# Endodontik Vakalarda Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Kullanımının Önemi

## The Importance of Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontic Cases

Kürşat ER[a]

[a]Endodonti AD,
Akdeniz Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Antalya

Yazışma Adresi/*Correspondence:*
Kürşat ER
Akdeniz Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti AD,
Antalya, TÜRKİYE
kursater@akdeniz.edu.tr

**ÖZET** Dişin anatomisi ve çevre dokuların değerlendirilmesi için alınan radyografiler endodontik problemlerin çözümünde önemli rol oynamaktadır. İntraoral ve panoramik radyografik değerlendirmelerin, 3-boyutlu anatominin 2-boyutlu görüntüde sıkıştırılmış olması; anatomik yapıların süperpoze olması sonucu geometrik alan sapmasına sebep olabilmesi ve anatomik bozukluğu ilgilenilen bölgeyi gizleyebilmesi gibi sınırlamaları vardır. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografik (KIBT) görüntüleme, diş ve çevre dokularının 3-boyutlu görüntülerini üreterek bu sorunların üstesinden gelebilir. Bu nedenle, KIBT endodonti pratiğinde değerli bir yardımcı araçtır. Bu derlemenin amacı; (i) KIBT uygulamaları ve sınırlamaları hakkında güncel literatürü gözden geçirmek; (ii) Endodontide KIBT kullanımına ilişkin tavsiyelerde bulunmak; (iii) bazı vakalardan bahsetmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi; endodonti; vaka

**ABSTRACT** The radiographs, which were taken for assessing the anatomy of the tooth and its surrounding anatomy, play an important role in the solution of endodontic problems. Intraoral and panoramic radiographic assessments have inherent limitations in the fact that 3-dimentional anatomy is compressed in a 2-dimentional image; superimposition of anatomic structures may result in geometric distortion of the area and anatomic noise that can hide the region of interest. Cone-beam computed tomographic (CBCT) imaging may overcome these problems by producing 3-dimentional images of teeth and surrounding tissues. It is a valuable adjunct to endodontic practice. The aim of this paper is to: (i) review the current literature on the applications and limitations of CBCT; (ii) make recommendations for the use of CBCT in endodontics; (iii) mention about some cases.

**Key Words:** Cone beam computed tomography; endodontics; case

**Turkiye Klinikleri J Endod-Special Topics 2015;1(3):80-6**

Endodontik tedavilerde vakaların teşhis aşamasından kontrol aşamasına kadar geçen süreçlerde değişik radyografik görüntüleme tekniklerinden faydalanılmaktadır. Bunlardan birisi olan, 2-boyutlu (2B) radyografik görüntüleme en yaygın olarak kullanılan tekniklerdendir. Ancak, 3-boyutlu (3B) bir diş ve çevre dokusunun, 2B görüntüsü üzerinde yapılan incelemeler, bazı sorunların gözden kaçmasına veya yetersiz/yanlış teşhislerin yapılmasına neden olmaktadır. Bu ve benzeri problemlerden dolayı, araştırmacılar 3B radyografik görüntüleme tekniklerini geliştirmeye odaklanmışlar ve bu teknolojiyi günümüzde oldukça ileri noktalara getirmişlerdir.

3B bir nesnenin izdüşümlerinde tekrar oluşturulabileceği ve bu yöntem ile maddenin içyapısının ince ayrıntısına kadar incelenebileceği, Radon isimli bir araş-

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

tırmacı tarafından ifade edilmiştir.[1] Kabul gören bu görüş, tomografi cihazlarının geliştirilmesinde etkili olmuştur.

Geleneksel tomografi (GT) cihazlarında; işlemlerin uzun zaman alması, görüntü elde etme ve hasta hazırlama işlemlerinin zorluğu, görüntülerin net olmaması ve kontrastın düşük olması gibi nedenlerden dolayı bilgisayarlı tomografi (BT) sistemine geçişler araştırılmıştır. Godfrey Hounsfield tarafından 1972 yılında sağlık alanında kullanılmak üzere ilk BT geliştirilmiştir.[2] Hounsfield bu keşfinden dolayı 1979'da Nobel ödülüne layık görülmüştür. BT'nin GT'den farkı, X-ışınlarının çok iyi bir şekilde sınırlandırılması ve doku dansite farklarının belirgin bir şekilde görülmesidir. Bu nedenle sert dokularla yoğunluk farkı olan kemik patolojileri kolayca fark edilir. Sistem süperpozisyon olmaksızın istenen bölgenin görüntülenmesini sağlar. BT'de, ışınlar vücudu ince bir hat şeklinde geçerek, duyarlı dedektörlere ulaşır. Bu süreçte oluşan absorbsiyondan dolayı, ışınlar ilk değerine oranla zayıflamıştır. Bu zayıflamış ışınlar dedektörler yardımı ile bilgisayara aktarılır. Zayıflama miktarı bilgisayardaki işlemci tarafından değerlendirilir. Ortaya çıkan değerlerden görüntü elde edilir.[3,4] BT'de, 2B kare şeklindeki *piksel* adı verilen bir matriksten ibaret olan görüntünün kalitesi GT'ye göre daha iyidir. Görüntünün en küçük elemanı piksel iken, piksellerden örgü matriksi oluşur. Her piksel, görüntünün elde edildiği yapıda X-ışını attenüasyon değerine karşılık gelir. Pikselin bir kesit kalınlığı vardır. Bu kalınlık ile piksel yüzeyinin çarpımı *voksel* olarak ifade edilen hacimsel bir değeri verir. 2B sistemlerde uzaysal çözünürlük piksel ile sınırlı iken, 3B sistemlerde ise voksel belirleyicidir.[5]

