

İLERİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ ve ENDODONTİ

ADVANCED IMAGING TECHNIQUES and ENDODONTICS

^{1*}İsmail Davut ÇAPAR, ¹Hakan ARSLAN, ²Elif TARIM ERTAŞ, ¹Hüseyin ERTAŞ

¹Yrd. Doç.Dr. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, İzmir.

²Yrd. Doç.Dr. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, İzmir.

Özet

Endodontik tedavide; teşhis koymak, tedavi planını belirlemek, çalışma boyunu hesaplamak ve yapılan tedavinin sonuçlarını değerlendirmek amacıyla radyografler kullanılmaktadır. Kök kanal anatomisinin, periradiküler lezyonların ve komşu anatomik oluşumların lokalizasyonlarının görüntülenmesine olanak sağlayan ağız içi periapikal radyografler endodontik tedavi sürecinde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak çeşitli limitasyonlara sahip olan geleneksel radyografi teknikleri iki boyutlu görüntü imkânı vermektedir. Bu limitasyonları aşmak amacıyla, teknolojinin gelişimiyle üretilen manyetik rezonanslı görüntüleme, ultrasonografi ve farklı bilgisayarlı tomografi görüntüleme teknikleri endodontik tedavide de kullanıma girmiştir. Bu derlemenin amacı ileri görüntüleme tekniklerinin avantajlarını, limitasyonlarını ve endodontik tedavideki yerini tartışmaktır.

Anahtar Kelimeler: İleri görüntüleme teknikleri, endodonti.

Abstract

Radiographs are used in endodontic treatment for diagnosis, determining treatment protocol, working length measurement, and outcome assessment. Intra-oral periapical radiographs are still most commonly exposed during endodontic procedures, providing useful information for the presence and location of root canal anatomy, periradicular lesions, and the proximity of adjacent anatomical structures. However, conventional radiographic techniques with various limitations allow a two-dimensional image facility. To overcome these limitations, magnetic resonance imaging, ultrasonography and various computed tomography techniques, which were produced during the development of technology, come into use in endodontics. The aim of this review is to discuss limitations, advantages and the place of advanced imaging techniques in endodontic treatment.

Key words: Advanced imaging techniques, endodontic.

Giriş

Radyografik değerlendirme endodontik tedavi öncesi teşhis amaçlı, tedavi planlanması esnasında, tedavi süresince ve tedavi sonrasında prognoz değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.^{1, 2} Radyografik tekniklerden ağız içi radyografler endodontik tedavi esnasında kullanılan en genel yöntemdir.^{3, 4} Bu radyografler periapikal lezyonların, kök kanal anatomisinin ve komşu anatomik yapıların yerlerinin belirlenmesinde önemli bilgiler vermektedirler. Ancak geniş kullanım alanlarına rağmen geleneksel radyograflerle elde edilen görüntüler kısıtlı bilgiler verebilmektedir. Bu limitasyonlar şöyle özetlenebilir:

1) Geleneksel radyografler kökler ile çevre anatomik yapıların ve periradiküler lezyonların ilişkilerini her zaman tam olarak tespit edemeyebilir.^{5, 6} Ayrıca geleneksel radyografler ile kök rezorpsiyonları gibi kök morfolojisinin incelenmesi gereken durumlarda görüntünün şekil, yapı ve konum bakımından değerlendirilmesi zordur.⁷

2) Çene yüz bölgesinin karmaşık yapısından dolayı radyografik görüntüler değerlendirilen anatomiye tam olarak yansıtamazlar.⁸ Işın kaynağında 10-15 derecelik horizontal açı değişiklikleri yapılarak (parallax tekniği) alınacak olan radyografler ile bu kısıtlamaların üstesinden gelebilmek mümkündür.⁹

3) İdeal bir şekilde paralel teknik ile alınan radyografler açıortay tekniği ile alınan radyograflere göre geometrik olarak daha doğru sonuçlar verirler.^{10, 11} Yapılan araştırmalarda apikal anatominin paralel teknik ile açıortay tekniğine göre daha doğru yansıtılabileceği gösterilmiştir.^{1, 2, 12} Fakat ağız derinliği küçük olan, zayıf toleransı olan ve

*İletişim Adresi

Dr. İsmail Davut ÇAPAR
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye.

