bu konudaki çalışmaları sonucu mümkün olabilmiştir (22). Yıllar-

DIGITAL RADIOGRAPHIC IMAGING METHODS IN PERIODONTAL THERAPY

Abstract

Radiographic examination has been a method for assessing the progression of diseases and the response to therapy, Albeit it is very difficult to detect minimal changes of mineral content of alveolar bone. On the other hand, radiographies must be standardized to assess the extent of present resorption and to evaluate to dimensional changes of alveolar bone after therapy and during maintenance phase. Currently, various systems that were developed for transferring the images from the radiographs to computerized equipments maintain better diagnosis. Principal of the system is to carry the image of standardized radiographs to computer via video cameras. Detector images of the radiographs transferred to the monitor (either direct or indirect) were processed digitally or with subtraction technique. These images were used to assess 2 or 3 dimensional changes in the mineral content of alveolar bone. This technique is not available in routine use.

Key words: Radiography, standardized radiography, subtraction, digital subtraction radiography.

dır ticari olarak x-ışını cihazları üretilmiş ve x-ışınım kullanım alanları hızla artmıştır. Röntgen cihazları, son otuz yıldır, diş hekimliğinde kullanılan en önemli aletler arasında yer almıştır (74).

Standart olmayan açığortay tekniği ile alınmış periapikal klasik radyografilerin kullanılmaya başlandığı tarihten günümüze kadar, alveol kemiğindeki lezyonların tespit edilmesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Klasik radyografiler üzerinde, kemik defektlerinin ortaya çıkarılması için alveol kemiği mineral değişiminde

1 Doç Dr MÜ Diş Hek Fak, Periodontoloji Anabilim Dalı.

2 Dr MÜ Diş Hek Fak, Periodontoloji Anabilim Dalı

%30-60 arasında değişimin olması gerekmektedir (41). Değerlendirmelerin doğru olarak gerçekleştirilmesinde klasik radyograflerin hassasiyetinin yetersiz kalması söz konusudur ve bu yetersizliğe yol açan pek çok sebep vardır. Bunlardan birincisi, film üzerindeki görüntülerin daha net olmasını etkileyen film ve/veya nesnenin x-ışını ile olan ilişkisidir. Film çekimi sırasında açı doğru verilmediği zaman, mevcut diş ve alveol kemiği boyunun radyografide uzaması veya kısılmasına neden olmakta, anatomik yapılar üstüste yansımakta, bu da kemik defektinin değişik görülmesine yada görülmemesine yol açmakta ve doğru değerlendirme yapılmasını engellemektedir. İkincisi ışınlama süresindeki farklılıklar ve kötü film banyosu nedeniyle radyografilerde kontrast ve yoğunluk değişimlerinin oluşması, buna bağlı olarak da gerçekte alveol kemiğinde yıkım olmadığı halde görüntüde yıkım varmış gibi görülmesidir. Üçüncüsü, 3-boyutlu diş ve alveol kemiğinin 2-boyutlu radyografik görüntüsünün alınması nedeniyle, diş kökü ve kortikal kemik gibi yapıların trabeküller kemikteki lezyonlar üzerine çakışmasıdır (15,32,36,40,67,70,80). Bilindiği gibi, alveol kemiği kaybı tamamen veya kısmen dişler üzerine yansıdığına da radyografide gerçekte olduğundan da daha farklı görülebilmektedir (27,28,48,70). Bu nedenle teşhis ve tedavide radyograflerin daha güvenilir bir hale getirilmesi için günümüze kadar değişik radyografi çekimi (2,4,6,7,9,11,12,21,33,34,35,41,47) ve filmleri değerlendirme (14,20,29,38,49,50,56,60,68,69,72,75,78) yöntemleri kullanılmıştır.

Standardize Edilen Radyografler

Klasik diş filmleri üzerinde alveol kemiğindeki küçük değişimlerin görülmesi güç olduğundan, periodontal tedavi öncesi defektlerin ortaya

çıkartılmasında ve tedavi sonrası bu defektlerdeki değişimlerin tespit edilmesinde daha güvenilir değerlendirmeler yapabilmek için standart radyografik teknikler kullanılmaktadır (2,21,33,34,54,58,64,85). Standardizasyon için, ışın kaynağı, nesne ve filmin aynı düzlemde olmasını ve her film çekiminde aynı görüntünün elde edilmesini sağlayan aleder geliştirilmiştir (2,33,49,68,85) ve günümüzde, standart radyografi çekiminde, daha çok 1951'de Updegrave'nin tarif ettiği uzun kon paralel tekniğin modifikasyonu kullanılmaktadır (13,21). Standardizasyon için ısıрма blokları, rehber akrilik stent, film tutucu kombinasyonu veya açılmal hataları azaltmak ve film-ışın kaynağı mesafesini artırmak için sefalostat kullanılmaktadır (2,3,20,54,56,60,85).

Hem deneysel (3,68) hem de klinik (2,21,33,34,37,54) çalışmalar, standart teknik ile çekilen radyografler ile alveol kemiği seviyesindeki değişimlerin doğru olarak tespit edilebildiğini göstermektedir. Standart radyografler alveol kemiğinin dikey yöndeki değişimini doğruya yakın vermelerine rağmen alveol kemiği yoğunluğunun değişimi hakkındaki bilgiyi verememektedir ve özellikle furkasyon bölgelerinde kemik defektlerinin ortaya çıkarılmasında yetersiz kalmaktadır (32,47,50,81). Son 20 yıl içinde pek çok araştırmacı alveol kemiğindeki değişimleri ortaya çıkarmak için radyografik metodlar geliştirmişlerdir. Günümüze kadar geliştirilen metodlarla ilgili problemler, sınırlamalar ve uygulama alanları Tablo 1'de verilmiştir.

DİJİTAL RADYOGRAFİK TEKNİKLER

Radyografik değerlendirmelerin doğru yapılabilmesinde filmlerin standardizasyonu yanında

Tablo 1. Radyografik tekniklerde, görüntü bozuklukları, sınırları ve uygulama alanları (64).

