

PAPER DETAILS

TITLE: DISHEKİMLİĞİNDE DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

AUTHORS: Defne Yalçın YELER,Sevgi Kambek TASVEREN,Oguz KAYNAR

PAGES: 0-0

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/27512>

DİŞHEKİMLİĞİNDE DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ DIGITAL IMAGING METHODS IN DENTISTRY

Dr. Defne YALÇIN YELER*

Yrd. Doç. Dr. Sevgi KAMBEK TAŞVEREN**

Dr. Oğuz KAYNAR***

ÖZET

1895 yılında X ışınlarının keşfinden bu yana filmler, radyografik görüntülerin kaydedilmesi, gösterilmesi ve depolanmasında ilk araçlar olmuştur. Dijital radyografiler ise dental görüntülemedeki en son gelişmedir ve geleneksel filmlerde zorunlu olan banyo işlemlerinin ortadan kalkması gibi avantajları nedeniyle popüler bir metod olmaya başlamıştır.

Bu derlemenin amacı, dijital görüntülemenin temel terminolojisini, direkt ve indirekt dijital görüntüleme yöntemlerini, film bazlı sistemlerle karşılaştırmalı olarak irdelemektir.

Anahtar Sözcükler: Radyografi, direkt dijital radyografi, indirekt, dijital radyografi

20. yüzyılın ortalarında radyografi tüm gelişmiş ülkelerde pek çok hastalığın tanısında yararlanılan önemli bir teknik haline gelmiştir.¹ Teknolojideki ilerlemeler dental radyografi alanında önemli gelişmelere neden olurken, bilgisayar teknolojisindeki bu gelişmeler dijital radyografi olarak bilinen filmsiz görüntüleme sistemi ile sonuçlanmıştır.²

Dijital radyografi; X-ışını enerjisini elektrik sinyallerine dönüştüren dedektörleri gerektiren bir tekniktir.³ Dijital radyografinin amacı, diş hastalıklarının tanı ve tedavisinde görüntüleme sağlayarak, film bazlı radyografik yöntemler gibi dişler ve destekleyici dokuları hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktır.

Dijital radyografi; lezyon ve hastalıkların saptanması ile çevre dokularının incelenmesinde, olası hastalıkların doğrulanmasında veya sınıflandırılmasında, dental işlemler sırasında bilgi edinmede (kanal tedavi enstrümantasyonu ve implantların cerrahi olarak yerleştirilmesi v.b), büyüme ve gelişmenin değerlendirilmesinde, çürükteki sekonder değişikliklerin, periodontal hastalıkların veya travmaya bağlı olarak ortaya çıkan patolojilerin

SUMMARY

Since the discovery X rays in 1895, film has been the primary medium for capturing, displaying and storing radiographic images. Digital radiography is the latest advancement in dental imaging and is becoming increasingly popular method of producing radiographs in both dentistry and medicine because it offers numerous advantages over conventional film and film processing.

This article presents an overview of digital imaging including basic terminology, direct and indirect digital imaging modalities, and advantages-disadvantages comparisons with film-based imaging.

Keywords: Radiography, direct digital radiography, indirect digital radiography.

görüntülenmesinde, hastanın belli zamanlardaki durumunun belgelenmesinde kullanılmaktadır.⁴

Dijital görüntünün elde edilmesinde iki yöntem vardır.

Direkt Dijital Radyografi (DDR):

İki sistem mevcuttur; Birincisinde görüntü ışınlama sonrası ekranda hemen oluşur, diğerinde ise ara bir faz vardır ve görüntü lazer ile tarandıktan sonra ekranda oluşur. Bu yarı-direkt görüntüleme olarak da isimlendirilen bir yöntemdir.²⁹

Direkt dijital radyografi sistemi olarak dişhekimliğine ilk olarak tanıtılan Radiovisiography (RVG) (Trophy Radiology, France), Dr.Frances Mouyens tarafından icat edilmiş ve 1984 yılında üretilmiştir.⁶ Bundan sonra da değişik firmalar tarafından birçok dijital görüntüleme sistemi piyasaya sunulmuştur. Çalışma ilkeleri aynı olan bu sistemlerin farklılıklarını rezolüsyon değerleri, sensör tipi, matriks boyutları ve piksel değerleri oluşturmaktadır.^{6,7} Örneğin en son üretilen RVG versiyonları RVG Access ve RVG-Ultimate (Trophy)'dir.⁵

Bir direkt dijital sistem birtakım komponentlerden oluşur. Bunlar sırasıyla;

* C.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji B.D.