Tel: 0 505 4735470
e-mail: capardt@hotmail.com

bulantı refleksi fazla olan hastalarda zorluklar yaşamak muhtemeldir. Maxillada ise sığ olan palatal çıkıntılar filmin veya imaj reseptörünün uygun bir şekilde yerleştirilmesine imkânsız kılabilir.

4) Dijital sensörün ya da filmin uzun aksının uygun şekilde ayarlanamaması sonucu ise radyografik görüntüde geometrik distorsiyonlar meydana gelmektedir. Radyografi çekilirken ışın kaynağının fazla ya da az açılması (paralel veya açıortay tekniğinde), radyografik kök uzunluğunu artması ya da azalması ile sonuçlanacaktır.^{7, 13} ve periradiküler lezyonun gözden kaybolma ihtimali ortaya çıkacaktır.

5) İncelenen bölgenin anatomik özellikleri radyografik görüntünün yorumlanmasında belirsizliklere neden olabilmektedir.¹⁴⁻¹⁶ Bu anatomik özellikler radyopak (örneğin zigomatik çıkıntı) veya radyolüsent (örneğin insiziv foramen, maksiller sinüs) olabilmektedir.

6) Çeşitli çalışmalar^{17, 18} göstermiştir ki kalkalenöz kemik ile sınırlandırılmış periapikal lezyonlar geleneksel radyografilerle kolaylıkla izlenememektedir.¹⁹

7) Yapılan tedavi sonucunda periapikal dokularda herhangi bir değişikliğin olup olmadığının güvenilir bir şekilde yorumlanabilmesi için çekilen radyografiler; dansite, çekildiği açı ve kontrast yönünden standardize edilmelidir.⁸ İyi bir şekilde standardize edilmemiş radyografiler iyileşmenin veya başarısızlıklarının fazla ya da az olarak değerlendirilmesine sebep olmaktadır.^{20, 21}

Geleneksel radyografilerdeki bu limitasyonlar endodontik görüntüleme tekniklerinin önemini ortaya koymaktadır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle tıp alanında kullanılan görüntüleme teknikleri diş hekimliğinde de kullanılmaya başlanmıştır.

ENDODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN İLERİ GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ:

Tuned Aparture Bilgisayarlı Tomografi (TACT)

TACT tomosentez prensibine göre çalışmaktadır.²² Kesitler halinde alınan görüntüyü üç boyutlu bilgiye dönüştürebilmek amacı ile farklı açılardan 8-10 adet radyografik görüntü alınması prensibi ile çalışır. TACT'nin klasik radyografilere göre iddia edilen üstünlüğü Cilt / Volume 14 · Sayı / Number 1 · 2013

ilgilenilen sahadaki süperpozisyonların neden olduğu anatomik görüntü bozukluklarının daha az olmasıdır.^{23, 24}

TACT'nin diş hekimliğinde çürüklerin teşhisinde,²⁵ travmaya uğramış dişlerde²⁶ ve implant öncesi değerlendirmede²⁷ kullanılabileceği bildirilmiştir. Bu sistemin hem minedeki hem de dentindeki oklüzal çürüklerin teşhisinde geleneksel radyografilerden daha başarılı olduğu bildirilmiştir.²⁸ Harase ve ark.²⁹ bu yöntemin ara yüz çürüklerinin teşhisinde geleneksel radyografilere alternatif olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca TACT'nin vertikal kök kırıklarının tespit edilmesinde uygun olduğu gösterilmiştir.^{30, 31}

Manyetik Rezonanslı Görüntüleme (MRI)

Manyetik rezonans kavramı ilk olarak 1942 yılında ortaya atılmıştır. Bu tekniğin insan üzerinde görüntüleme amacıyla kullanılmasına 1977 yılında başlanmıştır.³² MRI görüntüleme sisteminde hasta kuvvetli bir manyetik alan içerisine konulur. Vücuttaki hücre sıvısı ile lipitler içerisinde bulunan hidrojen protonlarından üretilen sinyaller kullanılarak görüntü elde edilir.³³