BT cihazı; X-Işını tüpü, dedektörler ve bir bilgisayar ünitesinden oluşmaktadır. Bu cihazlar, dedektörlerin ve X-ışını tüplerinin pozisyonlarına ve sayılarına göre farklı gelişim evreleri göstermişlerdir. Bunlardan en güncel ve gelişmiş olanı ise, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) cihazı ismi verilen 5. nesil BT cihazıdır. Çok sayıda dedektörün kullanıldığı bu cihazlarda gantrinin çevresi anot halkası ile çevrelenmiştir. Çok sayıda X-ışını, anotta oluşan elektron demetinin hasta etrafında kısa bir süre döndürülmesiyle oluşur. Aynı anda birkaç kesitin alınabildiği bu yöntemde kesit alma işlemi çok kısa sürede tamamlanır. Tarama işleminin kısa sürmesi hareketli organları artefaktsız görüntülemek için büyük bir avantajdır. 5. nesil cihazlar yüksek ve düşük rezolüsyon modu olmak üzere 2 çalışma modundan oluşur. Düşük modda ardışık kesitlerden 8 tanesi 0,5 sn'de alınırken, yüksek modda tek kesit almak için geçen süre 0,1-0,4 sn'dir.[6] KIBT'ler imajlama geometrisi ile ilgili bölümlerinden dolayı BT cihazlarından ayrılırlar. BT cihazlarında X-ışınları yelpaze şeklinde hastaya ulaşırken, KIBT'lerde konik ışınlar şeklinde hastaya ulaşır. Bu, hastanın başının çevresinde sadece X-ışını tüpünün bir kez dönüşüyle ilgili bölgenin görüntüsünün alınmasına izin verir. BT'nin aksine kolimasyona gerek yoktur. Bunun bir sonucu olarak, saçılmış radyasyonla derecesi azaltılmış bir miktar fotonla görüntü yakalanır. Işın hastayı geçtikten sonra dedektör alanında tutulur. Genellikle amorf silikon CMOS (complementary metal-oxide semiconductor), düz panel veya CCD (image intensifier/charge-coupled device) dedektör kullanılır.[7,8] Çok sıralı dedektörlerin gelişimiyle, BT ile KIBT arasındaki ana fark yani görüntüyü oluşturmadaki algoritmalar tartışılmaya başlandı. KIBT'de 0,125 mm'ye kadar küçük olan izotropik vokseller kullanılır. Bu herhangi bir düzlemdeki eğri ve düz yerlerin yanı sıra aksiyal, sagital ve koronal imajların alınmasını da sağlar. Kemik, hava ve yumuşak dokuların 3B görüntüsü de üretilir. Günümüzde piyasada 10 farklı cihaz bulunmaktadır. Bu cihazların FOV (field of view) şekli ve ölçüsü geniş bir oranda değişebilmektedir. Çapları 16 cm'den 30 cm'ye boyları 4 cm'den 22 cm'ye kadar farklılık göstermektedir. Daha büyük imaj alanlarında voksel boyutu artacağından dolayı görüntünün çözünürlüğü düşmektedir.[9]

KIBT cihazlarının radyasyon dozu ekspojur parametrelerinin yanı sıra markaların spesifik özelliklerine bağlıdır. Bir hastaya KIBT prosedürü uygulandığında hastanın organ ve dokuları ışınlara maruz kalır. En yüksek doz alan bölgeleri ise göz, parotis ve troid bezleridir. Troid bezi ekspojur sahasının kenarında yer aldığı için, aldığı doz büyük oranda değişkenlik gösterir. Kurşun önlük kullanımı troid tarafından absorblanan dozu azaltır.[10] KIBT'nin geniş bir alanın görüntüsünü elde etmesi söz konusu olduğu zaman, efektif doz kullanılan makinenin özelliğine göre 44-50 μSv'dan 477 μSv'a kadar çıkabilmektedir. Efektif doz orta boyutlardaki bir görüntü için 20 μSv iken 4 cm'lik bir görüntü için 6-12 μSv kadar küçüktür. Periapikal radyografide tüm ağızdan görüntü alınması durumundaki doz 84 μSv, panoramik radyografide bu 6,7 μSv, GT'de ise aynı bölge için 2,270 μSv'dir.[11-14]