** C.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti A.D.

*** C.Ü. Meslek Yüksek Okulu-Bilgisayar Programcılığı Böl.

- a. X-ışını kaynağı
- b. İntraoral sensör
- c. Analog-dijital dönüştürücü ile birlikte bilgisayar
- d. Monitör ve/veya yazıcı'dır. ^{4,8,9}

a- X-ışını kaynağı:

Pek çok dijital radyografi sistemi x-ışını kaynağı olarak konvansiyonel dental x-ışını cihazlarını kullanmaktadır.⁹ Röntgen cihazı 50-90 kVp (ortalama olarak 65-70 kVp) arasında olabilir. ¹⁰ Konvansiyonel x-ışını kaynağı dijital görüntüleme sistemleri ile uyumludur ancak sanienin 1/100'ünde ışınlamayı gerçekleştirecek x-ışını cihazı zamanlayıcısının adapte edilmesi gerekir.⁹

b-İntra-oral sensör: Dijital radyografide, "sensör" veya küçük dedektör radyografik görüntüyü elde etmek için hasta ağzına yerleştirilir. Sensör intraoral dental film yerine kullanılır. Konvansiyonel radyografilerde olduğu gibi X-ışını, sensörü hedefleyecek şekilde pozisyonlandırılır. ⁹

İki farklı sensör tipi mevcuttur;

Kordonlu sensörler: Kordonlu olanlar bilgisayara fiber optik bir kablo ile bağlanan görüntü sensörünü ifade eder.⁹ Bu sensörler CCD (charge-coupled device) veya Complementary Metal-Oxide Semiconductor with Active Pixel Sensor (CMOS/APS) çiplerini içerir. ¹¹

CCD sensörler: CCD; üretimi pahalı olan özel fabrikasyon işlemi gerektiren bir teknolojidir ve yeni bir teknoloji değildir. İlk 1960'larda geliştirilmiştir. Halen CCD teknolojisi faks makineleri, ev video kameraları, mikroskoplara ve teleskoplara gibi pek çok alette kullanılmaktadır.⁴

CCD reseptörü, x-ışınına ve ışığa karşı hassas olan silikon bir çip içerir.^{9,11} Bu silikon çip dikdörtgensel tabanla düzenlenmiş piksel veya hücrelerden (cell) oluşur.¹² Silikon içindeki atomlar birbirine kovalent bağ ile bağlıdır. X-ışını fotonları silikona çarptığında kovalent bağlar kopar ve elektrik şarjı oluşur. Oluşan bu şarj, her bir piksel tarafından depolanır ve elektronik olarak sırasıyla uzaklaştırılarak, analog sinyalleri oluştururlar.⁴ Bu analog sinyaller ise "analog-dijital dönüştürücü" aracılığıyla bilgisayarın anlayabileceği dijital bir dile dönüştürülür.

CMOS/APS sensör (Complementary metal oxide semiconductor/active pixel sensör): CMOS bazlı sensörler, radyografik amaç için yakın zamanda kullanıma sunulmuştur, ancak bu teknoloji yaklaşık 30 yıldan fazla süredir bilinmektedir.¹¹

Yakın zamanlarda, CMOS sensörlerin üretimi CCD sensörlerden daha pahalıya mal olmaktadır ve daha düşük görüntü kalitesine sahiptir. 1990'ların başında NASA

laboratuvarı CMOS'un ikinci jenerasyonu CMOS/APS'yi tanıttı. Bu andan itibaren bir dijital radyografi üreticisi olan Schick firması da CCD yerine CMOS/APS sensörlerini kullandı. Bu yeni nesil sensörlerin üretimi, CCD'den daha ucuza mal olmaktadır ve gelişmiş görüntü çözünürlüğüne (örneğin RVG-Ultimate Trophy'de çözünürlük $\geq 20\text{lp/mm}$ 'dir.)⁵ ve daha uzun ömre sahiptir.¹¹ Ancak bu sensörlerin aktif alanı daha küçüktür.⁶