MRI sistemi ile radyasyon dozajı kaygısı olmadan görüntü elde edebilmeye olanak sağlar. Bu sistem Temporomandibular eklem ve tükruk bezi hastalıklarının teşhisinde kullanılabileceği gibi;³⁴ endodontik lezyonların gelişiminin değerlendirilmesinde ve periapikal cerrahi planlandığı zamanlarda faydalı olabileceği öne sürülmüştür.⁶ Dental rahatsızlıkları bulunan hastalardan bir seri MRI görüntüsünün alındığı bir çalışmada; çok köklü dişlerin köklerinin ve apikal forameninden giren nörovasküler demetin küçük dallarının kolaylıkla ayırt edilebildiği bildirilmiştir.³⁵ Başka bir çalışmada ise; MRI ve CT sistemleri ile mandibuladan elde edilen görüntüler karşılaştırılmış ve her iki sistemden elde edilen görüntülerin doğruluklarının benzer olduğu tespit edilmiştir.³⁶

MRI taramaları; CT görüntülerinde majör problem olan metalik restorasyonların (örneğin amalgam, metalik ekstrakoronel restorasyonlar ve implantlar) sebep olduğu artefaktlardan etkilenmemektedir.³⁷ Manyetik rezonans görüntüleme sisteminin çeşitli dezavantajları da vardır. Normal radyografi ile karşılaştırıldığında çözünürlüğü daha düşüktür, tarama süresi uzundur ve ek olarak maliyeti çok pahalıdır.

Sadece belirli radyoloji ünitelerinde mevcut olduğu için erişimi güçtür. Sert dokuların farklı çeşitlerini (örneğin mine ve dentini) birbirlerinden veya metalik nesnelere ayırt edemezler ve hepsini radyolüsent gösterirler. Bu sebeplerden dolayı MRI görüntüleme sisteminin endodontide kullanımları kısıtlıdır.³⁸

Ultrasound (US)

Cisimlerin ultrasonografik olarak görüntüleme işlemi ilk olarak 1939 yılında gerçekleştirilmiştir, Tıp alanında ise son 50 yıldır özellikle de gebelik esnasında teşhis amacıyla kullanılmaktadır. Düzgün bir şekilde uygulanıldığında hasta üzerinde herhangi bir risk oluşturmamaktadır.³⁹ “Bu yöntemde kullanılan kaynak, kulağın duyma sınırından çok yüksek frekanstaki ses dalgasıdır. Ultrasonografide çok yüksek frekanslı ses dalgaları, farklı dokulardan geçerken fiziksel etkileşimlere uğrar. Giderek enerjilerini kaybeder. Bu etkileşimler absorpsiyon, kırılma ve saçılma şeklinde olur. Ultrasonografide temel olay yansımadır. Farklı ortamların sesin iletimine gösterdiği direnç farklılıkları yansımanın oranını belirler”.³³

Ultrasonografi yöntemiyle periapikal lezyonların kist ya da granülom olup olmadıklarını başarılı bir şekilde tespit edilebilmektedir.⁴⁰ Ultrasonografi kemik tarafından bloke olmaktadır ve bu sebeplerden dolayı kortikal kemiğin mevcut olmadığı ya da ince olduğu durumlardaki periapikal lezyonların görüntülenmesinde yardımcı olabilmektedir. US kullanımının posterior dişlerde ve bukkal mukozada daha zor olması sebebi ile ağzın ön bölgelerinde kullanılması daha uygundur.³⁹

Bilgisayarlı Tomografi (CT)

Aksiyal Bilgisayarlı Tomografi cihazı 1970'li yıllarda Hansfield tarafından tasarlanmıştır.⁴¹ CT iki boyutlu kesitsel X-ray görüntülerinden alınan seri grafiğin üç boyutlu görüntülere dönüştürüldüğü görüntüleme tekniğidir. CT teknolojisinin endodonti alanında uygulanması ile ilgili ilk yayını Tachibana ve Matsumoto yapmışlardır.⁴² Periapikal radyografi tekniğine kıyasla CT metodunda daha fazla periapikal lezyon tespit edilebilmektedir.⁴³

CT görüntüleme metodu ile üçüncü boyutun değerlendirilebilmesi sayesinde kök sayıları ve kök kanallarının nerede birleştikleri

veya ayrıldıkları tespit edilebilmektedir. Bu bilgiler kök kanal tedavisinde başarısız olduğu durumlarda teşhis için son derece faydalı olmaktadır. Geleneksel radyografik yöntemler ile palatal ve bukkal kortikal tabakalar ile kök uçlarının arasındaki mesafe ölçülemezken CT metodu ile doğru bir şekilde tespit edilebilmektedir. Araştırmacılar endodontik cerrahi prosedürler planlandığı durumlarda CT kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.⁴³

