

## Bölüm 12

# KONİK IŞINLI TOMOGRAFİNİN ENDODONTİDE KULLANIM ALANI

Ömer DEMİRTAŞ<sup>1</sup>

Radyografi, odontojenik ve odontojenik olmayan patolojilerin daha doğru bir şekilde teşhisi, kök kanal morfolojisi, kök kanal tedavisinin başarısı, biyomekanik şekillendirme ve post operatif sürecin değerlendirilmesinde ve kısacası, endodontinin her aşamasında gereklidir (1). Radyografi preoperatif değerlendirmede diş ve çevre dokularının morfoloji ve patolojisini görselleştirerek doğru tanıya yardımcı olur. Kök kanal morfolojisi, pulpa odası boyutu ve kalsifikasyon derecesi, kırık hatları, iyatrojenik kusurlar ve diş çürüğünün kapsamı dahil olmak üzere dişin morfolojisi hakkında bilgi verir. Postoperatif olarak kök kanal dolumu, tedavinin uzun dönem başarısı, ve başarısız olan tedavilerde retreatment ya da cerrahi tedavi açısından değerlendirmede radyografi önemli rol oynar (2). Panoramik ve periapikal radyografiler tanı ve tedavi planlamasında en çok başvurulan görüntüleme yöntemleridir. Fakat, üç boyutlu anatomiye iki boyutlu görüntüye dönüştürmeleri (3), anatomik yapıların süperpozisyonu(4), küçük boyuttaki lezyonların görüntülenmesinde yetersiz kalması(5), distorsiyon ve magnifikasyon gibi geometrik bozulmaları (6) ve standardizasyonun sağlanamamasını(7) içeren sınırlamalar mevcuttur (8).

### KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) panoramik görüntülemenin çıkışından bu yana maksillofasiyal görüntülemeye en önemli teknolojik ilerlemedir (9). KIBT diş ve çevre dokularını ilgilendiren kompleks endodontik problemlerin tanı tedavi planlamasında fayda sağlar. KIBT'nin endodontide kullanımının tüm dünyada hızla arttığına dair 2014'te Avrupa Endodonti Derneği (AED), 2015'te Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) ve Amerikan Oral ve Maksillofasiyal Radyoloji Akademisi (AAOMR) gibi ünlü dernekler bir rapor yayınlamışlardır (10).

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.D.,  
odsydemirtas@gmail.com

KIBT, x-ışını kaynağının incelenen doku etrafında tek bir rotasyon hareketi yaparak görüntü elde eden, geleneksel bilgisayarlı tomografinin (BT) bir modifikasyonudur. Veriler, üç geleneksel (aksiyal, sagittal ve koronal) ve veri üzerinde oluşturulan çoklu düzlemlerde görüntülenebilen bir veri hacmi oluşturmak için BT tabanlı bir algoritma kullanılarak analiz edilir ve yeniden yapılandırılır. Görüntü elde etmek hızlıdır. BT'ye nispeten daha düşük maliyetlidir. 2 boyutlu radyografi ile görüntülenmeyen diş ve çevre dokuların üç boyutlu ve yeterli çözünürlükte bir görüntü elde eder (11).

KIBT cihazlarında radyasyon dozu cihazın tipine ve görüntüleme alanının genişliğine göre değişebilmektedir. Küçük, orta ve büyük olmak üç çeşit görüntüleme alanı mevcuttur. Geniş, orta ve küçük görüntüleme alanları (field of view, FOV) ortalama etkin dozları sırasıyla 212, 177 ve 84  $\mu\text{Sv}$  olarak değişmektedir. Küçük FOV dozu 5-146  $\mu\text{Sv}$  arasında değişir. KIBT'e kıyasla panoramik radyografinin dozu 16-20  $\mu\text{Sv}$  arasında değişmektedir(12).