Kordonsuz sensör (Fosfor plak sistemi-PSP):

Yarı direkt yöntemde PSP kullanılır.¹³ Kablo ile bağlı olmayan x ışınlarına duyarlı fosfor kaplı plastik bir plakadır (phosphor-coated plate).^{4,9} Bu plakaya "photostimulable phosphor da" denir.⁴

PSP veya diğer adıyla "storage phosphor", dijital radyografide oldukça yaygın kullanılan bir dedektördür. ¹¹ Dış görünümü ile ekstra-oral radyografilerde kullanılan "intensifying screen"e benzer.¹⁴ PSP sensör x ışınları ile etkileştiğinde, plaka üzerinde depolanan latent görüntüyü oluşturur. Bu görüntü daha sonra özel bir tarayıcı ile dijitalize edilir. ¹¹

PSP ve CCD dedektörlerinin her ikisi de bugün intraoral dışında sefalometrik ve panoramik sistemlere de dahil edilmiştir.

Her iki sistemin birbirine göre avantaj ve dezavantajları sensörlerin yapısı ile ilişkilidir. CCD sensörler PSP'lerden (ortalama intra-oral film boyutlarında) genellikle daha küçük aktif alana sahiptir. CCD sistemlerin kordonlu oluşu ışınlama anında sistemin hastaya yakın olmasını gerektirdiği için aynı anda birden fazla teknisyene sistem hareket ettirilmeden hizmet verememektedir. Oysa merkezi olarak yerleştirilen PSP ünitesi tüm kliniğe hizmet verebilmektedir. Ancak CCD sistemlerde görüntü direkt bağlantıdan dolayı neredeyse hemen oluşurken, PSP sistemlerde yaklaşık 25 saniyeyi bulabilmektedir.⁴

PSP sistemlerin dinamik aralığı radyografik filmlere göre oldukça geniştir ve bu durum geniş bir ışınlama aralığı sağlar. Bu prosedürün pratik önemi, az veya çok dozla ışınlanmış görüntüler, eninde sonunda uygun dozda ışınlanmış gibi uygun densitede görüntülenir. Böylece yanlış ekspoz tekniğine dayalı film tekrarı nadir olur. Tersine CCD sistemlerin dinamik aralığı radyografik filmlerden daha düşüktür. PSP sistemle ulaşılan bu serbestlik sayesinde, CCD sistemlerde gerekli olandan daha az radyasyonla görüntü oluşumu sağlanır.⁴

En yaygın çözünürlük ölçüm birimi milimetredeki çizgi çifti (lp/mm)' dir. Bu, sensörün bir arada bulunan oldukça küçük noktaları ayırt edebilme yeteneğini ifade eder. Çizgi çifti çoğaldıkça detay ve çözünürlük de artar. Genel olarak CCD'ler için bu değer 6-20 lp/mm, PSP için

6-12,5 lp/mm, intra-oral filmler için 16-20 lp/mm'dir.^{5,6,14} Ancak normal bir göz 7-10 lp/mm rezolüsyonu ayırt edebilmektedir. Bu yüzden 10 lp/mm rezolüsyonun üzerindeki sensörlerin bir anlam ifade etmeyeceği görüşünün net bir cevabı halen tartışmalıdır.