Hastaların maruz kaldığı yüksek radyasyon dozu, taramaların pahalı olması, metalik objelerin görüntüde bozukluklara sebep olması, periapikal radyografilere göre daha düşük çözünürlüğe sahip olması ve sadece belirli radyografi ünitelerinde bulunması gibi sebeplerden dolayı CT teknolojisi endodonti alanında yavaş ilerlemektedir. CT teknolojisinin endodontik amaçlı kullanımı bu günlerde yerini konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) teknolojisine bırakmaktadır.³⁹

Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi (CBCT)

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi sistemi 1990'lı yılların sonlarında geliştirilmiştir. CT'den daha düşük radyasyon dozuna sahiptir. CBCT çene-yüz sisteminin üç boyutlu taranabilmesine olanak sağlayan ekstra-oral görüntüleme sistemidir.^{44, 45}

CT taramalarına göre en önemli avantajı; alınan radyasyon dozunun önemli derecede azaltılmasıdır. Radyasyon dozunun azaltılması; tarama süresinin kısa olmasından, ışınlama olayının çok hızlı olmasından ve görüntü sensörlerinin oldukça gelişmiş olmasından kaynaklanmaktadır. CBCT tarayıcılarının tarama süreleri tarayıcının kullanımına ve seçilen ışınlama parametrelerine göre 10 ile 40 saniye arasında sürmektedir.⁴⁶

CBCT tarayıcılarının kullanımı CT tarayıcılarına göre daha basittir ve cihaz daha az komplike olup daha ucuz bir donanıma sahiptir. Panoramik röntgen cihazları kadar yer kaplamaktadır. Bu sebeplerden dolayı CBCT tarayıcılarının diş hekimliği pratiğinde uygulanması kullanışlıdır.⁴⁷ Dental sert dokuların değerlendirilmesinde CBCT tarayıcılarının görüntü kalitesi helikal CT tarayıcılarından daha üstündür.⁴⁸⁻⁵⁰

Ayrıca CBCT metodu ile periradiküler dokulardaki radyolüsent değişimlerin erken tespiti endodontik hastalıkların daha etkili bir

şekilde tedavi edilmesini sağlamaktadır. Dişlerin apeksleri maksiller sinüs tabanına yaklaştıkça ve periapikal lezyon ile maksiller sinüs tabanı arasındaki mesafe 1 mm'den az olduğu durumlarda periapikal lezyonların tespit edilme olasılıkları düşmektedir.⁵¹ CBCT ile geleneksel radyografi yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada; CBCT yöntemi ile % 38 daha fazla lezyon tespit edilebilmiştir. Bu durum özellikle anatomik görüntü bozukluklarının CBCT ile elemine edilebildiği mandibular ve maksiller ikinci molar dişlerde görülmüştür.⁵²

Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi endodontik cerrahi işlemlerin planlanmasında önerilmektedir.^{53, 54} Köklerin sayısı ve birbirleri ile birleşip ayrılması, kemik topografisi doğru bir şekilde ancak üç boyutlu olarak gözlemlenebilir. Periapikal radyografiler ile tespit edilemeyen kök kanalları aksiyal kesitler ile tespit edilebilmektedir.⁵⁵ Periapikal lezyonların gerçek boyutları, lokalizasyonları, genişlemeleri ve hangi kök ile ilişkili oldukları CBCT metodu ile teyit edilebilmektedir. Bu bilgiler sayesinde cerrahi işlem uygulanıp uygulanmayacağı hakkında karar verilebilir.

Belki de endodontistler için CBCT teknolojisindeki en önemli nokta tedavinin sonuçlarının incelenemesidir. CBCT taramaları geometrik olarak tam doğru sonuçlar vermektedir⁵⁶ ve periapikal radyografiler de görülen anatomik görüntü bozuklukları elemine edilmiştir.

CBCT dento-alveolar travmaların teşhisinde de faydalı olabilmektedir.⁵⁷⁻⁶⁰ Alveolar lüksasyon yaralanmalarının yapısı ve şiddeti CBCT metodu ile herhangi bir geometrik distorsiyonuna ve anatomik görüntü bozukluğuna uğramadan sadece çoklu planlı bir tarama ile tespit edilebilmektedir.