Endodontide KIBT görüntüleme, kök kanal sistemi ve periodontal dokuların inceliklerini anlamak için son derece yüksek detay ve çözünürlük gerektirir. Yüksek görüntü çözünürlüğü, hastanın daha yüksek hasta radyasyonuna maruz kalmasına sebep olur. Endodontik problemlerin tanı ve tedavisinde sadece küçük FOV KIBT taramaları önerilir. Küçük bir FOV taraması, maruz kalan doku hacmini ve etkin radyasyon dozunu azaltır, böylece bu saçılmayı azaltarak görüntü kalitesini iyileştirir. Görüntüleme esnasında hastanın küçük bir hareketi bile görüntünün kalitesini bozar. Hasta stabilitesini korumak için en uygun makineler, hastanın ayakta durmak yerine oturarak, hatta uzanarak görüntü alınan cihazlardır(13). Fakat günümüzde muhtemelen hem ucuz olması hem de multifonksiyonel olması sebebiyle ayakta hasta görüntü alımını sağlayan hibrit panoramik/KIBT cihazları yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak, görüntü kalitesinin daha düşük olma riskiyle karşı karşıya olduğu kabul edilmelidir(11).

## **KIBT LİMİTASYONLARI**

Amalgam dolgular, metal postlar, kuronlar ve implantlar gibi metalik restorasyonların varlığı ve hatta gütta-perkanın varlığı bile, kök kanal anatomisi ve buna ilişkin kök rezorpsiyonu ve kök fraktürleri gibi patolojilerin görüntülenmesini engelleyen veya detayı azaltan önemli radyografik artefaktlara sebep olabilirler. Bu sorunun üstesinden gelmek için Metal artefakt azaltma algoritmaları (MAR), yaygınlaşmaya başlamıştır b(14). Bunlar, çizgi, ışın sertleşmesi ve foton açlığı artefaktının bulunduğu bir görüntü alanını analiz eden ve artefaktın hemen bitişiğindeki

sınır bölgelerinde hangi gri tonunun bulunması gerektiğini belirlemek için bitişik 'normal' görüntüyü analiz eden matematiksel son işleme programlarıdır. Bu gri tonlamalar daha sonra görüntünün, bilginin eksik olduğu etkilenen bölgelerine uygulayarak asıl görüntüyü yumuşatır ve gerçek ayrıntıya yaklaşır. Ancak bu hataya açıktır ve elde edilen görüntülerde netliği azaltabilir. Bu nedenle bu tür programları kullanırken dikkatli kullanılmalıdır (15).

## **ENDODONTİDE KIBT KULLANIMI**

### **Apikal periodontitisin tespiti**

Periapikal lezyonların teşhisi, lokalizasyonu ve boyutlarının değerlendirilmesi endodontik tedavi planı açısından önemlidir (16). Periapikal radyografi (PR) apikal periodontitisin radyolojik olarak tespitinde standart referans olarak kabul görmektedir (17). Ancak 2 boyutlu radyografinin limitasyonlarından dolayı periapikal lezyonlar erken dönemde radyografik olarak tespit edilemeyebilirler (18, 19). Bu durum özellikle klinik semptom gösteren pulpa nekrozu veya irreversible pulpitis endodontik problemlerin erken dönem tespitinde güçlükler sebep olabilmektedir (20-22).

KIBT periapikal lezyonların tespitinde önemli ölçüde geleneksel radyografiden daha hassastır (18). Lofthag-Hansen ve ark. (23) KIBT ve konvansiyonel periapikal radyografi kullanarak üst ve alt çenede posterior dişlerdeki apikal periodontitisin prevalansını araştırdığı bir çalışmada, KIBT' in %62 oranında daha fazla periapikal enfeksiyon tespit etmiştir. KIBT spongiyoz ve kortikal kemiği ayrı ayrı olarak gösterebildiğinden dolayı apikal periodontitisin tespiti periapikal radyografiye daha kolaydır (18). KIBT, eksik kanal, lezyonun maksiller sinüs içine yayılımını ve sinüs membranının kalınlaşması gibi daha fazla sayıda bulguları gösterir. Patel et al (24) yaptıkları bir çalışmada apikal periodontitisin teşhis oranı periapikal radyografide %24.8, KIBT' de %100 olarak rapor etmişler.