Metod	Problem	Sınırları	Uygulanma alanı
Klasik Standart Olmayan Metodlar	Geometrik distorsiyon	Defekti ortaya çıkarma sınırlılığı Millimetrik ölçüm vermez Daha fazla analize imkan vermez	Çok geniş prospektif çalışmalar İstatistiksel verilerin çıkarıldığı retrospektif çalışmalar
Standardize Edilen Radyografler Stent Sefalostat Videofeedback		Stentin fabrikasyonu Sefolometrik aletin fiyatı Bilgisayar görüntüleme aletlerinin fiyatı Doğru orantı olmadığından veri kaybı Çok iyi kontrast gerekir	Klinik çalışmalar Bütün dişler Posterior dişler Bütün dişler Kısa ve uzun süreli çalışmalar
Mikrodensitometrik okuyucu kontrast düzeltici	Radyografik kontrast		Orta genişlikte prospektif veri kaybı Prospektif ve retrospektif çalışmalar

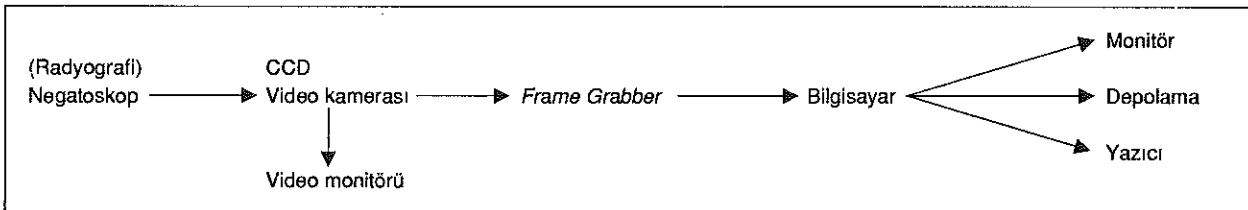
iyi bir gözlem de gerekir. Çünkü teşhisi etkileyen bir diğer önemli faktör de insan gözünün algılama sınırlılığı ve optik yanılgısıdır. Klasik radyografilerin aslında gözle görülebilenlerden daha fazla bilgiyi içerdiği bilinmektedir. Bu nedenle radyografilerin teşhisteki gücünün artırılması için dijital sistemler geliştirilmiştir (1,4,6,9,12,18,35,59,69). Standart tekniklerle alınan radyografilerin dijital olarak değerlendirilmesinde, film üzerindeki detayların bir kısmının dijitalleşme gerçekleştirilirken azalması söz konusu olmasına rağmen, dijital tekniğin en büyük avantajı görüntü üzerindeki bilgilerin bilgisayar tarafından okunmasının ve analizinin kolay olmasıdır. Gözle yapılan değerlendirmeler ile karşılaştırıldığında, dijital sistemle görüntüler arasında çok küçük farklılıkların daha doğru değerlendirilebildiği görülmekte ve dolayısıyla daha fazla bilgi elde edilebilmektedir (30,39,56).

Subtraction radyografi tekniği ilk defa 1935 yılında tanımlanmış, intravenöz kontrast bir maddenin damar içine enjekte edilmesi ile dijital *subtraction* gerçekleştirilmiş ve daha çok periferik dolaşım ve kalp hastalıklarının teşhisinde kullanılmaya başlanmıştır. Diş radyografilerinin bilgisayarda dijital olarak görüntülenmesi ise ilk defa 1969 yılında gerçekleştirilmiştir (8). *Subtraction* teknik superpozisyon ve farklı zaman aralıklarında alınan iki radyografide mevcut olan farklılıkların görülmesi amacı ile benzer yapıların *subtraction*'u üzerine kuruludur. Dijital teknikler, özellikle marjinal alveol kemiğindeki değişimlerin ortaya çıkarılmasında kullanılmıştır (7,39,41,42,72) ve periodontal hastalıkların teşhisinde gelecekte önemli bir yere sahip olacağı düşünülmektedir (5,16,19,40,55,83).

Ekranda görüntü oluşturmanın ilk adımı depolanacak radyografik görüntünün bilgisayara kaydedilmesidir. Dijital görüntü elde etmek için, özel bir çekim seti ve özel bir bilgisayar programı gereklidir. Bu konuda iki farklı metod vardır. Birinci metodda, radyografik görüntünün bilgisayar ekranına aktarılmasında bir video kamerası

(Charged-Coupled Device=CCD) kullanılır ve bu yöntem indirekt dijital yöntem adını alır. CCD kameradan gelen sinyaller bir *frame-grabber* veya *buffer* olarak da adlandırılan bir dijital kodlayıcı (*digitiser*) ile önce negatif olarak kaydedilir ve daha sonra ekranda pozitif görüntü oluşturulur. Bu kodlayıcılar, belirli kareler ve piksel'lerde (görüntü ögesi), orjinal radyografiyi bilgisayarda görüntüler. Dijitalleşme sırasında, bir görüntüde yer alan bilgi, matris olarak adlandırılan x (*row*) ve y (*column*) koordinatlarında çok küçük karelere ayrıştırılır. Bu matristeki her bir nokta ya da kare, görüntüdeki en küçük değerlendirmeye ünitesi olan bir piksel adını alır. Her bir piksel'in kabul edilen dijital değeri *shade of grey*'in yerini alır ve dijital sistemde *grey-shade*'lerin sayısı elde edilebilir, ayrıca görüntü kontrastı da ayarlanabilir. Her piksel'in, *gray levels*ine çevrilmesi ise özel bir sistemi gerektirir. Burada sıklıkla kullanılan sistem 512x480 piksel ve 256 *gray-level*dir (*gray-shade*) ve kullanılacak *gray-level* kameranın optik özelliğine bağlıdır (65,77,80). Araştırmalarda genellikle 0-255 *gray-level*; 604x1x576 (6), 512x480 piksel (13-47), 0-256 *gray-level*; 512x480 piksel (18), 512x512 piksel (1,30,42), 1-100 *gray-level*; 1024x1520x8 *bit* (35,69) veya 0-255 *gray-level*; 768x57x7 *bit* (6) gibi değişik değerler kullanılmıştır. Daha sonra alınan radyografiler aynı işlemlerden geçirildikten sonra her iki görüntü ekranda üst üste çakıştırılır ve dijital *subtraction* görüntü gerçekleştirilir. *Subtraction* radyografide, her iki radyografi arasındaki yoğunluk farklılığı kemik oluşum bölgelerinde açık ve kemik kaybı olan bölgelerde koyu renk alanları olarak tayin edilir. Kemik kazancı veya kaybı yükseklik olarak hesaplanabildiği gibi alan (piksel² veya mm²) olarak da hesaplanabilmektedir. Endirekt dijital *subtraction* tekniğinde izlenen yol Şema 1'de verilmiştir. Görüntü işleme sırasında bir algoritma kullanılır ve bu algoritma patolojik durumlar hakkında görüntünün özelliklerini verir ve tanımlamaları sayısal hale çevirir. Görüntü değerlendirilirken en küçük karelerde (piksel) yapılan değerlendirmeler bilgi kaybını önler. Bir diğer adım da görüntülerde teşhis edilebilecek

