

ENDODONTİDE KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİNİN KULLANIMI

Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics

Yağız ÖZBAY¹, Ali ERDEMİR¹

¹ Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, KIRIKKALE

ÖZ

Endodontik tedavideki gelişmeler yalnızca tedavi enstrüman ve araçlarında değil, teşhis ve görüntüleme yöntemlerinde de devam etmektedir. Geleneksel görüntüleme yöntemlerinin yaygınlığına rağmen, görüntüleme teknolojisindeki ilerlemeler endodonti pratiğine büyük katkı sunmaktadır. Geleneksel görüntüleme yöntemleriyle elde edilen görüntülerin iki boyutlu olmasından kaynaklanan geometrik distorsiyon ve anatomik maskeleye gibi dezavantajların Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografinin (KIBT) gibi üç boyutlu görüntü sunan cihazlarla elimine edilebilmesi mümkün olmuştur. KIBT endodontide, kanal morfolojisinin değerlendirilmesi, kök rezorbsiyonlarının belirlenmesi, travmatik dental yaralanmaların teşhisi ve tedavi planlanması, periapikal lezyonların incelenmesi, cerrahi öncesi değerlendirmeler ve diş anomalilerinin tedavi planlamasında kullanılabilen ve yapılan çalışmalar KIBT'nin geleneksel görüntüleme yöntemlerine göre belirgin üstünlüğünü işaret etmektedir. Endikasyon dahilinde KIBT'nin kullanımının modern endodonti pratiğinde daha sık yer alması teşhis, tedavi ve tedavi sonrası değerlendirme aşamalarına katkı sunabilir.

ABSTRACT

Advances in endodontic treatment have not only been continuing in the treatment instruments and tools, but also in diagnosis and imaging methods. Although the prevalence of the conventional imaging methods, advances in imaging technology are contributing much to practice of endodontics. It has been possible to eliminate the disadvantages, such as geometric and anatomic masking, caused by two-dimensional images which are obtained from conventional imaging methods, with devices that producing three-dimensional images as Cone Beam Computed Tomography (CBCT). CBCT can be used in evaluation of the root morphology, identification of the root resorptions, diagnosis and treatment planning of the traumatic dental injuries, examination of the periapical lesions, presurgical assessments and treatment planning of dental anomalies in endodontics and the studies have pointed out the precedence of CBCT by comparison with conventional imaging methods. Taking place of usage of CBCT within indication in modern endodontic practice might contribute to diagnosis, treatment and post treatment protocols.

Anahtar Kelimeler: Endodonti, konik ışınli bilgisayarlı tomografi, radyografi

Keywords: Endodontics, cone beam computed tomography, radiography



Yazışma Adresi / Correspondence: Dr. Yağız ÖZBAY

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, 71100, KIRIKKALE, TÜRKİYE

Phone: 0506 946 4194

E-mail: yagiz_ozbay@hotmail.com

Received / Geliş Tarihi: 28.03.2016 Accepted / Kabul Tarihi: 12.12.2016

GİRİŞ

Radyografik görüntüleme yöntemleri endodontik tedavinin, teşhis, tedavi ve postoperatif değerlendirme süreçlerinin tamamında öncü bir rol edinmiş ve görüntüleme yöntemleri teknolojisindeki gelişim endodontik tedavilerin başarısını doğrudan etkilemiştir. Günümüzde, geleneksel radyografik görüntüleme yöntemleri endodontide, kök kanal sisteminin doğru lokalizasyonu, periapikal hastalıkların ve rezorptif lezyonların teşhisi, intraoperatif değerlendirme, komplikasyonların teşhis ve tedavi edilmesinde, endodontik cerrahi gibi temel konularda hala en çok kullanılan görüntüleme yöntemleridir. Klinik muayeneyi tamamlaması ve klinisyen için teşhis, tedavi ve postoperatif iyileşme konularında yol gösterici olmasının yanı sıra, radyografiler aynı zamanda hukuki süreçler söz konusu olduğunda da hasta ve hekim için ayrı ayrı önem taşır. Geleneksel radyografik görüntüleme yöntemleri günümüzde hala popülerliğini korumaktadır. Ancak ister geleneksel filmlerden ister dijital teknolojinin kullanıldığı filmlerden elde edilmiş olsun, periapikal radyografilerden elde edilen görüntüler, üç boyutlu gerçek anatomik yapıların iki boyutlu yansımaları olmasından dolayı, incelenmek istenen bölgeyi çevreleyen anatomik yapıların maskeleyici etkisi ve geometrik distorsiyon gibi faktörler radyografik muayeneyi güçleştirmektedir. Sonuç olarak, iki boyutlu görüntü sağlayan görüntüleme yöntemlerinin yetersizliği anatomik yapıların üç boyutlu görüntülerini sağlayacak cihazların geliştirilmesi için araştırmacıları teşvik etmiştir (1).