Periapikal radyografi ile kolayca saptanamayan küçük periapikal lezyonlar kolaylıkla KIBT ile saptanabilir. Bu sayede endodontik tedavi ile konservatif tedavi arasında karar verilmesinde güçlük çekilen büyük çürük veya pulpitis vakalarında tedavi planlamasını etkileyebilir (25, 26).

## **KÖK KANAL TEDAVİSİN BAŞARISININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kronik apikal periodontitisin (AP) radyografik belirtileri olan dişlerin kök kanal tedavisinin, ameliyat öncesi apikal periodontitis belirtisi olmayan dişlere göre daha kötü (radyografik) sonuçlara sahip olduğu iyi bilinmektedir (27). Bu neden-

le, AP'nin CBCT ile daha erken tanımlanması, endodontik hastalığın daha erken teşhis ve tedavisine neden olabilir.

CBCT görüntülerinin endodontideki başarısı, kök kanal tedavisinin ve retreatment vakalarının yanı sıra periapikal mikrocerrahinin sonucunun daha objektif ve doğru bir şekilde değerlendirilmesi ile sonuçlanır (28, 29).

Paula-Silva ve ark. (30), köpeklerde endodontik tedavinin sonucunu değerlendirmek için KIBT ve geleneksel periapikal radyografileri karşılaştırmıştır. Tedaviden altı ay sonra, dişler konvansiyonel radyografilerle değerlendirildiğinde başarı oranı %79 iken sonucu değerlendirmek için KIBT kullanıldığında başarı oranı %35 olarak rapor edilmiştir. Endodontik tedavinin sonuçlarını karşılaştıran bir klinik çalışmada, Liang ve ark. (29) olgular periapikal radyograflarla değerlendirildiğinde başarı oranlarını %87, KIBT uygulandığında ise %74 olarak bildirmiştir. Bu kanıtın ışığında, kök kanal tedavisini takiben geleneksel radyografilerde daha önce iyileştiği düşünülen birçok apikal periodontitis vakasının gerçekten de tam olarak çözülmemiş olması muhtemeldir. Bu, bugüne kadar geleneksel görüntülemeye dayanan endodontik tedavi başarısının radyografik değerlendirmesine şu anda uygulanan çok katı kriterlerin yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir (17).

Tüm bunlar göz önüne alındığında sonuç olarak şunları söyleyebiliriz: Periapikal lezyonun boyutunu değerlendirmek geleneksel radyografi limitasyonlarından dolayı KIBT'te daha doğru bilgiler verir. Kliniksel muayenin ve geleneksel radyografinin yeterli olmadığı durumlarda odontojenik ve nonodonrojenik ağrının teşhisinde KIBT yardımcı olmaktadır(11).

## **KÖK KANAL ANATOMİSİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Karmaşık kök kanal anatomisinin anlaşılması, tüm kök kanallarının erişilebilir, şekillendirebilir, temizlenebilir ve doldurabilir olması başarılı bir endodontik tedavi için olmazsa olmazdır (8, 31). Kök kanal anatomisini değerlendirmede, geleneksel radyografiler 2 boyutlu doğalarından dolayı yeterli bilgiyi vermezler (8, 11). Çok köklü dişlerde bukkal ve lingual/palatinal kökler radyografide süperpoze olur; bu sebeple periapikal lezyonların tam olarak lokalizasyonunu yapmak ve değerlendirmek güçleşebilmektedir. Bu dişlerde kök kanal anatomisi de tam olarak değerlendirilemeyebilir.

Kanal tedavisi yapılmış dişlerde, radyo opak kanal dolgu materyali, tedavi edilmeyen kanalları da maskeleyebilir (32). KIBT üç boyutlu görüntüleme ile klinisyene, karmaşık endodontik problemlerin tanı ve tedavi planlamasında önemli bilgi sunar (11).