KIBT, diş ve kemik gibi yüksek kontrastlı yapıların görüntülenmesi için diş hekimliğinde kullanmaktadır. Konik ışınlı görüntünün yüksek uzaysal çözünürlüğü özellikle temporomandibular eklem, implant, çenelerin kemiksel ve dişsel hastalıkları gibi birkaç alanda önem arz etmektedir. Bunun yanında; kistler, tümörler, enfeksiyonlar, gelişimsel anomaliler, ortodontik problemlerin tespit ve takibinde ve travmatik yaralanmaların

incelenmesinde de yüksek çözünürlük özelliğinden yararlanılır. KIBT ile birlikte çeşitli yazılım programlarının kullanımı önemli katkılar sağlar.[15-17]

KIBT'nin; *(1)* Yüksek kalitede görüntü, *(2)* BT ile karşılaştırıldığında daha kolay uygulanması, *(3)* Klasik radyografilerle kıyaslandığında 3B'lu çözünürlük ve birebir ölçüleri yansıttığından dolayı hatasız ölçümler elde etme, *(4)* TME'nin değerlendirilmesinde en doğru bilgiyi veren metod olması, *(5)* Panoramik, lateral sefalometrik, anterio-posterior radyografiler gibi bütün 2B görüntülerden elde edilen verilere sahip olması, *(6)* Geleneksel BT'ler ile karşılaştırıldığında daha az iyonize radyasyon, daha kısa ekspojur süresi ve daha iyi görüntü çözünürlük göstermesi gibi avantajlarının yanında; *(1)* 2B radyolojik cihazlardan belirgin şekilde daha pahalı, *(2)* İyonize radyasyon dozu panoramik cihazlardan daha büyük, *(3)* Yeni bir teknoloji olduğu için, elde edilen verilerin hassas yorumlanmasının süre istemesi ve klinisyenlerin yeterli deneyime sahip olması, *(4)* Hareket eden bir cismin oluşturduğu artefakt bir bölgede değil de bütün veride etkili olması, *(5)* Yumuşak dokuların görüntüleri GT'den daha iyi olmasına rağmen; *manyetik rezonans görüntüleme* ile kıyaslandığında çözünürlüğü sınırlı olması, *(6)* X-ışını tüpünün tipine bağlı olarak düşük kontrasta sahip olması, *(7)* Kontrast çözünürlüğü kaybının doğal bir sonucu olarak saçılmış radyasyon kirliliği artmış olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.[18]

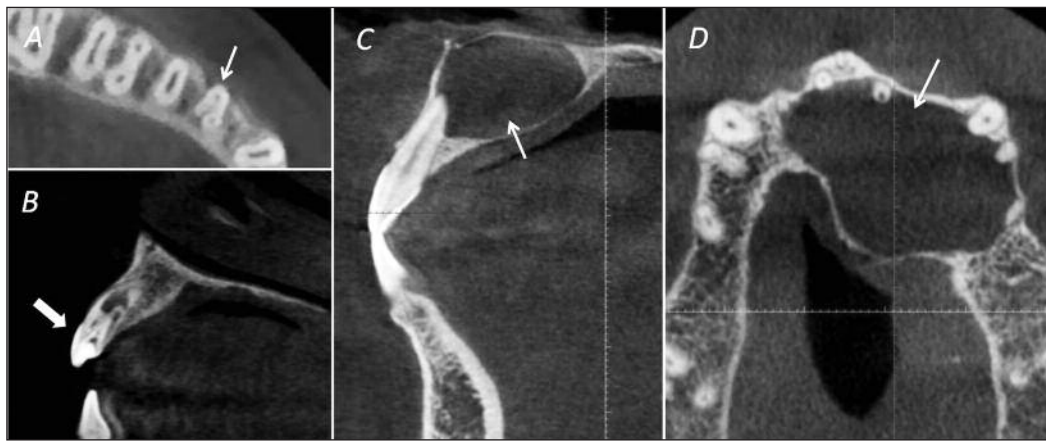
## ENDODONTİDE KIBT GÖRÜNTÜLEME

Endodontik tedavi uygulamalarında; teşhis/tedavi planlaması, tedavi, tedavi sonrası ve takip aşamalarında radyografik görüntüler üzerinden değerlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. KIBT görüntüleme; kök kanal anatomisinin belirlenmesi, apikal periodontitisin tespiti, kök kanal şekillendirilmesi, kök kanal dolgusu/tekrarlayan kök kanal tedavilerinin değerlendirilmesi, endodontik cerrahi ve deneysel çalışmalarda kullanılmaktadır.[19] 2010 yılında Amerikan Endodonti Birliğinin üyelerine e-posta yoluyla gönderdiği ankette, katılımcıların %34,2'si KIBT'i teşhis ve tedavi planlaması amacıyla kullandıklarını bildirmişlerdir.[20]