Şema 1. Endirekt dijital "subtraction" tekniğinde izlenen yol (24).



özellikleri kolaylıkla ayırtedebilmek için görüntü kenarlarının belirginleştirilmesi ve kontrastın artırılmasıdır, bu da değerlendirme yapacak olan kişinin işini kolaylaştırmaktadır. Görüntünün bölümler halinde ayrılmasıyla her bir bölgedeki anatomik ve patolojik durumlar ideal olarak incelenebilmektedir. Arka planda kalan anatomik yapılar, inceleme yapılacak alanda görüntüyü bozuyor ise (*anatomic noise = anatomic background structure*) bu anatomik yapıların görüntüden uzaklaştırılması mümkündür. Böylece incelenecek bölgelerde daha net görüntüler oluşturulabilir ve ilgili alan kolaylıkla değerlendirilebilir (80,65).

Kuru kafa modellerinde ve deney hayvanlarında dijital tekniklerle yapılan deneysel çalışmalar, klasik yöntemlere göre küçük alveol kemiği defektlerinin ortaya çıkarılmasında bu yöntemin çok daha hassas olduğunu ortaya koymuştur (17,30,39,56). *Subtraction* radyografi tekniğinde standart radyografi çekildiği zaman teşhis gücünün arttığı saptanmıştır (33,38,69,85). Alveol kemiği kaybının değerlendirilmesi, frez ile değişik miktarlarda ve şekillerde kemik defekti oluşturulması, kemik parçalarının çıkarılması (3,4), veya periodontal operasyon öncesi ve sonrası (17,72), radyografi alınarak bu radyografların *subtraction'u* gerçekleştirilerek yapılmaktadır. Araştırmacılar, bu gibi durumlarda defektin varlığı, boyudarı ve lokalizasyonunu araştırarak tekniğin bu küçük alveol kemiği değişimlerini ortaya çıkarmadaki sensitivite ve spesivitesini tayin etmişlerdir. Sensitivite; yani gerçekten var olan defektin ortaya çıkarılmasında dijital tekniğin başarısı %90'nın üzerindedir. Spesifite; yani gerçekte bulunmayan bir defektin radyografide de olmadığına ortaya çıkarılmasındaki başarısının ise %95'ten yüksek olduğu bildirilmiştir (34).

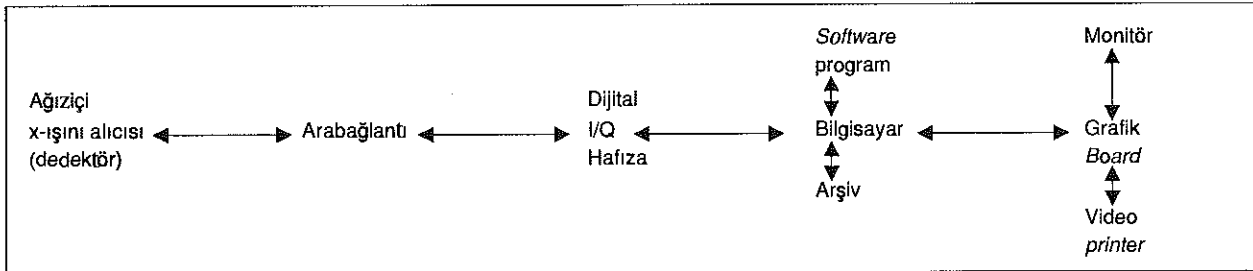
Dijital teknikle daha hassas teşhis için, ilave olarak nükleer tıp tekniklerinden de yararlanılmıştır. Gröndahl ve ark (30) I 125-absorbsiyomet-

re kullanıldığında %5'ten daha küçük kemik mineral kaybının %90'dan daha fazla başarıyla doğru olarak tayin edildiğini bildirmişlerdir.

İkinci metod da, ağız içinde bir dedektör kullanılarak direkt dijital görüntü elde edilmesidir. Gerçekte endirekt ve direkt metod arasında önemli bir farklılık yoktur. Her iki metod da görüntü bilgisayara depolandığında sayısal değerlere sahiptir. Endirekt metodların uzun işlemler gerektirmesi, film banyosunun bu işlemde de yer alması ve klasik metodlarda karşılaşılan hataların burada da olması nedeniyle son yıllarda direkt dijitalasyon gerçekleştiren aletler geliştirilmiştir. İlk defa 1987 yılında, direkt dijital radyografi tekniğinde, endirekt teknikte kullanılan video kamerası yerine ağız içine yerleştirilen ve bilgisayar ekranında radyografik görüntü elde edilmesini sağlayan ve x-ışını alıcısı olan minyatür dedektör kullanılmıştır (66) (Şema 2).