Maksiller birinci büyük azı dişlerinde ikinci bir mesiobukkal kanalın (MB2) prevalansının, kullanılan çalışma yöntemine bağlı olarak %69 ile %93 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu değişkenlik, anatomik yapıların süperpoze olduğu bukkolingual düzlemde dolayı meydana gelmektedir (33, 34). Konvansiyonel radyografik teknikler, en iyi ihtimalle bu konfigürasyonların sadece %55'ini tespit edebilir (35). Ramamurthy ve ark. (35) geleneksel radyografi ile MB2 kanalın %50'sinden fazlasını tespit edilmesinin çok nadir bir durum olduğunu bildirmiştir.

Tu ve ark. (36) çekilmiş dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, mandibular molar dişlerin ek köklerini belirlemede KIBT incelemelerinin kullanılmasının önemli ve öngörülebilir bir faydasını göstermişlerdir. Matherne ve ark. (37), KIBT altın standart olarak kullanıldığında, endodontistlerin periapikal radyografi ile değerlendirme yaptıklarında vakaların %41 kadarında en az bir kanal tespit edemediğini bildirmiştir. Abubara ve ark. (2013) MB2 kanallarının yalnızca %8'inin PR kullanılarak tanımlandığını, CBCT ile ise vakaların %54'ünde MB2 kanallarının tanımlandığını bildirmiştir.

Konik ışıklı bilgisayarlı tomografik görüntüleme, örneğin dens invaginatus gibi anormal anatomiye sahip dişlerin tanımlanmasını, yerini ve değerlendirilmesini kolaylaştırır (38, 39).

## **DENTAL TRAVMA**

Çocukluk ve ergenlik çağda düşme, bisiklet, kaykay, paten ve diğer spor aktiviteler kazaları sonucu dental travmalar oldukça yüksektir. Konumundan dolayı en çok üst ön dişler sarar görür(40-42). Maksillofasiyal travmatik yaralanmaların çoğu yalnızca dişleri (%50) veya hem dişleri hem de komşu yumuşak dokuları (%36) içerir (43). Çene-yüz kırıkları (%13.6) kalan yaralanma tiplerini oluşturur.

Travmatize hastanın ilk klinik ve radyografik muayenesi, yaralanmanın ciddiyetini ve tedavi planını belirlemek ve hastanın takibi için önemlidir. Bununla birlikte, travmatize dişler, teşhis, tedavi planı ve prognoz açısından klinik bir zorluk oluşturmaktadır. Geleneksel intraoral radyografi, projeksiyon geometrisi, anatomik yapıların üst üste binmesi ve işleme hatalarından dolayı, minimal diş yer değiştirmelerinin ve kök ve alveolar kırıkların tespitinde yeterli bilgiyi sağlamayaabilir (44). KIBT, travmatik yaralanmaları doğru bir şekilde teşhis etme yeteneğini önemli ölçüde geliştirmiştir ve maksillofasiyal dokuların maliyet ve doz açısından verimli bir şekilde 3D temsilini sağlama yeteneği ile düz film projeksiyonunun teknik sınırlamalarının çoğunun üstesinden gelme potansiyeline sahiptir (45).