## EKSTERNAL VE İNTERNAL ANATOMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BT görüntüleme yöntemi kullanıldığında, panoramik radyografilere göre daha fazla sayıda morfolojik varyasyon tespit edilebilmektedir.[21] Matherne ve ark. kök kanal sisteminin anlaşılmasında KIBT görüntülerinin her zaman dijital görüntülerden daha üstün olduğunu bildirmiştir.[22] Bu üstünlüğün, diş kökleri ve kök kanal sistemlerinin çoklu kesitler halinde incelenmesine izin vermesinden kaynaklandığını iddia etmişlerdir (Resim 1A). Yapılan bir çalışmada dokuz adet büyük azı dişinin KIBT verileri ile histolojik kesitleri karşılaştırıldığında verilerde büyük oranda bir korelasyon bulunmuştur.[23]

Literatür incelendiğinde; ilave kök/kanallar, dilasere dişler, dens invajinatus, C şekilli kanal gibi klinik vakaların tedavisinde, özellikle teşhis ve tedavi planlaması sürecinde, 3B görüntülerin klinisyenin başarısını arttırdığını bildirmişlerdir.[24-29] Yapılan son çalışmalarda artan dozlarda üst büyük azı dişlerinde, ikinci bir mesiobukkal kanalı bulma oranının oldukça yüksek olduğu ifade edilmiştir.[24,25] Abella ve ark. üst çene küçük azı dişlerinin kök kanal morfolojilerini inceledikleri çalışmalarında, implant cerrahisi, ortodontik tedavi, travma ve




**RESİM 1: A)** Farklı kök kanal anatomisine sahip bir diş; **B)** Dens invajinatus; **C,D)** Büyük periapikal lezyon örnekleri.

problemli kök kanal tedavisi gibi nedenler ile KIBT görüntüsü alınan vakaların dişleri incelenmiş ve sonuç olarak 3B görüntüleme ile noninvaziv olarak kök kanal morfolojilerinin incelenebileceğini belirtmişlerdir.[30]

Resim 1A'da görülen vakada alt çene 1. küçük azı dişinin sahip olduğu farklı kök kanal morfolojisi tespit edilmiştir. Resim 1B ve 2B'de ise iki farklı dens invajinatus vakasının KIBT görüntüsü izlenmektedir.

## DİŞ-ÇEVRE DOKU İLİŞKİSİ VE ENDODONTİK CERRAHİ

KIBT görüntüleme, diğer cerrahi işlemlerde olduğu gibi endodontik cerrahi işlemler öncesi kök uzunluğu/açısı, kemik kalınlığı ve diş kökleri ile çevre anatomik yapılar arasındaki ilişkilerin tespiti için kullanılmaktadır. von Arx ve ark. üst küçük azı ve Kang ve ark. üst büyük azı diş kökleri ile maksiller sinüs ilişkisinin kritik bir pozisyonda olduğu düşünüldüğü durumlarda, KIBT ile görüntü alınıp tedavi planlamasının ona göre yapılmasını tavsiye etmişlerdir.[31,32] Carruth ve ark. mental foramen'in pozisyonunun ve ebatlarının belirlenmesinde KIBT görüntülemenin oldukça detaylı bilgiler verdiğini bildirmişleridir.[33]

Taşkın materyalin anatomik yapılara komşuluklarını belirleme ve taşkın materyalin çıkarılması gibi birçok endodontik problemde faydalı bir araç olarak kullanılabilir. Endodontik maddelerin mandibular kanala veya maksiller sinüse kaçırılıp kaçırılmadığını tespit etmede yardımcıdır ve cerrahi müdahalenin alanını azaltma potansiyeline sahiptir. Brooks ve Kleinman[34] maksiller sinüs içerisine taşırılmış guta-perkanın teşhisinde KIBT görüntülerinden faydalanmış ve anatomik yapılar içindeki yabancı cisimlerin tespitinde kolaylık sağladığını belirtmişlerdir.

## APİKAL PERİODONTİTİSİN BELİRLENMESİ

Apikal periodontitisin ileri aşamaları (%40 demineralizasyon) geleneksel radyolojik yöntemler ile doğru olarak tespit edilebilmektedir. Ancak, lezyon küçüldükçe (erken dönemlerde) KIBT teşhis açısından daha güvenilir sonuçlar verebilmektedir.[35-42] KIBT görüntülemede, anatomik süperpozisyonlar elemine edilebildiği için, bukkal veya lingual/palatinal kemik kaybı oluşmadan radyolusent endodontik lezyonlar tespit edilebilmektedir.[43-45] Weissman ve ark. yapmış oldukları güncel bir çalışmada, endodonti hastalarının klinik semptomları ile görüntüleme yöntemlerini karşılaştırmışlar ve sonuç olarak KIBT görüntüleme ile apikal patolojileri %79 olasılıkla ve periapikal radyografik görüntüleme ile %57 olasılıkla belirleyebildiklerini bildirmişlerdir.[46]

KIBT'de periapikal kemik lezyonunun iyileşmesi daha önceden tespit edilen iyileşmelerden daha uzun sürebilmektedir. Christiansen ve ark. periapikal kemik yıkılımın tedavi sonrası iyileşmesini geleneksel periapikal radyografi ve KIBT kullanarak değerlendirmişlerdir.[47] Buna göre yapılan tedaviden bir yıl sonraki kontrolde periapikal radyografilerle iyileşme görülür iken, KIBT ile hala tam iyileşme görülmemektedir.