Dedektörün, ağız içinde ilgili bölgeye tutunmasını sağlayan bir parçası vardır. Bu teknikte de ışın kaynağı olarak klasik röntgen tüpleri kullanılmaktadır. Dedektör, x-ışınının görüntülenmesi için çevirici rol oynar ve monitörde görülmesini sağlar (66,76,80). Direkt dijital radyografik sistemin, klasik radyografik sisteme göre pek çok avantajı vardır. Bu sistemde hasta daha az radyasyon almakta ve görüntü anında elde edilebilmektedir. Direkt dijital *subtraction* radyografi için ilk geliştirilen teknik "Radio-Visio-Graphy (RVG)"dir (7). Bu sistemde de görüntüler ayarlanabilmekte ve kontrast ayarlaması yapılabilmektedir. RVG sistemle daha düşük dozda daha iyi ve detaylı radyograflar elde edilmesine rağmen, ilgili bölgenin histogram için *gray-level* değerleri bulunmamaktadır. Ayrıca bir veya iki diş görüntüsü elde edildiğinden daha fazla film çekimini gerektirmektedir. Direkt dijital görüntülerin elde edilebilmesi için geliştirilmiş diğer sistemler de "Villa Flash Dent, Gendex Visualix ve Regam Sens-A-Ray" sistemlerdir (53,79,86). "Sens A-Ray" sistemin

Şema 2. Direkt dijital subtraction radyografi şöyle şematize edilebilir (53).



RVG'den farkı *gray-level* değerlerinin bulunması ve normal radyografi boyudarımn elde edilebilmesidir (25). Bunlara ilave olarak, dedektör x-ışınına karşı röntgen filminden daha hassas olduğu için klasik yöntemlere göre %91-96 oranında ışın dozunu azaltmaktadır (7,66). Bu gibi avantajlara rağmen direkt dijital tekniklerde, dedektörlerin standart tekniğe göre ağız içinde sabitlenmesi, dedektörün boyutundan dolayı ağız içine yerleştirilmesindeki güçlükler tekniği sınırlamaktadır. Dedektörün boyutu RVG sistemde 16x25mm, "Villa Flash Dent"de 20x24mm, "Gendex Visualix"de 18x24 mm, "Regam Sens-A-Ray" sistemde ise 17x26 mm'dir. Teknik yeni olduğu için görüntünün netliğinin ayarlanamaması, diğer bir sınırlayıcı faktördür. Direkt ve endirekt dijital değerlendirmelerle ilgili karşılaştırmalar Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmalar gözden geçirildiğinde, farklı periodontal tedavilerden sonra yapılan klinik ölçümlerle direkt dijital *subtraction* ile yapılan ölçümlerde alveol kemiğindeki değişimlerin birbirleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. *Bite-wing* radyografilerle yapılan dijitalasyonlarda 1-1.5 yıllık takiplerden sonra vakaların %95'inde 0.4-1.9 mm kadar küçük kemik değişimleri rahadlıkla tespit edilebilmektedir. Çok küçük açılı değişiklikleri meydana getirilerek elde edilen radyografilerin dijitalasyonu sonucunda alveol kemiğinde meydana gelen değişimlerin tespit edilebildiği görülmektedir. Buna karşılık, periodontal tedavilerden sonra iyileşmenin erken safhasında alveol kemiği defektinin tabanında meydana gelen değişimlerin klasik radyografilerle tespit edilemediği, dijital *subtraction* yöntemiyle bu değişimlerin çok kolaylıkla tespit edilebildiği bilinmektedir. Jeffcoat ve ark.da (42) periodontal hastalığın ilerlemesinin teşhisinde ve alveol kemiği kaybı ölçümlerinde bu tekniğin spesifitesinin %82, sensitivitesinin de %76.6 olduğunu bildirilmişlerdir. Direkt dijital radyografiler ayrıca baş ve boyun bölgesinde ekstra oral olarak da kullanılmaktadır (51).

Tablo 2. Direkt ve İndirekt Dijital Görüntülerin Karşılaştırılması (64).

	Direkt dijital radyografi	Endirekt dijital radyografi
Görüntü kalitesi	Orta-iyi	İyi-mükemmel
Banyo	Yoktur	Banyo hataları oluşur
Dedektör Boyutu	Kalın-sınırlayıcı	Herhangi bir film
Radyasyon Dozu	% 80-96 daha az	Klasik
Fiyatı	Pahalı	Makul

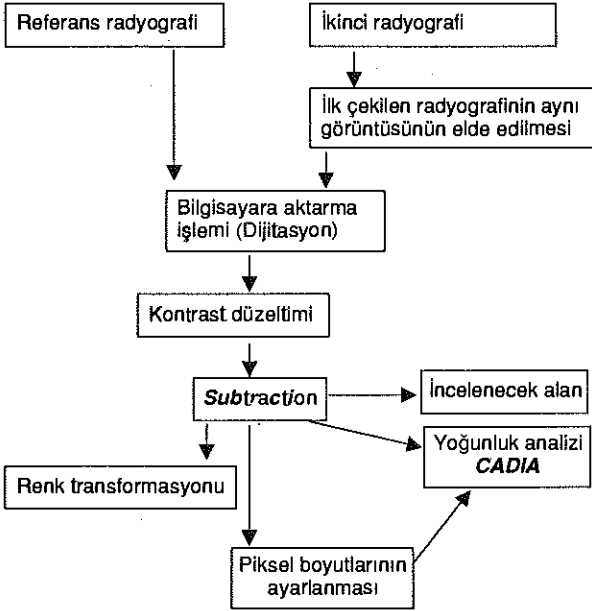
BİLGİSAYARLI GÖRÜNTÜ YOĞUNLUK ANALİZİ

[COMPUTER-ASSISTED DENSITOMETRIC IMAGE ANALYSIS (CADIA)]