Dento-alveolar travmanın değerlendirilmesinde ve yönetiminde KIBT' nin faydaları literatürde vurgulanmıştır (54,55). Dişlerdeki ve alveolar kemikteki yaralanmaların tam doğası ve kapsamı, anatomik gürültü ve görüntü sıkıştırması ortadan kaldırılarak doğru bir şekilde değerlendirilebilir. Lüksasyonla ilişkili yer değiştirmenin derecesi ve yönü KIBT kullanılarak kolayca değerlendirilebilir. Ayrıca, KIBT'nin yatay kök kırıklarının tespitinde çoklu periapikal radyograflardan çok daha duyarlı olduğu gösterilmiştir. Dental travmayı takiben kök kırıklarının varlığının tespit edilememesi uygunsuz tedaviye ve daha kötü sonuçlara yol açabilir. Endodontik problemlerin değerlendirilmesi için en uygun olan küçük hacimli KIBT tarayıcılar, tüm dişleri ve çevre anatomisini 4 cm x 4 cm FOV'da yakalar. Bu nedenle, tek bir taramada geometrik bozulma olmadan birden fazla diş değerlendirilebilir. Ayrıca, KIBT bir ağız dışı görüntüleme yöntemi olduğundan görüntüleme sürecinde hasta konforu artırılır. Bu özellikle, sallanan dişler ve travmaya bağlı ağzını açmada zorlanan hastanın geleneksel görüntüleme için hacimli film tutucuları ve görüntü reseptörlerini yerleştirmedeki zorluğu açısından önemlidir. Travmatik diş yaralanmalarının en yüksek insidanslarının diş travmasını takiben oral cerrahide çocukluk çağlarında kaydedildiği göz önüne alındığında, duygusal bir bakış açısıyla önemlidir (46).

Horizontal kök kırıktan şüphelenildiğinde, etkilenen dişlerin perküsyonu ve pulpa canlılığı, mobilitenin değerlendirilmesi, yumuşak dokuların palpasyonuna karşı hassasiyet ve ağrının olup olmadığını içeren kapsamlı bir klinik değerlendirme gerekmektedir (47). Horizontal kök kırıklarının tespit etmek, vertikal kırıklara göre daha kolaydır (48). Radyografik değerlendirmede horizontal kırıklar diş parçalarını ayıran bir veya daha fazla radyolüsent çizgi şeklinde izlenebilir. Tanı için farklı açılardan birden fazla intraoral röntgen gerekebilir (3). Konvansiyonel radyograflar X-ışını kırık düzlemine paralel olduğunda tanı için yardımcı olur. Konvansiyonel radyograflarda komşu dokuların üst üste binmesi nedeniyle kök kırıklarının belirlemek daha zordur (15, 49). Ayrıca, horizontal kök kırıklarının teşhisinde KIBT'nin intraoral radyograflardan daha başarılı olduğu bildirilmiştir (50).

Araştırmalar dentoalveolar travmanın, özellikle kök kırıkları, lüksasyon ve/veya yer değiştirme ve alveolar kırığın belirli yönlerinde tanı ve tedavide KIBT'nin yararlılığını ve önemini göstermiştir (3, 51-53). Hasan ve ark.(54) KIBT ve periapikal görüntülerde ex vivo dikey kök kırıklarının tespit etmede 4 gözlemcinin doğruluğunu karşılaştırmış ve kök kanal dolgusunun kırık görünürlüğü üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Vertikal kök kırıklarının saptamada KIBT, periapikal radyograflardan genel olarak daha yüksek bir doğruluğa sahip olduğu bulunmuştur.

## **KÖK REZORPSİYONLARI**

Kök rezorpsiyonları dişin sert dokularının kaybıyla ortaya çıkan bir durumdur. Konumuna göre internal ve eksternal kök rezorpsiyonları olarak iki gruba ayrılır (39). Kök rezorpsiyonunun tedavisi genellikle karmaşık, zaman alıcı, pahalı ve öngörülemezdir. Birçok vakada tanı ve tedavi için multidisipliner bir uzman ekibi gerektirir. Periapikal radyografinin iki boyutlu doğası ve limitasyonlarından dolayı yanlış teşhis, yetersiz değerlendirme ve kök rezorpsiyonunun kötü yönetimi ile sonuçlanabilir (55-57). Kök rezorpsiyonlarının tanısında KIBT'nin periapikal radyografilere göre daha yüksek doğrulukta olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (50, 58, 59). Kök rezorpsiyonlarının prognozunda erken teşhis çok önemlidir (60).