CBCT metodunun horizontal kök kırıklarının tespitinde kullanılabileceği de bildirilmiştir.⁶¹ Herhangi bir kırığın gözlemlenebilmesi için farklı açıdan birden fazla periapikal film çekilmesi gerekmektedir. Buna rağmen periapikal radyografiler ile bu kırığın tespit edilememe ihtimali mevcuttur. Yeni travma geçirmiş olan hastalarda ekstra-oral bir teknik olan CBCT metodu ile görüntü alınması ağız içinden birden fazla periapikal radyografi alınmasından daha kolaydır.

CBCT yöntemi ile rezorptif lezyonların teşhisi ve değerlendirilmesi başarılı bir şekilde yapılabilmektedir. Eksternal servikal bir rezorpsiyonun kök kanalını perfore ettiği veya

internal rezorptif bir lezyonun komşu periyodonsiyuma doğru perfore olduğu durumlar CBCT kesitleri ile tespit edilebilmektedir.⁶² CBCT ile rekonsrükte edilen taramalar sonucunda; dens in dens gibi durumlar hakkında, dileserasyon gösteren ve normalden farklı sayıda köke sahip farklı anatomik yapıya sahip dişlerin kanallarının gerçek lokalizasyonları CBCT metodu ile başarılı bir şekilde tespit edilebilmektedir.^{38, 63}

Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro CT)

Mikro CT çalışmalarda sıklıkla kullanılan ancak rutin endodontik tedavide kullanılmayan bir araçtır. Yapılan in-vitro çalışmalar mikro CT cihazının yüksek doğruluğa ve güvenilirliğe sahip olduğunu ortaya konmuştur.^{64, 65}

SONUÇ

Sonuç olarak ileri görüntüleme teknikleri gerek endodontik çalışmalarda gerekse de rutin klinik uygulamalarda yararlı araçlardır. Bu cihazlar ile geleneksel radyografi teknikleri ile elde edilen görüntülerdeki limitasyonların üstesinden gelinebilmektedir. Ancak bu tekniklerin de avantaj ve dezavantajları olduğu unutulmamalı ve geleneksel radyografilerle yeterli bilgi elde edilemediği durumlarda bu yöntemlere başvurulmalıdır.

Kaynaklar

1. Forsberg J. A comparison of the paralleling and bisecting-angle radiographic techniques in endodontics. *International Endodontic Journal*. 1987b;20:177-82.
2. Forsberg J. Radiographic reproduction of endodontic 'working length' comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*. 1987a;64:353-60.
3. Walker RT, Brown JE. Radiography. In: Stock C, Walker R, Gulabivala K, editors. *Endodontics*. 3 ed. Philadelphia, PA, USA: Mosby; 2005. p. 77-92.
4. Glickman GW, Pettiette MT. Preparation for treatment. In: Cohen S, Hargreaves KM, editors. *Pathways of the Pulp*. 9 ed. St. Louis, MI: Mosby Elsevier; 2006. p. 97-135.
5. Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Traumatol*. 1999;15(4):186-9. Epub 2000/05/18.
6. Cotti E, Campisi G. Advanced radiographic techniques for the detection of lesions in bone. *Endodontic Topics*. 2004;7:52-72.
7. Whaites E. Periapical radiography. *Essentials of Dental Radiology and Radiography*. 4th ed. Philadelphia, PA, USA: Churchill Livingstone Elsevier; 2007a.
8. Gröndahl HG, Huuonen S. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. *Endodontic Topics*. 2004;8:55-67.