Periodontal hastalığın ilerlemesi ve iyileşme sırasında alveol kemiğinde meydana gelen değişimleri yükseklik ve alan olarak hesaplayabilen tekniklerin yanısıra üç boyutu olarak değerlendirilen teknikler de geliştirilmiştir. Bu teknik ilk defa 1989 yılında Brägger ve ark. (14) tarafından kullanılmış ve *Quantitative Digital Subtraction* teknik veya CADIA olarak adlandırılmıştır. Bu sistemde de standart radyografiler alınır ve görüntü kaydediciye bağlı bir video kamerası aracılığıyla bilgisayara kaydedilir. Bu yöntemde, alveol kemiği ile benzer veya eşdeğer yoğunlukta bir materyalin görüntüsü film üzerine yansıtılır, ilgili bölgelerde bu materyallerin yoğunlukları karşılaştırılır, ve defektin büyüklüğü hacim (miligram) olarak hesaplanabilir (11,14,18,20,38,39). Işın verme ve/veya film banyosu sıvısındaki farklılıklardan dolayı başlangıç ve daha sonra alınan radyografiler arasında yoğunluk farklılıklarını düzeltmek için bu teknikte bir algoritma kullanılır. Başlangıç görüntülerinin referans *gray-level* i ve sonradan alınan radyografilerin *gray-level* çiftleri lineal kompresyon (daraltma) ve ekspansiyon (genişletme) ile düzeltilir ve değiştirilir. Bu iki değer arasındaki fark yoğunluk kaybı için negatif değer, yoğunluk artışı için pozitif değerler olarak yorumlanır. Tüm yüzeylerdeki yoğunluk değişimleri veya net CADIA değerleri bir çok bölgede elde edilebilir. CADIA yönteminde izlenen yol Şema 3'te verilmiştir. Yapay olarak oluşturulan 1.1 mm²lik periodontal defektlerde açılı değişimi olmadığında %99 olan sensitivite, 6 derecelik açılı değişiminde %60'a kadar düşmekte, 3.7 mm² defektlerde ise bu değerler %98 ve %86'a çıkabilmektedir (34). Bu teknikler ile küçük defektlerin ortaya çıkarılmasında yumuşak doku kalınlığının da etkili olduğu bilinmektedir (4). Janssen ve ark. (39) ise 0.3 mm-1.4 mm derinliğinde defektlerde klasik, fotografik kantitatif teknik ve dijital *subtraction* tekniğini karşılaştırmışlar ve çok küçük defektleri en doğru olarak dijital radyografilerin ortaya çıkardığını bulmuşlardır. Tekniğin defekleri ortaya çıkarmadaki hassasiyetini artırmak için değişik metodlar geliştirilmeye ve uygulanmaya çalışılmaktadır. Özellikle "*Computer Aided Pattern Recognition*" tekniği interdental bölgelerdeki alveol kemiği değişimlerinin tayininde kulla-

mlmaktadır (77). Dijital teknikler, TME'deki değişiklikleri araştırmada (23,45), dental implantlar çevresindeki defektleri ortaya çıkarmada (24), endodontik tedavi sonuçlarını incelemeye hassas olarak bulunmuştur (29,52,56,63) ve epidemiyolojik çalışmalarda da önemli bir yere sahiptir (43,46,84).

Şema 3. CADIA radyografi tekniğinde dijital "subtraction" için i denen yöntem(24).

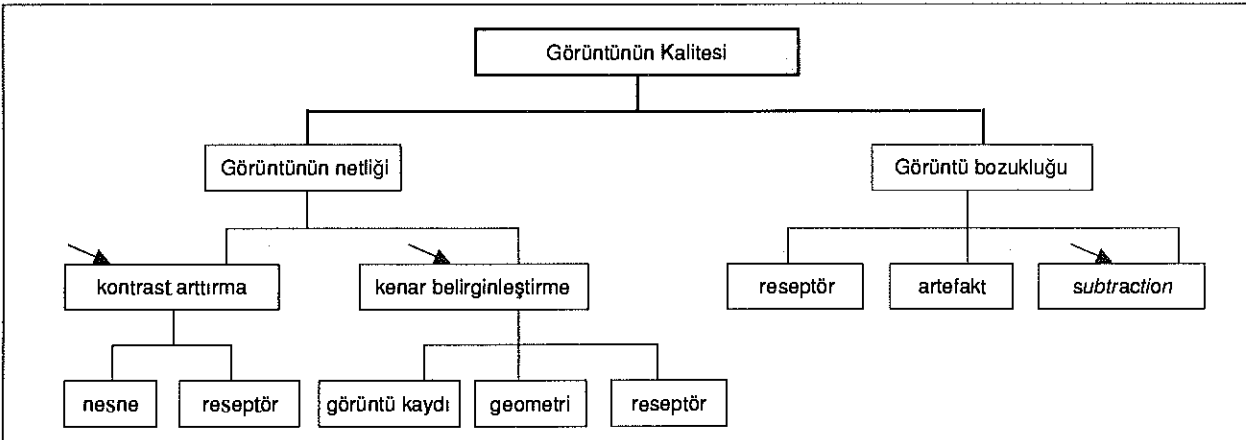


Periodontal tedavilerden sonra klinik olarak tayin edilemeyen alveol kemiği değişimlerinin, CADIA ile tayini mümkündür (11,13,14,59,60). Furkasyon defektleri subgingival küretaj, modifiye Widman flep ve furkasyonplastisi ile tedavi edile-

rek 2 yıl sonra CADIA ile değerlendirilmiş, klinik ölçümlerde anlamlı değişimler olmamasına rağmen CADIA ile defektlerin derin bölgelerinde kemik yoğunluğunda değişim tespit edilmiştir (59). İnterproksimal defektlerde subgingival temizliklerden sonra 6. ayda CADIA ile yoğunluk değişimi %13 ve 3. yılda %16 olarak tespit edilmiştir (20). Bu tekniğin periodontal tedaviden sonra alveol kemiğindeki kazancı veya kaybı tespit etmede spesifikliği %97.1 olarak belirlenmesine rağmen (42), açı değişimlerinde görüntüde kalite farkı olduğuda bilinmektedir (1,4,34). Son yıllarda rejeneratif periodontal tedavide önemli bir yere sahip olan yönlendirilmiş doku rejenerasyonu ve kemik greftleri uygulamasından sonra kemik oluşumunun tayin edilmesinin bu teknikle daha kolay olduğu ortaya konmuştur (10,26,31,62,82).