Bazı sensörler ile 12 "bit"lik görüntü elde edilmektedir. Bu da teoride 4096 gri tonunun ayırt edilebilmesi demektir. Oysa 8 bitlik monitör sadece 256 gri tonunu ayırt edebilir. Hepsinin de ötesinde gözümüz sadece 32-64 adet gri tonu ayırt edebilmektedir^{6,11}. Bu da günümüzde kullanılan sensörlerin gözümüzün limitleri baz alındığında oldukça yeterli olduğunu göstermektedir.¹¹

Sensörler termal yöntemler ile steril edilemez. Otoklava konulamaz. Ancak dezenfektan solüsyonlar ile silinerek dezenfeksiyonu sağlanabilir. Ayrıca sensörlerin klinik kullanımı sırasında kontaminasyonunu engellemek için sensörün üzeri plastik bir kılıf ile kaplanır. Yine de sterilizasyonun bozulmaması için tek kullanımlık plastik kılıflarla veya poşetlerle kullanılmalıdır. Sensörler plastik koruyucular ile kaplandıktan sonra hasta ağzında görüntüsünü almak istediğimiz bölgeye yerleştirilir. Sensörlerin dış yapısı sert plastiktir. Sert oluşu geometrik distorsiyonu engellemekle birlikte, alt çene arka bölgeye ve ark köşelerine yerleştirmede güçlük yaratabilmektedir. Sensörler ya sensör tutucularla ya da hastanın parmak basısı ile ağızda sabitlenir. Daha sonrasında konvansiyonel radyografi cihazı ile hekim istediği pozisyon ve açılarda inşılama yapar.^{10,16}

c- Analog-dijital dönüştürücü (A/D converter veya digitizer) ile birlikte bilgisayar:

Elektronik sensör tarafından alınan bilgiler bilgisayara analog bilgi olarak sunulur. Bu bilginin bilgisayar tarafından yorumlanabilmesi için dijital forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Dijital sinyaller ise 0 ve 1 rakamlarının oluşturduğu ikili sayı sistemiyle ifade edilmektedir. İkili sayı sisteminde 0 ve 1 lerin her birisi "bit" olarak adlandırılır. İkili sayı sisteminde bitler yana yana gelerek anlamlı kelimeleri oluştururlar. Örneğin sekiz bitlik kelime bir "byte" olarak isimlendirilir ve bir "byte" ile ifade edilebilecek olası kelime sayısı $2^8=256$ 'dır. Bir A/D dönüştürücüdeki bit sayısı ölçüm hassasiyetini belirleyen en önemli faktörlerden birisidir. Bit sayısının fazla olması analog bilginin sayısal çevrilmesi sırasında ortaya çıkabilecek veri kayıplarını en aza indirger.

A/D dönüştürücü, dedektör sistemlerinden alınan analog sinyalleri bilgisayar tarafından tanınan sayısal verilere dönüştürür. Çıkış sinyallerinin voltajları ölçülür ve voltaj yoğunluğuna göre numara verilir. Bu numarasal tayinler 256 gri gölgeye çevrilir.^{4,6}

Dijital radyografi de konvansiyonel radyografide olduğu gibi X-ışını kullanır ancak görüntü banyo işlemini gerektiren film yerine bilgisayar ekranında oluşur. Dijital radyografide "görüntü" terimi meydana gelen resmi tanımlamak için kullanılır.

Tipik olarak bilgisayar 486 veya daha yüksek işlemciden, 640 KB internal hafızayla birlikte SVGA grafik kartı ve yüksek rezolüsyonlu (1024 X 768 piksel) monitörden oluşur.⁶

Bilgisayar sensörden gelen elektronik sinyalleri bilgisayar ekranında görülen gri tonlara çevirmekten sorumludur.⁴ Her bir piksel (resim elementi) bilgisayarda, gri tonunun lokalizasyon ve derecesi ile sayısal olarak temsil edilir. Bu sayısal aralık 8 bitlik bir görüntüde 256 gri tonunu oluşturan 0-255 arasında değişir. Görüntü 0,5 - 120 saniye içinde bilgisayar monitörüne geleneksel film işleminin gerektirdiğinden daha az sürede kaydedilir. Görüntü kaydındaki bu hız cerrahi implantların yerleştirilmesi veya kanal enstrümantasyonu gibi durumlarda oldukça yararlıdır. Görüntü daimi olarak bilgisayarda saklanabilir, hastaya kopyası verilebilir veya elektronik olarak iletilir.