9. Whaites E. Alternative and specialized imaging modalities. Essentials of Dental Radiology and Radiography. 4th ed. Philadelphia, PA, USA: Churchill Livingstone Elsevier; 2007b.
10. Vande Voorde HE, Björndahl AM. Estimated endodontic "working length" with paralleling radiographs. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology. 1969;27:106-10.
11. Forsberg J, Halse A. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. Int Endod J. 1994;27(3):133-8. Epub 1994/05/01.
12. Forsberg J. Estimation of the root filling length with the paralleling and bisecting-angle techniques performed by undergraduate students. Int Endod J. 1987;20(6):282-6. Epub 1987/11/01.
13. White S, Pharaoh M. Advanced Imaging Modalities. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 5th ed. St Louis, MO: Mosby; 2004.
14. Gröndahl HG, Huuononen S. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. Endodontic Topics. 2004;8:55-67.
15. Revesz G, Kundel HL, Graber MA. The influence of structured noise on the detection of radiologic abnormalities. Invest Radiol. 1974;9(6):479-86. Epub 1974/11/01.
16. Kundel HL, Revesz G. Lesion conspicuity, structured noise, and film reader error. AJR Am J Roentgenol. 1976;126(6):1233-8. Epub 1976/06/01.
17. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone. Journal of the American Dental Association. 1961;62:152-60.
18. Schwartz SF, Foster JK. Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1971;32:606-12.
19. Lee S-J, Messer HH. Radiographic appearance of artificially prepared periapical lesions confined to cancellous bone. International Endodontic Journal. 1986;19:64-72.
20. Duckworth JE, Judy PF, Goodson JM, Socransky SS. A method for the geometric and densitometric standardization of intraoral radiographs. Journal of Periodontology. 1983;54:435-40.
21. Rudolph DJ, White SC. Film-holding instruments for intraoral subtraction radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1988;65(6):767-72. Epub 1988/06/01.
22. Webber RL, Messura JK. An in vivo comparison of diagnostic information obtained from tuned-aperture computed tomography and conventional dental radiographic imaging modalities. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1999;88(2):239-47. Epub 1999/09/01.
23. Webber RL, Horton RA, Underhill TE, Ludlow JB, Tyndall DA. Comparison of film, direct digital, and tuned-aperture computed tomography images to identify the location of crestal defects around endosseous titanium implants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996;81(4):480-90. Epub 1996/04/01.
24. Tyndall DA, Clifton TL, Webber RL, Ludlow JB, Horton RA. TACT imaging of primary caries. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1997;84(2):214-25. Epub 1997/08/01.
25. Abreu Junior M, Tyndall DA, Platin E, Ludlow JB, Phillips C. Two- and three-dimensional imaging modalities for the detection of caries. A comparison between film, digital radiography and tuned aperture computed tomography (TACT). Dento maxillo facial radiology. 1999;28(3):152-7. Epub 2000/03/31.
26. Yamamoto K, Hayakawa Y, Kousuge Y, Wakoh M, Sekiguchi H, Yakushiji M, et al. Diagnostic value of tuned-aperture computed tomography versus conventional dentoalveolar imaging in assessment of impacted teeth. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2003;95(1):109-18. Epub 2003/01/23.
27. Liang H, Tyndall DA, Ludlow JB, Lang LA. Cross-sectional presurgical implant imaging using tuned aperture computed tomography (TACT). Dento maxillo facial radiology. 1999;28(4):232-7. Epub 1999/08/24.
28. Shi XQ, Han P, Welander U, Angmar-Mansson B. Tuned-aperture computed tomography for detection of occlusal caries. Dento maxillo facial radiology. 2001;30(1):45-9. Epub 2001/02/15.
29. Harase Y, Araki K, Okano T. Accuracy of extraoral tuned aperture computed tomography (TACT) for proximal caries detection. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 2006;101(6):791-6. Epub 2006/05/30.
30. Nair MK, Nair UDP, Gröndahl HG, Webber RL, Wallace JA. Detection of artificially induced vertical radicular fractures using tuned aperture computed tomography. Eur J Oral Sci. 2001;109(6):375-9. Epub 2002/01/05.
31. Nair MK, Gröndahl HG, Webber RL, Nair UP, Wallace JA. Effect of iterative restoration on the detection of artificially induced vertical radicular fractures by Tuned Aperture Computed Tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;96(1):118-25. Epub 2003/07/09.
32. Damadian R, Goldsmith M, Minkoff L. NMR in cancer: XVI. FONAR image of the live human body. Physiological chemistry and physics. 1977;9(1):97-100, 8. Epub 1977/01/01.
33. Harorlı A, Akgül MH, Dağistan S. Görüntüleme yöntemleri. Dış Hekimliği Radyolojisi. 1 ed. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları; 2006. p. 316-58.
34. Laine FJ, Conway WF, Laskin DM. Radiology of maxillofacial trauma. Current problems in diagnostic radiology. 1993;22(4):145-88. Epub 1993/07/01.
35. Tutton LM, Goddard PR. MRI of the teeth. Br J Radiol. 2002;75(894):552-62. Epub 2002/07/19.
36. Goto TK, Nishida S, Nakamura Y, Tokumori K, Kobayashi K, Yoshida Y, et al. The accuracy of 3-dimensional magnetic resonance 3D vibe images of the mandible: an in vitro comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007;103(4):550-9. Epub 2007/03/31.
37. Eggars G, Ricker M, Kress J, Fiebach J, Dickhaus H, Hassfeld S. Artefacts in magnetic resonance imaging caused by dental material. Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine. 2005;18:103-11.
38. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. International endodontic journal. 2009;42(6):447-62. Epub 2009/03/21.
39. Hangiandreou NJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Topics in US: B-mode US: basic concepts and new technology. Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc. 2003;23(4):1019-33. Epub 2003/07/11.
40. Cotti E, Campisi G, Ambu R, Dettori C. Ultrasound real-time imaging in the differential diagnosis of periapical lesions. Int Endod J. 2003;36(8):556-63. Epub 2003/07/31.
41. GN. H. Computerized transverse axial scanning (tomography) 1. Description of system. Br J Radiol. 1973;46:1016-22.
42. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. Endod Dent Traumatol. 1990;6(1):16-20. Epub 1990/02/01.
43. Huuononen S, Kvist T, Gröndahl K, Molander A. Diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary molars. International endodontic journal. 2006;39(10):827-33. Epub 2006/09/05.
44. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. Dentomaxillofac Radiol. 1999;28(4):245-8. Epub 1999/08/24.
45. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol. 1998;8(9):1558-64. Epub 1998/12/29.
46. Arai Y, Honda K, Iwai K, Shinoda K. Practical model '3DX' of limited cone-beam X-ray CT for dental use. International Congress Series 2001. 2001:713-8.

47. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006;72(1):75-80. Epub 2006/02/17.
48. Hashimoto K, Arai Y, Iwai K, Araki M, Kawashima S, Terakado M. A comparison of a new limited cone beam computed tomography machine for dental use with a multidetector row helical CT machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(3):371-7. Epub 2003/03/11.
49. Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *J Oral Sci.* 2006;48(1):27-34. Epub 2006/04/18.
50. Hashimoto K, Kawashima S, Kameoka S, Akiyama Y, Honjaya T, Ejima K, et al. Comparison of image validity between cone beam computed tomography for dental use and multidetector row helical computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007;36(8):465-71. Epub 2007/11/24.
51. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics.* 2002;2:59-98.
52. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2007;103(1):114-9. Epub 2006/12/21.
53. Rigolone M, Pasqualini D, Bianchi L, Berutti E, Bianchi SD. Vestibular surgical access to the palatine root of the superior first molar: "low-dose cone-beam" CT analysis of the pathway and its anatomic variations. *J Endod.* 2003;29(11):773-5. Epub 2003/12/04.
54. Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endod J.* 2007;40(3):224-32. Epub 2007/02/20.
55. Low KM, Dula K, Burgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod.* 2008;34(5):557-62. Epub 2008/04/26.
56. Marmulla R, Wortche R, Muhling J, Hassfeld S. Geometric accuracy of the NewTom 9000 Cone Beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2005;34(1):28-31. Epub 2005/02/15.
57. Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dent Traumatol.* 2007;23(2):95-104. Epub 2007/03/21.
58. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of Endodontics.* 2007;9:1121-32.
59. Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *International Endodontic Journal.* 2007;40:730-7.
60. Tsukiboshi M. Optimal use of photography, radiology and micro computed tomography scanning in the management of traumatized teeth. *Endodontic Topics.* 2008;12:4-19.
61. Terakado M, Hashimoto K, Arai Y, Honda M, Sekiwa T, Sato H. Diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(4):509-18. Epub 2000/04/13.
62. Maini A, Durning P, Drage N. Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *Br Dent J.* 2008;204(3):135-7. Epub 2008/02/12.
63. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of endodontics.* 2007;33(9):1121-32. Epub 2007/10/13.
64. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J.* 2003;36(2):86-92. Epub 2003/03/27.
65. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221-30. Epub 2002/08/24.