3B görüntüleme tekniklerinin kullanımı periapikal lezyonların; teşhisi, lokalizasyonu ve boyutlarının değerlendirilmesi endodontik tedavi planı ve kontrol radyografilerinin doğru bir şekilde yorumlanması bakımından önemlidir.[48] Resim 1C ve 1D'de kliniğimizde tedavisine devam ettiğimiz büyük bir periapikal lezyon vakasının görüntüleri bulunmaktadır.

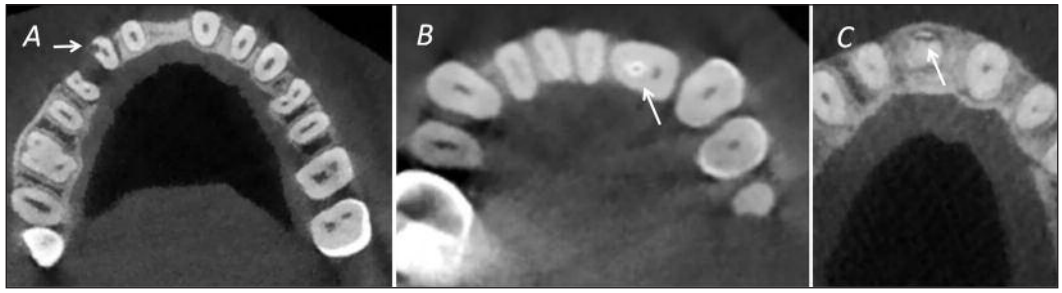
## TEDAVİ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kök kanal tedavisi kalitesinin değerlendirildiği bir çalışmada, CBCT görüntülemenin diğer radyografik yöntemlere göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir.[49] Liang ve ark.nın kök kanal tedavili 115 dişi 2 yıl boyunca takip ettikleri çalışmalarında, periapikal radyografilerin densite ve kök kanal dolgusu boyut tespitindeki belirleyiciliğinin ve KIBT'de ise densite ve koronal restorasyon kalitesinin tespitinin öne çıktığını bildirmişlerdir.[50] Çalışma boyutunun belirlenmesinde altın standart olan elektronik apeks bulucular ile karşılaştırıldığında KIBT hassasiyetinin 0,41 ve 0,51 mm aralığında olduğu tespit edilmiştir.[51-53]

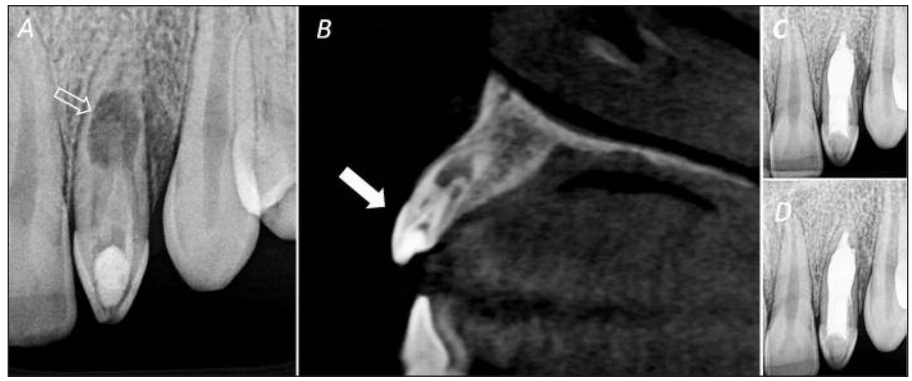
Kök kanal dolgularında oluşan boşluklar farklı görüntüleme teknikleri (intraoral geleneksel radyografi, intraoral dijital radyografi ve KIBT) kullanılarak analiz edildiğinde, 300 μm'dan geniş boşluklar tüm görüntüleme teknikleri ile belirlenebildiği gösterilmiştir. Ancak, daha küçük boşluk tespiti için, intraoral dijital radyografi tekniğinin diğerlerinden daha iyi görüntü verdiği bildirilmiştir.[54]

## KÖK KIRIĞI, REZORPSİYON, PERFORASYON, DENTAL TRAVMA

Literatürde yapılan çalışmalar ve vaka örnekleri incelendiğinde, kök kırıklarında (özellikle tespit ve tedavisi oldukça zor olan vertikal kök kırıklarında), internal ve eksternal resepsiyonların tespitinde, perforasyon ve travma vakalarında KIBT ile yapılan görüntülemenin oldukça güvenilir sonuçlar verdiği bildirilmiştir.[55-66]




**RESİM 2: A)** Eksternal rezorpsiyon; **B)** Dens invajinatus; **C)** Vertikal kök kırığı.




**RESİM 3: A)** Sol üst lateral kesici dişte dens invajinatus ve internal rezorpsiyonun periapikal radyolojik görüntüsü; **B)** Aynı dişin KIBT görüntüsü (transvers kesit); **C)** Kök kanal tedavisi sonrası alınan radyografi; **D)** 12 ay sonra alınan kontrol radyografisi.