Çeşitli bilgisayar görüntüleme özellikleri dijital görüntüleme sistemleri ile birlikte bulunmaktadır. Dijital sistemlerde split ekran teknolojisi önemli rol oynamaktadır. Bu teknoloji hekime aynı ekranda pek çok görüntünün görülmesi ve karşılaştırma imkanı vermektedir. Bu özellik çürük ve periodontal hastalık ilerlemelerinin değerlendirmesi ve karşılaştırılmasında yardımcıdır. Örneğin çürükteki ilerlemeler aralıklı olarak alınan ısırtma grafisi ile karşılaştırılabilir. Dijital sistemler orijinal görüntüsünden dört kez daha büyütülmüş görüntü imkanı da sağlarlar. Bu özellik de dişlerin apikal bölgesinin değerlendirilmesinde faydalıdır.⁹

Kısaca bu sistemin avantaj ve dezavantajları şöyledir;

Avantajları:

- Dijital sensörlerin x-ışınlarına karşı daha duyarlı olması sonucu, hastaya verilen dozda %50'den %95 varan oranlarda azalma olur,
- Kullanımı kolaydır ve muayenehanede az yer kaplar. Filmlerin işlenmesi için gereken karanlık oda, banyo solüsyonu ve banyo sisteminin gerektirdiği gereçlere DDR'de ihtiyaç yoktur ve dolayısıyla çok kısa sürede görüntü elde edilir ve operatif işlemleri hızlandırır,
- Banyo işleminin ortadan kalkması sonucunda herhangi bir kimyasal atık oluşmaz, çapraz kontaminasyon riski de önemli ölçüde ortadan kalkar. Banyo solüsyonlarının tazeliğinin bozulmasına bağlı olarak

meydana gelen değişiklikler DDR'de görülmez. Böylece görüntü kalitesi sabit kalır. Sensör sert olduğu için de klasik filmlerde oluşan görüntü distorsiyonu DDR'de görülmez,

- Elde edilen görüntülerin kontrastını ve parlaklığını değiştirmek, görüntüyü renklendirmek ve negatifini elde etmek, "zoom modu" ile görüntünün istenilen bölgesini büyütüp ayrıntılı inceleme yapmak, görüntüler üzerinde açı ve uzunluk ölçümü yapmak mümkündür,
- Standardizasyon sağlanarak elektronik arşivleme yapılabilir. Böylece tedavi öncesi ve tedavi sonrası görüntüleri karşılaştırma imkanı doğar. Ayrıca DDR sistemlerinin bazılarında bulunan ağız içi kamera sistemi ile ağız içi video görüntüleri elde edilebilmekte, DDR ve video görüntülerinin elektronik transferi yapılabilmektedir.^{8,10,16,18-21}

Dezavantajları:

- Fiyatı pahalıdır,
- Çözünürlüğü klasik filmlerden daha düşüktür,
- Damak derinliği az veya alveol kavsi dar olanlarda, rubber-dam kullanılan hastalarda sensörün yerleştirilmesi zor olabilir,
- Yazıcıdan alınan görüntülerin baskı kalitesi ekran görüntüsünden daha kötüdür.^{8,10,16,18,20}

Dijital görüntüleme ve film tabanlı sistemler çürük, periapikal hastalıklar, periodontal hastalıkların tanısında pek çok çalışmada karşılaştırılmıştır ve genellikle bu iki görüntüleme yöntemi arasında diş patolojilerinin tanısı yönünden istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.²²⁻³¹

Wenzel²² dijital görüntüleme sistemlerinin çürük teşhisinde geleneksel filmler kadar doğru sonuç verdiği bildirilmektedir.

Tyndall ve arkadaşları²³ ara yüz çürük tespiti üzerinde, CCD tabanlı görüntü modifikasyonu uygulanmış ve uygulanmamış dijital görüntüler ile E speed filmleri karşılaştırmışlar ve sonuç olarak modifikasyon uygulanmayan dijital görüntüler ile geleneksel filmler arasında fark bulunamazken, modifikasyon uygulanmış olanların çürük teşhisinde artı bir avantaj sağlamadığını rapor etmişlerdir.