Buraya kadar anlatılan tekniklerle yapılan çalışmaların sonuçları bu tekniklerin daha geliştirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Bu nedenle son araştırmalarda dijital görüntülerin daha kaliteli bir konuma getirilmesi için görüntü zenginleştirme işlemi uygulanmıştır. Bu yöntemde görüntü üzerinde kemik kaybı olan bölgeler siyah olarak daha belirgin bir hale getirilmektedir. Bu görüntü daha sonra filtre edilmekte ve renkler ayarlanmaktadır. Defekt şekli ve boyutundaki bu zenginleştirilmiş görüntü tekrar ilgili alana yerleştirilmekte ve böylece görüntü daha net olarak görülebilmektedir. Cerrahi tedavilerden sonra, görüntü ve renk değişimi ayarlanması yöntemiyle alveol kemiği yoğunluk değişiminin %76 oranında doğrulukla tayin edilebildiği bildirilmiştir (12). Şema 4'te dijital subtraction'da görüntü kalitesini etkileyen durumlar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Şema 4. Dijital "subtraction" da görüntü kalitesi. Ohla işaretli kutular görüntü kontrastının artırıldığı ve görüntü bozukluğunun azaltıldığı metodları göstermektedir (82).



DİJİTAL DENTAL RADYOGRAFİLERİN GELECEĞİ

Periodontal hastalıkların ve dişlerin dijital olarak görüntülenmesinde ümit ve heyecan verici ilerlemeler bildirilmesine rağmen, bu teknikler, henüz rutin olarak kliniklerde kullanılmamaktadır. Bütün bu gelişmelere rağmen, günümüzde klasik diş filmleri daha geniş bir kullanım alanına sahiptir. Her şeye rağmen, klinik ölçümlerin, periodonsiyumdaki değişimleri daha iyi tespit ettiği bilinmektedir. Buna ilave olarak, standart radyografilerde, alveol kemiği kaybı ve kazancı doğruya yakın ölçülebilmektedir. Özellikle

dijital *subtraction* radyografi ve CADIA teknikleri, klasik radyografilere göre küçük alveol kemiği defektlerini ortaya çıkarmada başarılı bulunmuştur. Bu yöntemlerin elde edilme güçlüğü, bazı tekniklerin pahalı olması bu yöntemleri sınırlamasına rağmen, dijital görüntüler, günlük çalışmalarını kolaylaştıracak, film banyo işlemini ortadan kaldıracak ve ortamın daha az x-ışını ile kirlenmesini sağlayacaktır. Bu alandaki teknik gelişmeler daha da ilerlediğinde, uzun süreli çalışmalarda, periodontal defektlerin teşhis ve tedavi sonrası değerlendirmelerinde (66) ve periodontal incelemelerde büyük öneme sahip olacaktır (61).

KAYNAKLAR

1. Aagaard E, Donslund C, Wenzel A, Sewerin I. P. Performance for obtaining maximal gain from a program for digital subtraction radiography. *Scand J Dent Res* 1991;9:66-72.
2. Akesson L, Hakansson J, Rahlin M. Comparison of panoramic and intraoral radiography and pocket probing for the measurement of the marginal bone level. *J Clin Periodontol* 1992;19:326-32.
3. Albandar JM. Validity and reliability of alveolar bone level measurements made on dry skulls. *J Clin Periodontol* 1989;16:575-9.
4. Allen K, Emrich L, Predmonte M, Hausman E. Relationship of texture measurements to the prediction of correct evaluations in subtraction radiography. *J Periodont Res* 1992;7:197-206.
5. Barrington EP. Diagnosing periodontal diseases. *J Am Dent Assoc* 1990;21:460-4.
6. Benn DK. A computer-assisted method for making linear radiographic measurement using stored regions of interest. *J Clin Periodontol* 1992;19:441-8.
7. Benz C, Mouyen F. Evaluation of the new Radio-Visio-Graph system image quality. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:627-32.
8. Brägger U. Digital imaging in periodontal radiography. A review. *J Clin Periodontol* 1988;15:551-7.
9. Brägger U, Bürgin W, Marconi M, Hösier RU, Lang NP. Influence of contrast enhancement and pseudocolor transformation on the diagnosis with digital subtraction images (DSI). *J Periodont Res* 1994;29:95-102.
10. Brägger U, Hämmerle CHF, Mombelli A, Bürgin W, Lang NP. Remodelling of periodontal tissues adjacent to sites treated according to the principles of guided tissue regeneration (GTR). *J Clin Periodontol* 1992;19:615-24.
11. Brägger U, Litch J, Pasquali L, Kornman KS. Computer-assisted densitometric image analysis for the quantitation of radiographic alveolar bone changes. *J Periodont Res* 1987;22:227-9.
12. Brägger U, Pasquali L. Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images. *J Clin Periodontol* 1989;16:209-14.
13. Brägger U, Pasquali L, Kornmann KS. Remodelling of interdental alveolar bone after periodontal flap procedures assessed by means of computer-assisted densitometric image analysis (CADIA). *J Clin Periodontol* 1988;15:558-64.
14. Brägger U, Pasquali L, Weber H, Kornmann KS. Computer-aided densitometric image analysis (CADIA) for the assessment of alveolar bone changes in furcations. *J Clin Periodontol* 1989;16:46-52.
15. Carranza FC. *Glickmans Clinical Periodontology*. 7th ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo, 1990:501-19.
16. Cattabriga M. Future diagnostic possibilities in periodontology. *Int Dent J* 1993;43:109-15.
17. Davis M, Allen KM, Hausmann E. Effects of small angle discrepancies on interpretations of subtraction images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:397-400.
18. Deas DE, Pasquali LA, Yuan CH, Kornman KS. The relationship between probing attachment loss and computerized radiographic analysis in monitoring progression of periodontitis. *J Periodontol* 1991;62:135-41.
19. Dreyer WP. Technological advances in the clinical of periodontal diseases. *Int Dent J* 1993;43:557-66.
20. Dubrez B, Graft JM, Vaugnat P, Cimasoni G. Increase of interproximal bone density after subgingival instrumentation: A Quantitative radiographical study. *J Periodontol* 1991;61:725-31.
21. Duckworth JE, Judy PF, Goodson JM, Socransky SS. A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. *J Periodontol* 1993;54:435-40.