Ancak, diğer görüntüleme yöntemleri ile aynı veya daha başarısız olduğunu savunan bazı çalışmalar da bulunmaktadır.[67-70]

Resim 2A'da bir eksternal kök rezorpsiyonu vakası ve Resim 2C'de ise bir vertikal kök kırığı vakası izlenmektedir.

## VAKA ÖRNEĞİ*

Resim 3'te görülen vakada bir üst sol lateral kesici dişte bulunan Tip 2 dens invajinatus ve internal rezorpsiyon, cerrahi olmayan endodontik yaklaşımla tedavi edilmiştir. Kök kanal preparasyonu el aletleri ile bol irrigasyon yaparak tamamlandı. Kalsiyum hidroksit kök kanal ilacı olarak 15 günlüğüne kanal içerisine yerleştirildi. İkinci seansta, kök kanallarındaki rezorpsiyona bağlı oluşan boşluk mineral trioksid agregat (MTA) ile dolduruldu. Kalan kanal boşluğu ısıyla vertikal kompaksiyon tekniği kullanılarak guta-perka ve AH Plus kök kanal patı ile dolduruldu. Giriş kavitesi rezin kompozit dolgu maddesi ile restore edildi. On iki ay sonra yapılan klinik ve radyografik kontrollerde herhangi bir problem ile karşılaşılmadı. İyileşme cerrahi bir müdahaleye gerek kalmadan başarıldı. Bu vakada, dens invajinatus ve internal rezorpsiyonlu bir dişte, cerrahi olmayan endodontik tedavi ile başarılı bir periradiküler iyileşme sağlanabileceği gösterilmiştir. KIBT gibi ileri görüntüleme sistemlerinin kullanılması klinisyenin daha doğru teşhisler koymasına yardımcı olabilir.

**Bu vaka örneğinde, daha önce aynı dergi grubuna ait Turkiye Klinikleri Journal of Dental Science'de (2012;18(2):219-24) yayınlanmış olan bir vakamın kısa özetinden bahsedilmiştir.*

## SONUÇ

KIBT, Endodonti pratiğinde tercih edilen bir görüntüleme yöntemi olmuştur. 3B görüntüler vakaların teşhisinden takibine kadar olan tüm aşamalarda klinisyenin yardımcısı olacaktır. Ancak, kullanılan radyasyon dozu periapikal ve panoramik radyografilerden önemli derecede daha yüksek olmakla beraber KIBT kullanımının uzun dönemdeki sağlıkla ilgili riskleri hala net değildir. Bu nedenle, bir ön koşul olarak hastaya sağlayacağı yararın, maruz kalınan radyasyon riskinden daha yüksek olduğu durumlarda kullanılmalıdır.

***Teşekkür***

*Yardımlarından dolayı Dr. Ali KELEŞ, Dr. M. Ertuğrul ÇİFTÇİ ve Dr. Alper KUTARCI'ya teşekkür ederim.*