Naitoh ve arkadaşlarının²⁵ arayüzlerde, çürük derinliğinin saptanmasına ilişkin yeterli deneyime sahip gözlemciler ile yaptıkları çalışmada, direkt dijital radyografilerde ve geleneksel filmlerde, gözlemci içi uyum ortalama olarak sırasıyla 0,77 ve 0,78 ve gözlemciler arası uyum ise ortalama 0,44 ve 0,42 olarak tespit edilmiştir. Hem gözlemci içi, hem de gözlemciler arası uyumda her iki radyografik yöntemde benzer sonuçlar rapor edilmiştir.

Paurazas ve arkadaşları²⁷ periapikal lezyon tespitini CCD, CMOS-APS görüntüleme sistemleri ve E-hızında filmlerde karşılaştırmış ve istatistiksel olarak fark bulunmadığını rapor etmişlerdir.

Nair ve arkadaşları²⁸ E-hızında filmler ve dijital görüntüleme yöntemini alveolar krestal kemik tespitinde karşılaştırmışlar ve sonuçta periodontal lezyon tespitinde fark bulunmadığını rapor etmişlerdir.

Hintze ve arkadaşlarının²⁹ sürekli dişlerde yaptığı *in-vitro* çalışmada; geleneksel ve dijital radyografiler arasında yapılan karşılaştırmada tanısız doğruluk açısından, ara yüz mine çürüklerinin tespitinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Mine çürüklerinin tanısında ise radyografik yöntemlerin her ikisi de yetersiz bulunmuştur.

Haak ve arkadaşlarının³⁰ *in-vitro* olarak sürekli dişlerde, ara yüz dentin çürüklerinde yaptıkları çalışmada, CCD sensörlü dijital intraoral radyografiler (sensitivite: 0,35 spesifite:0,96) ile geleneksel filmler (sensitivite:0,32 spesifite:0,94) arasında ara yüz çürüklerini teşhis açısından fark olmadığını rapor etmişlerdir.

White ve Yoon'un³¹ ara yüz çürüklerinde yaptığı *in-vitro* çalışmada, CCD sistemler ile geleneksel filmler karşılaştırılmış ve sonuçta benzer diagnostik performanslar elde edildiği rapor edilmiştir.

2.İndirekt dijital görüntüleme:

İndirekt dijital görüntüleme sisteminin ana komponentini CCD kamera ve bilgisayar oluşturur. Bu metotta varolan radyografi, CCD kamera kullanılarak dijitalize edilir. CCD kamera görüntüyü tarar ve dijitalize eder sonra bilgisayar ekranında imaj görüntülenir.

Bu kavram görüntü taranmasına (scan) benzemektedir. Örneğin; fotoğrafın bilgisayar ekranına aktarılması gibi. İndirekt dijital görüntüleme, direkt dijital görüntülemeye göre ikinci kalitedir çünkü sonuç görüntü orijinal görüntünün kopyasına benzer.¹⁰

KAYNAKLAR

1. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Bursa:Güneş Nobel Basımevi,1998.
2. Gröndahl HG, Gröndahl K, Okano T, Webber RL.: Statistical contrast enhancement of subtraction images for radiographic caries diagnosis.Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;53:219-23.