22. Efeoğlu A. Dişhekimiği Tarihi. Alemdar Ofset. İstanbul 1992:105.
23. Engelke W, Tsuchimochi M, Rüttimann UE, Hosain F, Conn F. Assessment of bone remodelling in the temporomandibular joint by serial uptake measurement of technetium 99 m-labelled methylene diphosphanete with a cadmium telluride probe. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;71:357-63.
24. Fourmoussis I, Brägger U, Bürgin W, Tonetti M, Lang NP. Digital image processing I. Evaluation of gray level correction methods in vitro. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:37-47.
25. Furkart AJ, Dove B, McDavid WD, Nummikoski P, Matteson J, Antanio N. Direct digital radiography for the detection of periodontal lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:652-60.
26. Galgut PN, Verrier J, Waite IM, Linnycy A, Cornick DER. Computerized densitometric analysis of interproximal bone levels in controlled clinical study into the treatment of periodontal bone defects with ceramic hydroxapatite implant material. *J Periodontol* 1991;62:44-50.
27. Goldman HM, Stallard RE. Limitation of the radiograph in the diagnosis in periodontal diseases. *J Periodontol* 1973;44:626-8.
28. Grant DA, Stern B, Listgarten MA. Periodontics. 6th ed., C.V. Mosby Co., St. Louis, Washington, D.C., Toronto, 1988:552-8.
29. Gröndhal K, Gröndahl HG, Wennström J, Heijl L. Examiner agreement in estimating changes in periodontal bone from conventional and subtraction radiographs. *J Clin Periodontol* 1987;41:74-9.
30. Gröndhal K, Kullendorf B, Strid KG, Gröndahl HG, Henrikson CO. Detectability of artificial marginal bone lesions as a function of lesion depth. A Comparison between subtraction radiography and conventional radiographic technique. *J Clin Periodontol* 1988;15:156-62.
31. Guillemin MR, Mellonig JT, Brunsvold MA, Stefensen B. Healing in periodontal defects treated by decalcified freeze-dried bone allografts in combination with ePTFE membranes. Assessment by computerized densitometric analysis. *J Clin Periodontol* 1993;20:250-7.
32. Hausmann E. Radiographic Examination. In: Genco RJ, Goldman HM, Cohen DW. Contemporary Periodontics, C.V. Mosby Co. St. Louis, Baltimore, Philadelphia, Toronto 1990:333-8.
33. Hausmann E, Allen KM, Clerehough V. What alveolar crest level on a Bite-Wing radiograph represents bone loss? *J Periodontol* 1991;62:570-2.
34. Hausman E, Allen KM, Piedmonte Mr. Influence of variations in projection geometry and lesion size on detection of computer-simulated crestal alveolar bone lesion by subtraction radiography. *J Periodont Res* 1991;26:48-51.
35. Hildebolt CF, Rupich RC, Vannier MW, Zerbolio DJ, Shrout MK, Cohen S, Pinkas A. Interrelationships between bone mineral content measures. Dual energy radiography (DER) and bitewing radiographs (BWV). *J Clin Periodontol* 1993;20:739-45.
36. Hirschmann PN. Radiographic interpretation of chronic periodontitis. *Int Dent J* 1987;37:3-9.
37. Hömmerle CHF, Ingold HF, Lang NP. Evaluation of clinical and radiographic scanning methods before and after initial periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 1990;17:155-63.
38. Janssen PTM, vanAken J. Problems around the in vitro and in vivo application of quantitative digital subtraction radiography. *J Clin Periodontol* 1989;16:323-30.
39. Janssen PTM, vanPalentine M, Helderman WH, van Aken J. The detection of in vitro produced periodontal bone lesions by conventional radiography and photographic subtraction radiography using observers and quantitative digital subtraction radiography. *J Clin Periodontol* 1989;16:335-41.
40. Jeffcoat M. Future directions in measurement of periodontal diseases. In: Genco, R.J., Goldman H.M., Cohen, D.W.: Contemporary Periodontics. C.V. Mosby Co, St.Louis, Baltimore, Philadelphia, Toronto, 1990:690-3.
41. Jeffcoat MK. Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. *J Periodontol* 1992;63:367-72.
42. Jeffcoat MK, Page R, Reddy M, Wannawisute A, Waite P, Palcaris K, Cogen R, Williams RC, Basch C. Use of digital radiography to demonstrate the potential of noprofen as an adjunct in the treatment of rapidly progressive periodontitis. *J Periodontol Res* 1991;26:15-21.
43. Jenkins JM, Dummer PMH, Addy M. Radiographic evaluation of early periodontal bone loss in adolescent. *J Clin Periodontol* 1992;19:363-6.
44. Jensen QE, Handelsman SL, Ikcr HP. Bitewing radiographs and dentists treatment decision. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;63:254-7.
45. Kapa SF, Tyndall DA, Zullo TG, Bagnell CR, Hill C. Assessing condylar changes with digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:247-52.
46. Köllestal C, Matsson L. Criteria for assessment of interproximal bone loss on bitewing radiographs in adolescents. *J Clin Periodontol* 1989;16:300-4.
47. Landini G. Videodensitometrical study of the alveolar bone crest in periodontal disease. *J Periodontol* 1991;62:528-34.
48. Lang NP, Hill R W. Radiographic in periodontics. *J Clin Periodontol* 1977;4:16-28.
49. Mann J, Pettigrew J, Baideman R, Green P, Ship I. Investigation of the relationship between clinically detected loss of attachment and radiographic changes in early periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1985;12:247-53.
50. Mattout P, Khalifa D, Miller N, Katchburian E. Radiographic and histologic aspects of osseous defect. *Int J Periodont Rest Dent* 1990;10:57-67.