İç ve dış kök resorptif lezyonların bukko-palatal yayılımı ancak KIBT ile doğru bir şekilde değerlendirilebilir (24, 61). Estrela ve ark. (18), KIBT ve PR'nin sırasıyla vakaların %100'ünde ve %68.8'inde inflamatuvar kök rezorpsiyonunu tespit ettiğini bulmuştur. Patel ve ark. (53), yapılan çalışmalarda klinik kök rezorpsiyonunu doğru teşhis etmede KIBT'nin periapikal radyografiden önemli ölçüde daha iyi olduğunu bulunmuş ve bu durum daha uygun tedavi planlaması yapmaya imkan tanımıştır. Daha yakın tarihli klinik çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (9, 53, 62, 63).

Internal kök rezorpsiyonu radyografide kök kanalları içinde iyi sınırlı, oval ya da yuvarlak radyolüsent alanlar şeklinde görülür (64). Eksternal kök rezorpsiyonları rezorpsiyonun lokalizasyonu ve boyutundan dolayı erken dönemde tespit edilemeyebilir. Küçük rezorpsiyon alanlarının teşhisi daha zordur (39). Geleneksel radyografilerde anatomik yapıların üst üste binmesi nedeniyle bukkal veya lingual yüzeylerde oluşan lezyonların görülmesi de, proksimal yüzeylerdekinden daha zor olabilir (60). KIBT'nin eksternal kök rezorpsiyonlarında ve iki boyutlu radyografilerin yetersiz kaldığı lingual/bukkal yüzeylerdeki lezyonların ve çok küçük rezorpsiyonları bile belirleme yetenekleri en önemli avantajlarıdır (60).

## **SONUÇ**

KIBT tarafından sağlanan ek bilgiler, teşhis doğruluğunu ve karar vermede güveni artırabileceği ve tedavinin planlamasında bir etkisi olabileceği açıktır. KIBT'nin endodontik tedavinin sonuçları üzerindeki uzun vadeli etkisini değerlendirmek için daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır. Ancak KIBT, iki boyutlu radyografiye nazaran daha yüksek radyasyon dozuna sahiptir. Bu nedenle, KIBT yalnızca üç boyutlu bir değerlendirmeden potansiyel faydanın olduğu durumlar için kul-

lanılmalıdır. Hastanın radyasyona maruz kalmasının mümkün olduğunca düşük tutulması esastır.

## **KAYNAKLAR**

1. Walton RJIE. Diagnostic imaging A. endodontic radiography. 2008;6:554.
2. Rushton V, Horner K, Worthington HJBDj. Screening panoramic radiology of adults in general dental practice: radiological findings. 2001;190(9):495-501.
3. Cohenca N, Simon JH, Roges R, et al. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part I: traumatic injuries. 2007;23(2):95-104.
4. Tyndall DJOSOMOPORÉ. Comparison of film, direct digital, and tuned-aperture computed tomography images to identify the location of crestal defects around endosseous titanium implants. 1997;84:214-225.
5. Schwartz SF, Foster Jr JKJOS, Oral Medicine, Oral Pathology. Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Part I. 1971;32(4):606-612.
6. Forsberg J, Halse AJIEJ. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. 1994;27(3):133-138.
7. Lee SJ, Messer HJIEJ. Radiographic appearance of artificially prepared periapical lesions confined to cancellous bone. 1986;19(2):64-72.
8. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, et al. Use of cone beam computed tomography in endodontics. 2009;2009.
9. Rodríguez G, Patel S, Durán-Sindreu F, et al. Influence of cone-beam computed tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists. 2017;43(9):1433-1437.
10. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation. Elsevier Health Sciences; 2014.
11. Patel S, Brown J, Pimentel T, et al. Cone beam computed tomography in Endodontics—a review of the literature. 2019;52(8):1138-1152.
12. Ludlow J, Timothy R, Walker C, et al. Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. 2015;44(1):20140197.
13. Spin-Neto R, Matzen LH, Schropp L, et al. Factors affecting patient movement and re-exposure in cone beam computed tomography examination. 2015;119(5):572-578.
14. Queiroz PM, Oliveira ML, Groppo FC, et al. Evaluation of metal artefact reduction in cone-beam computed tomography images of different dental materials. 2018;22(1):419-423.
15. Bechara B, Alex McMahan C, Moore W, et al. Cone beam CT scans with and without artefact reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth. 2013;42(5):20120245.
16. Soğur E, Baksı BG, Gröndahl H-G, et al. Pixel intensity and fractal dimension of periapical lesions visually indiscernible in radiographs. 2013;39(1):16-19.
17. journal ESoEJJe. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. 2006;39(12):921-930.
18. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, et al. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. 2008;34(3):273-279.
19. Arslan H, Topcuoglu H, Barutcugil C, et al. Nonsurgical endodontic treatments of teeth associated with large periapical lesions. 2012;22(1):61-65.
20. Abella F, Patel S, Durán-Sindreu F, et al. An evaluation of the periapical status of teeth with necrotic pulps using periapical radiography and cone-beam computed tomography. 2014;47(4):387-396.
21. Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F, et al. Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs. 2012;38(12):1588-1591.