3. http://www.uab.edu/radiography/RAD324/Digital_Projection_Radiography_files/frame.htm#slide0099.htm (Refers to radiography exams the use "detectors" that convert X-ray energy into electrical signals.)
4. White SC, MJ Pharoah. Oral Radiology; 4 th ed. Mosby , St Louis, 2000, 385-93.
5. http://www.aadmrt.com/static.aspx?content=currents/farman_spring_04
6. Parks ET, Williamson GF. Digital radiography: An overview. J Contemp Dent Pract. Nov 2002;3(4):023-039.
7. Ergül N. Arayüz çürüklerinin radyografik olarak saptanmasında görüntü kalitesinin etkisi. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1996, Doktora tezi.
8. Aydın Ü, Alasya D. Dişhekimliğinde direkt dijital radyografi. Atatürk Üniv. Diş Hek Fak Derg. 1992;8(2):78-84.
9. Haring JJ, Jansen L. Dental Radiography Principles and Techniques; 2nd ed. WB. Saunders, Philadelphia, 2000, 223-226.
10. Er K, Yücel Beyaztaş F, Akpınar KE. Direkt dijital radyografinin kimlik tespitinde kullanımı Adli Tıp Dergisi. 2002;16(1): 63-69.
11. Emmot L. Making sens of sensors a guide to choosing digital radiography sensors. Dent Prod Rep. 2002 Mar;36-38.
12. Bedard A, Davis TD, Angelopoulos C. Storage Phosphor Plates: How Durable are they as a Digital Dental Radiographic System?. J Contemp Dent Pract, 2004 May; 2(5):057-069
13. Brennan J, An introduction to digital radiography in dentistry. Journal of Orthodontics. 2002 March; 29 (1): 66-69.
14. Digital radiography, <http://www.oralurgerycare.com/digitald.html.052005>.
15. http://www.soredex.com/pdf/Digora_optime_tech.pdf
16. Akgül HM, Yılmaz AB: Direkt dijital radyografi (DDR). Atatürk Üniv Dişhek Fak Der. 1998;8(1):100-104.
17. Uffenbeck J. Microcomputers and microprocessors; 10th ed. Prentice-Hall, New Jersey, 1985, syf 6.
18. Hedrick RT, Dove SB, Peters DD, McDavid WD. Radiographic determination of canal length: Direct digital radiography versus conventional radiography J Endod. 1994;20 (7):320-25.
19. Wenzel A, Gröndahl HG. Direct digital radiography in the dental Office. Int Dent J. 1995;45(1):27-34.
20. Akdeniz BG: Periapikal doku değişiklikleri ve dijital radyografi. Dişhek Klinik Der. 1999;12(2);52-56.
21. Burger CL, Mork TO, Hutter JW, Nicol B.: Direct Digital radiography versus conventional radiography for estimation of canal length in curved canals. J Endod. 1998;25(4):260-263.
22. Wenzel A.: Digital radiography and caries diagnosis. Dentomaxillofacial Radiol. 1998 Jan;27(1):3-11.
23. Tyndall DA, Ludlow JB, Platin E, et al. A comparison of Kodak Ektaspeed Plus film and the Simens Sidexis digital imaging system for caries detection using receiver operating characteristic analysis Oral surg Oral med Oral pathol Oral Radiol Endod. 1998 Jan;85(1): 113-8.
24. Wenzel A . Digital imaging for dental caries In: Miles D, editor. Applications of Dental Imaging Modalities in Dentistry. Dent Clin North Am. 2000 Apr; 44(2): 319-38.
25. Naitoh M, Yuasa H, Toyama M, Shiojima M, Nakamura M, Ushida M, et al. Observer agreement in the detection of proximal caries with direct digital intraoral radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1998;85:107-12.
26. Borg E, Attelmanam A, Gröndahl H-G. Image plate systems differ in physical performance . Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000 Jan; 89(1):118-24.
27. Paurazos SB, Geist JR, Pink FE, et al. Comparison of diagnostic accuracy digital imaging using CCD and CMOS-APS sensors with E speed film in the detection of periapical bony lesions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000 Mar; 89(3):356-62.
28. Nair MK, Ludlow JB, Tyndall DA, et al. Periodontitis detection efficacy of film and digital images. Oral surg Oral med Oral pathol Oral Radiol Endod. 1998 May; 85(5): 608-12.
29. Hintze H, Wenzel A, Jones C. In-vitro comparison of D-and E-hızında film radiography , RVG and visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. Caries Res. 1994; 28: 363-67.

30. Haak R, Wicht JM, Noack JM: *Conventional ,digital and contrast-enhanced Bite-wing radiographs in the decision to restore approximal carious lesions.Caries Res. 2001;35:193-99.*
31. White SC, Yoon DC: *Comperative performance of digital and conventional images for detecting proximal surfaces caries.Dentomaxillofac Radiol.1997; 26:32-38.*

Yazışma Adresi:

Dr. Defne YALÇIN YELER

C.Ü. Diş Hek. Fakültesi
Oral Diagnoz ve Radyoloji B.D.
0 346 2191010-2797
dyeler@ cumhuriyet.edu.tr