51. McDavid WD, Dove B, Welander U, Tranje G, Sweden S, Tex SA. Direct digital extraoral radiography of the head and neck with a solid state linear X-ray detector. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:811-7.
52. Mol A, van der Stelt PF. Locating the periapical region in dental radiographs using digital image analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:373-82.
53. Nelvig P, Wing K, Welander U. Sens-A-Ray. A new system for direct digital intraoral radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:1818-23.
54. Nery EB, Olson JV, Henkin JM, Halbdtsch JH. Film holder device for radiographic assessment of periodontal tissues. *J Periodontol Res* 1985;20:97-105.
55. Newman MG, Sanz M. Advanced diagnostic techniques. In: Carranza, F.A: Glickman's Clinical Periodontology. 7th ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo, 1990:527-30.
56. Nicopoulou-Karayianni K, Brägger U, Bürgin W Nielsen PM, Lang NP. Diagnosis of alveolar bone changes with digital subtraction images and conventional radiographs. An in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:251-6.
57. Noras Y. Dişhekimiği Tarihi. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. B-10, Ankara 1973:45.
58. Papapanou PN, Wenström JL. Radiographic and clinical assessment of destructive periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1989;16:609-12.
59. Payot P, Bickel M, Cimasoni G. Longitudinal quantitative radiodensitometric study of treated lower molar furcation involvement. *J Clin Periodontol* 1987;14:8-18.
60. Payot P, Harautunian B, Pochon Y, Herr P, Bickel M, Cimasoni G. Densitometric analysis of lower molar interdental areas in superposable radiographs. *J Clin Periodontol* 1987;14:1-7.
61. Pini-Prato GP, Agudio G, Cortellini P, Clauser C. Computer-assisted periodontal evaluation. *Int J Periodont Res Dent* 1988;1:79-87.
62. Probstakis G, Bratthall G, Söderholm G, Kullendorff B, Gröndahl K, Rohlin M, Attström R. Guided tissue regeneration in the treatment of infrabony detection maxillary premolars. A pilot study. *J Clin Periodontol* 1992;19:766-73.
63. Qrstavik D. Radiographic evaluation of apical periodontitis and endodontic treatment result: a computer approach. *Int Dent J* 1991;41:89-98.
64. Reddy MS. Radiographic methods in the evaluation of periodontal therapy. *J Periodontol* 1992;19:766-73.
65. Reddy MS, Jeffcoat MK. Digital subtraction radiography. *Dent Clin North Am* 1993;37:553-65.
66. Sanderink GCH. Imaging: New versus traditional technological aids. *Int Dent J* 1993;43:335-42.
67. Sewerin IbP. Utilize your dental X-ray set better. *Int Dent J* 1987;37:38-42.
68. Short MK, Hildebolt CF, Vannier MW. The effect of alignment errors on bitewing-based bone loss measurements. *J Clin Periodontol* 1991;15:708-12.
69. Short MK, Hildebolt CF, Vannier MW. Effect of region of interest outline variations on gray-scale frequency distributions for alveolar bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:638-44.
70. Shluger S, Yuodelis R, Page RC, Johnson RH. Periodontal Diseases. 2nd ed., Lea and Febiger, Philadelphia, London, 1990:299-303.
71. Southart KA, Sourthart TE. Comparison of digitized radiographic alveolar features between 20 and 70 year-old women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:111-7.
72. Steffensen B, Suzuki H, Caffesse RG. Repair of periodontal angular bony defects evaluated by one- and two-dimensional radiographic analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;63:109-14.
73. Takag S, Chow LC, Brown WE, Dobbyn RC, Kuriyama M. Application of an x-ray image magnifier to the micro-radiography of dental specimens. *J Dent Res* 1985;64:866-9.
74. Tidmarsh BG. Radiographic interpretation of endodontic lesions-a shadow of reality. *Int Dent J* 1987;37:10-5.
75. Tsuchimochi M, Hosain F, Engelke W, Zeichner SJ, Ruttiman UE, Webber I. Studies on focal alveolar bone healing with technetium (Tc)-99m labeled methylenediphosphate and gold-collimated cadmium telluride probe. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;71:110-5.
76. Van der Stelt PF. Computer-assisted interpretation in radiographic diagnosis. *Dent Clin North Am* 1993;37:683-96.
77. Van Der Stelt PF, van der Linden WJ, Geraets WGM, Alons CL. Digitized image processing and pattern recognition in dental radiographs with emphasis on the interdental bone. *J Clin Periodontol* 1985;12:815-21.
78. Van Der Stelt PF, van der Linden WJ, Geraets WGM, Alons CL. Digitized pattern recognition in the diagnosis of periodontal bone defect. *J Clin Periodontol* 1985;12:822-7.
79. Welander U, Nelvig P, Tranje G, McDavid WD, Dowe SB, Mörner AC, Cederlung T. Basic technical properties of a system for direct acquisition of digital intraoral radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75:506-16.
80. Wenzel A. Computer-aided image manipulation of intraoral radiographs to enhance diagnosis in dental practice: a review. *Int Dent J* 1993;43:99-108.
81. Wenzel A, Sewerin, I.P. Sources of noise in dental in digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;71:503-8.
82. Wenzel A, Warrer K, Karring T. Digital subtraction radiography in assessing bone changes in periodontal defects following guided tissue regeneration. *J Clin Periodontol* 1992;19:208-13.
83. Williams RC, Howell TH. New technologies for the diagnosis of periodontal disease. *J Prosthet Dent* 1993;69:551-7.

84. Wouters FR, Salonen LWE, Frithiof L, Heliden LB. Significance of some variables on interproximal alveolar bone height based on cross-sectional epidemiologic data. *J Clin Periodontol* 1993; 20:199-206.

85. Zappa U, Simona C, Gaf H, vanAken J. Time-related changes of in vivo projection errors in standardized radiographs. *J Periodontol* 1993; 64:278-84.

86. Zubery Y, Dove JB, Ebersole J. An in vitro study of the characteristics of a computer-aided radiographic evaluation (CARE) system for longitudinal assesment of density changes. *J Periodont Res* 1993; 28:233-40.

Yazışma adresi:

Doç Dr Elvan Efeoglu
MÜ Diş Hek Fakültesi
Periodontoloji Anabilim Dalı
Büyükciftlik sok. No:6,
80200, Nişantaşı-Istanbul