22. Kruse C, Spin Neto R, Wenzel A, et al. Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. 2015;48(9):815-828.
23. Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Gröndahl K, et al. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. 2007;103(1):114-119.
24. Patel S, Dawood A, Mannocci F, et al. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. 2009;42(6):507-515.
25. Hashem D, Mannocci F, Patel S, et al. Clinical and radiographic assessment of the efficacy of calcium silicate indirect pulp capping: a randomized controlled clinical trial. 2015;94(4):562-568.
26. Hashem D, Mannocci F, Patel S, et al. Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs. glass ionomer cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: A randomised controlled clinical trial—2-year results. 2019;23(4):1931-1939.
27. Ng YL, Mann V, Gulabivala KJLej. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 1: periapical health. 2011;44(7):583-609.
28. Davies A, Patel S, Foschi F, et al. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth—part 2: a 1 year post-treatment follow-up. 2016;49(7):623-635.
29. Liang Y-H, Li G, Wesselink PR, et al. Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. 2011;37(3):326-331.
30. de Paula-Silva FWG, Hassan B, da Silva LAB, et al. Outcome of root canal treatment in dogs determined by periapical radiography and cone-beam computed tomography scans. 2009;35(5):723-726.
31. Baratto Filho F, Zaitter S, Haragushiku GA, et al. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. 2009;35(3):337-342.
32. Davies A, Mannocci F, Mitchell P, et al. The detection of periapical pathoses in root filled teeth using single and parallax periapical radiographs versus cone beam computed tomography—a clinical study. 2015;48(6):582-592.
33. Pineda FJOs, oral medicine, oral pathology. Roentgenographic investigation of the mesiobuccal root of the maxillary first molar. 1973;36(2):253-260.
34. Nance R, Tyndall D, Levin L, et al. Identification of root canals in molars by tuned-aperture computed tomography. 2000;33(4):392-396.
35. Ramamurthy R, Scheetz JP, Clark SJ, et al. Effects of imaging system and exposure on accurate detection of the second mesio-buccal canal in maxillary molar teeth. 2006;102(6):796-802.
36. Tu M-G, Huang H-L, Hsue S-S, et al. Detection of permanent three-rooted mandibular first molars by cone-beam computed tomography imaging in Taiwanese individuals. 2009;35(4):503-507.
37. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, et al. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. 2008;34(1):87-89.
38. Patel S, Kanagasigam S, Mannocci FJD. Cone beam computed tomography (CBCT) in endodontics. 2010;37(6):373-379.
39. Durack C, Patel SJLej. The use of cone beam computed tomography in the management of dens invaginatus affecting a strategic tooth in a patient affected by hypodontia: a case report. 2011;44(5):474-483.
40. Blinkhorn FJDT. The aetiology of dento-alveolar injuries and factors influencing attendance for emergency care of adolescents in the North West of England. 2000;16(4):162-165.
41. Sgan-Cohen HD, Megnagi G, Jacobi YJCD, et al. Dental trauma and its association with anatomic, behavioral, and social variables among fifth and sixth grade schoolchildren in Jerusalem. 2005;33(3):174-180.
42. JL LJJDT. eds. Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth. Copenhagen, Denmark: Munksgaard; 1994: 151-80. 3. Antoniella Busuttill Naudi, Diane E. Fung tooth fragment reattachment in multiple complicated permanent inci. 2008;24:100-103.