## KAYNAKLAR


1. Schwarz MS, Rothman SL, Chafetz N, Rhodes M. Computed tomography in dental implantation surgery. Dent Clin North Am 1989;33(4):555-97.
2. Misch CE. Dental implant prosthetics, 2th ed. USA, Mosby, 2005.
3. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. Int Endod J 2015;48(1):3-15.
4. Danforth RA. Cone beam volume tomography: a new digital imaging option for dentistry. J Calif Dent Assoc 2003;31(11):814-5.
5. Whaites E. Essentials of Dental radiography and radiology, 4th ed. Churchill Livingstone, UK, 2006.
6. Ceydeli N. Radyolojik görüntüleme tekniği, İzmir, Ege Üniversitesi, 2000, p. 203-250.
7. Holberg C, Steinhauser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. J Orofac Orthop 2005;66(6):434-44.
8. Araki K, Maki K, Seki K, Sakamaki K, Harata Y, Sakaino R, et al. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CB MercuRay): system configuration and physical properties. Dentomaxillofac Radiol 2004;33(1):51-9.
9. White SC. Cone-beam imaging in dentistry. Health Phys 2008;95(5):628-37.
10. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. Health Phys 2008;95(5):628-37.
11. Wortche R, Hassfeld S, Lux CJ, Mussig E, Hensley FW, Krempien R, et al. Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate. Dentomaxillofac Radiol 2006;35(2):88-94.
12. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Dentomaxillofac Radiol 2003;32(4): 229-34.
13. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT Dentomaxillofac Radiol 2006;35(4):219-26.
14. 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.
15. Nakagawa Y, Kobayashi K, Ishii H, Mishima A, Ishii H, Asada K, Ishibashi K, et al. Preoperative application of limited cone beam computerized tomography as an assessment tool before minor oral surgery. Int J Oral Maxillofac Surg 2002;31(3):322-6.
16. 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.
17. Tyndall DA, Brooks SL. Selection criteria for dental implant site imaging: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;89(5):630-7.
18. Seth V, Kamath P, Vaidya N. Cone beam computed tomography: third eye in diagnosis and treatment planning. Int J Orthod Milwaukee 2012;23(2):17-22.
19. Rosen E, Taschieri S, Del Fabbro M, Beitlitum I, Tsesis I. The diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography in endodontics: a systematic review and analysis by a hierarchical model of efficacy. J Endod 2015;41(7):1008-14.
20. Dailey B, Mines P, Anderson A, Sweet M. The use of cone beam computer tomography in endodontics: results of a questionnaire. AAE Annual Session Abstract Presentation; 2010.
21. Robinson S, Czerny C, Gahleitner A, Bernhart T, Kainberger FM. Dental CT evaluation of mandibular first premolar root configurations and canal variations. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002;93(3):328-32.
22. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. J Endod 2008;34(1):87-9.
23. Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy.J Endod 2010;36(7):1187-90.
24. Bauman R, Scarfe W, Clark S, Morelli J, Scheetz J, Farman A. Ex vivo detection of mesiobuccal canals in maxillary molars using CBCT at four different isotropic voxel dimensions.Int Endod J 2011;44(8):752-8.
25. Vizzotto MB, Silveira PF, Arus NA, Montagner F, Gomes BP, da Silveira HE. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling.Int Endod J 2013;46(9):870-6.
26. Nosrat A, Schneider SC. endodontic management of a maxillary lateral ıncisor with 4 root canals and a dens ınvaginatus tract.J Endod 2015 ;41(7):1167-71.
27. Torres A, Jacobs R, Lambrechts P, Brizuela C, Cabrera C, Concha G, et al. Characterization of mandibular molar root and canal morphology using cone beam computed tomography and its variability in belgian and chilean population samples.Imaging Sci Dent 2015;45(2):95-10.
28. Kim SY, Kim BS, Kim Y. Mandibular second molar root canal morphology and variants in a Korean subpopulation. Int Endod J 2016; 49(2):136-44.
29. Er K, Kayıpmaz S, Kusgöz A. Management of dens invaginatus type 2 and internal resorption using a nonsurgical endodontic treatment: case report. Turkiye Klinikleri J Dental Sci 2012;18:219-24.
30. Abella F, Teixidó LM, Patel S, Sosa F, Duran-Sindreu F, Roig M. Cone-beam computed tomography analysis of the root canal morphology of maxillary first and second premolars in a Spanish population.J Endod 2015;41(8):1241-7.
31. von Arx T, Fodich I, Bornstein MM. Proximity of premolar roots to maxillary sinus: a radiographic survey using cone-beam computed tomography.J Endod 2014;40(10):1541-8.
32. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Proximity of posterior teeth to the maxillary sinus and buccal bone thickness: a biometric assessment using cone-beam computed tomography. J Endod 2015;41(11):1839-46.
33. Carruth P, He J, Benson BW, Schneiderman ED. Analysis of the size and position of the mental foramen using the CS 9000 cone-beam computed tomographic unit.J Endod 2015;41(7):1032-6.
34. Brooks JK, Kleinman JW. Retrieval of extensive gutta-percha extruded into the maxillary sinus: use of 3-dimensional cone-beam computed tomography.J Endod 2013;39(9):1189-93.
35. Sogur E, Grondahl HG, Baksı BG, Mert A. Does a combination of two radiographs increase accuracy in detecting acid-induced periapical lesions and does it approach the accuracy of cone-beam computed tomography scanning? J Endod 2012;38(2):131-6.
36. Sogur E, Baksi BG, Gröndahl HG, Lomcali G, Sen BH. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam computed tomography, intra-oral digital and conventional film radiography.Dentomaxillofac Radiol 2009;38(7):458-64.
37. Tsai P, Torabinejad M, Rice D, Azevedo B. Accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in detecting small periapical lesions.J Endod 2012;38(7): 965-70.

38. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pecora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. Braz Dent J 2008;19(2): 114-8.

39. Kamburoglu K, Kilic C, Ozen T, Horasan S. Accuracy of chemically created periapical lesion measurements using limited cone beam computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 2010;39(2):95-9.

40. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, Arx von T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. J Endod 2011;37(2):151-7.

41. Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Gr€ondahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;103(1):114-9.