43. Gassner R, Bösch R, Tuli T, et al. Prevalence of dental trauma in 6000 patients with facial injuries: implications for prevention. 1999;87(1):27-33.
44. Kositbowornchai S, Nuansakul R, Sikram S, et al. Root fracture detection: a comparison of direct digital radiography with conventional radiography. 2001;30(2):106-109.
45. Scarfe WCJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Imaging of maxillofacial trauma: evolutions and emerging revolutions. 2005;100(2):S75-S96.
46. Gülsün A, Güngör KJAKBD. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Endodontik Uygulamalarda Kullanımı.11(1):8-17.
47. May JJ, Cohenca N, Peters OAJPd. Contemporary management of horizontal root fractures to the permanent dentition: diagnosis—radiologic assessment to include cone-beam computed tomography. 2013;35(2):120-124.
48. Venskutonis T, Plotino G, Juodzbaly G, et al. The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: a review of the literature. 2014;40(12):1895-1901.
49. Wang P, Yan X, Lui D, et al. Detection of dental root fractures by using cone-beam computed tomography. 2011;40(5):290-298.
50. Kamburoglu K, Barenboim S, Arıtürk T, et al. Quantitative measurements obtained by micro-computed tomography and confocal laser scanning microscopy. 2008;37(7):385-391.
51. Tyndall DA, Rathore SJDCoNA. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. 2008;52(4):825-841.
52. Ilguy D, Ilguy M, Fisekcioglu E, et al. Detection of jaw and root fractures using cone beam computed tomography: a case report. 2009;38(3):169-173.
53. Patel SJJej. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. 2009;42(6):463-475.
54. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, et al. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. 2009;35(5):719-722.
55. Gunst V, Mavridou A, Huybrechts B, et al. External cervical resorption: an analysis using cone beam and microfocus computed tomography and scanning electron microscopy. 2013;46(9):877-887.
56. Schwartz RS, Robbins JW, Rindler EJJoe. Management of invasive cervical resorption: observations from three private practices and a report of three cases. 2010;36(10):1721-1730.
57. Patel S, Mavridou A, Lambrechts P, et al. External cervical resorption-part 1: histopathology, distribution and presentation. 2018;51(11):1205-1223.
58. Schröder ÁGD, Westphalen FH, Schröder JC, et al. Accuracy of digital periapical radiography and cone-beam computed tomography for diagnosis of natural and simulated external root resorption. 2018;44(7):1151-1158.
59. Creanga AG, Geha H, Sankar V, et al. Accuracy of digital periapical radiography and cone-beam computed tomography in detecting external root resorption. 2015;45(3):153-158.
60. Bernardes RA, de Paulo RS, Pereira LO, et al. Comparative study of cone beam computed tomography and intraoral periapical radiographs in diagnosis of lingual-simulated external root resorptions. 2012;28(4):268-272.
61. Bhuva B, Barnes J, Patel SJJej. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. 2011;44(8):777-786.
62. Ee J, Fayad MI, Johnson BRJJoe. Comparison of endodontic diagnosis and treatment planning decisions using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography. 2014;40(7):910-916.
63. Patel K, Mannocci F, Patel SJJoe. The assessment and management of external cervical resorption with periapical radiographs and cone-beam computed tomography: a clinical study. 2016;42(10):1435-1440.
64. Patel S, Dawood A, Wilson R, et al. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography—an in vivo investigation. 2009;42(9):831-838.