42. Cheung GS, Wei WLL, McGrath C. Agreement between periapical radiographs and cone-beam computed tomography for assessment of periapical status of root filled molar teeth.Int Endod J 2013;46(10):889-95.

43. Özer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model.J Endod 2011;37(1):75-9.

44. Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pécora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. J Endod 2008;34(11):1325-31.

45. Patel S, Dawood A, Mannocci F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. Int Endod J 2009;42(6):507-15.

46. Weissman J, Johnson JD, Anderson M, Hollender L, Huson T, Paranjpe A, et al. Association between the presence of apical periodontitis and clinical symptoms in endodontic patients using cone-beam computed tomography and periapical radiographs.J Endod 2015;41(11):1824-9.

47. Christiansen R, Kirkevang LL, Gotfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. Dentomaxillofac Radiol 2009;38(8):531-6.

48. Kruse C, Spin-Neto R, Wenzel A, Kirkevang LL. Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. Int Endod J 2015;48(9): 815-28.

49. Demiralp KÖ, Kamburoğlu K, Güngör K, Yüksel S, Demiralp G, Uçok O. Assessment of endodontically treated teeth by using different radiographic methods: an ex vivo comparison between CBCT and other radiographic techniques. Imaging Sci Dent 2012;42(3):129-37.

50. Liang YH, Li G, Wesselink PR, Wu MK. Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans .J Endod 2011; 37(3):326-31.

51. Jeger FB, Janner SF, Bornstein MM, Lussi A. Endodontic working length measurements with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study.J Endod 2012;38(7):884-8.

52. Connert T, Hülber-J M, Godt A, Löst C, ElAyouti A. Accuracy of endodontic working length determination using cone beam computed tomography. Int Endod J 2014;47(7):698-703.

53. Liang YH, Jiang L, Chen C, Gao XJ, Wesselink PR, Wu MK et al. The validity of cone-beam computed tomography in measuring root canal length using a gold standard. J Endod 2013;39(12):1607-10.

54. Huybrechts B, Bud M, Bergmans L, Lambrechts P, Jacobs R. Void detection in root fillings using intraoral analogue, intraoral digital and cone beam CT images. Int Endod J 2009;42(8):675-85.

55. Bernardes RA, de Moraes IG, Húngaro Duarte MA, Azevedo BC, de Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009;108(2):270-7.

56. Ozer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. J Endod 2010;36(7):1245-9.

57. Varshosaz M, Tavakoli MA, Mostafavi M, Baghban AA. Comparison of conventional radiography with cone beam computed tomography for detection of vertical root fractures: an in vitro study.J Oral Sci 2010;52(4):593-7.

58. Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Kirkevang L-L. Variable-resolution conebeam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009;6:939–45.

59. Bernardes RA, de Paulo RS, Pereira LO, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, de Azevedo JR. Comparative study of cone beam computed tomography and intraoral periapical radiographs in diagnosis of lingual-simulated external root resorptions. Dent Traumatol 2012;28(4):268-72.

60. Shokri A, Mortazavi H, Salemi F, et al. Diagnosis of simulated external root resorption using conventional intraoral film radiography, CCD, PSP, and CBCT: a comparison study-Biomed J 2013;36(1):18-22.

61. Shemesh H, Cristescu RC, Wesselink PR, Wu M-K. The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. J Endod 2011; 37(4):513-6.

62. D'Addazio PS, Campos CN, Özcan M, Teixeira HG, Passoni RM, Carvalho AC. A comparative study between conebeam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications.Int Endod J 2011;44(3):218-24.

63. Dalili Z, Taramsari M, Mousavi Mehr SZ, Salamat F. Diagnostic value of two modes of cone-beam computed tomography in evaluation of simulated external root resorption: an in vitro study. Imaging Sci Dent 2012; 42(1):19-24.

64. Neves FS, de Freitas DQ, Campos PS, de Almeida SM, Haiter-Neto FIn vitro comparison of cone beam computed tomography with different voxel sizes for detection of simulated external root resorption. J Oral Sci 2012; 54(3):219-25.

65. Kamburoglu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. Int Endod J 2010;43(9):798-807.

66. Liedke GS1, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size on the diagnostic ability of cone-beam computed tomography to evaluate simulated root perforations. Oral Radiol 2013;29(2):151–9.

67. da Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, da Silveira HL, Montagner F, da Silveira HE. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography-an in vitro analysis. Dent Traumatol 2013;29(1):41-6.

68. Junqueira RB, Verner FS, Campos CN. Detection of vertical root fractures in the presence of intracanal metallic post: a comparison between periapical radiography and cone-beam computed tomography. J Endod 2013; 12:1620-4.

69. Junqueira RB, Verner FS, Campos CN, Devito KL, do Carmo AM. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. J Endod 2013;39(12):1620-4.

70. Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Pinheiro LR, Tortamano IP, Cavalcanti MG. Use of large-volume cone-beam computed tomography in identification and localization of horizontal root fracture in the presence and absence of intracanal metallic post.J Endod 2012;38(6):856-9.