Medikal radyografide derin bir etki yaratan Bilgisayarlı Tomografi (BT) cihazları 1960'ların sonlarında geliştirilmiştir 1973 yılında Godfrey Hounsfield tarafından patenti alınmış ve bu sayede Hounsfield, 1979 "Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülünü" almıştır (1). Bununla birlikte, BT görüntüleme geleneksel radyografik görüntülemenin yetersizliklerini büyük ölçüde elimine etmesine rağmen, yüksek radyasyon

dozu, maliyet, yetersiz çözünürlük ve yorumlamadaki zorluklar BT tarayıcıların endodontide sınırlı kullanımıyla sonuçlanmıştır. 1990'ların sonlarında Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) ya da Dijital Hacimsel Tomografi (DHT), geleneksel BT'den daha düşük radyasyon dozuyla maksillofasiyal iskeletin üç boyutlu görüntüsünü sağlamak için geliştirilmiştir (2). Diş hekimliği alanında kullanım için ilk KIBT tarayıcısı 1998 yılında piyasaya sürülmüştür (3). Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA), Amerika Birleşik Devletleri'nde dental kullanım için ilk KIBT ünitesini 2000 yılında onaylamıştır (4). Ayrıca 2011 yılında KIBT 'nin endodontide kullanımına dair bir tutum bildirisi, Amerikan Endodonti Derneği ve Amerikan Oral ve Maksillofasiyal Radyoloji Akademisi tarafından yayınlanmıştır (5). KIBT diş ve maksillofasiyal iskeletin görüntülenmesindeki en önemli ilerlemelerden biridir. Yeniden yapılandırılmış KIBT görüntüleri, incelenen bölgenin 3 boyutlu bilgisini, genellikle medikal BT'den daha düşük ancak geleneksel radyografi tekniklerinden daha yüksek radyasyon dozuyla, üstelik dakikalar içerisinde sağlar. Bazı KIBT tarayıcıları sabit bir Field of view (FOV; görüş alanı)'a sahiptir; ancak klinik duruma uyum sağlayabilen FOV boyutu değiştirilebilir cihazlar da mevcuttur (6). Yalnızca incelenen alan ışınlandığından endodontik amaçlı taramalar için sadece sınırlı FOV kullanımı uygundur (7, 8). Böylece, etkin doz azaltılır, oluşan görüntüler geniş FOV taramalarla elde edilenlerden daha yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip olur (9). Bununla beraber, mümkün olduğunca ekspoz doz ve zamanı düşürülmelidir (8). Geleneksel BT tarayıcılardaki fan şekilli ışın yerine, KIBT'de konik şekilli ışın kullanılır ve KIBT ile verinin üç boyutlu hacmi, hastanın kafasının çevresinde 180-360 derece senkronize olarak dönen sensör ve kaynak arasındaki direkt ilişki kullanılarak, tek bir taramayla elde edilir (2). KIBT tarayıcılar, intraoral radyografilerdeki iki boyutlu görüntü yerine "voksel" adı verilen birimlerle üç boyutlu görüntü oluştururlar. Her vokselin, taraması yapılan hastada karşılığı olan bölgenin X-ışınını absorbe

edebilme değerine göre bir sayısal karşılığı vardır ve görüntüleme biriminde değerlendirilerek vokseller tek tek gri tonlarda renklendirilir (10, 11). İyonize radyasyon kullanımının söz konusu olduğu diğer görüntüleme yöntemlerinde olduğu gibi, KIBT kullanımında da doğru endikasyona karar vermek önemlidir. Hastanın maruz kalacağı radyasyon dozu teşhis ve tedaviye katkı sağlayacak makul olan en düşük doz olacak şekilde seçilmez. Bununla birlikte, risk değerlendirilmesi yapılmalı ve KIBT tarayıcından elde edilecek görüntülerin sağlayacağı avantajlar, hastanın radyasyona maruz kalmasından dolayı gündeme gelecek dezavantajlara baskın gelmelidir.

Endodontide KIBT Kullanımı

Geleneksel radyografik muayeneler, elde edilen iki boyutlu görüntülerle sınırlanmıştır. Daha önemlisi, dişlerin ve komşu yapıların üç boyutlu anatomisinin bilgisine ulaşamaz ve paralel tekniklerin kullanılmasıyla bile periapikal görüntülerde dental yapıların distorsiyon ve süperimpozisyonu engellenemez (1). İki boyutlu görüntüler sunan radyografiler sahip oldukları yetersizliklerden dolayı dişteki gerçek kanal sayısını ve kanalın yapısını tutarlı bir şekilde ortaya çıkartamayabilirler. Dolayısıyla, Endodonti radyografik görüntülerin rehberliğine ihtiyaç duyan bir branş olarak uzun bir süre periapikal ve panoramik filmlerin yetersizliğinden olumsuz etkilenmiştir. KIBT, magnifikasyonlar, geometrik distorsiyonlar ve anatomik süperimpozisyonlar olmaksızın, patolojik değişikliklerin ve anatomik yapıların üç boyutlu olarak görüntülenip değerlendirilebilmesine izin verir (12). KIBT ile kök morfolojisi ve çevre anatomik yapılar 3 boyutlu olarak görüntülenebilir, ayrıca kök kanallarının sayısı ve kanalların birbirlerine göre konumu belirlenebilir. Aksiyel kesitler kullanılarak periapikal filmlerle kolayca bulunamayan kanallar tanımlanıp, tedavi edilebilir (2, 13).

Kök Kanal Anatomisinin Değerlendirilmesi

Kök kanal anatomisinin iyi belirlenmesi endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkiler. Vertucci sınıflamasında kök kanallarının pek çok varyasyonuna dikkat çekilmiştir (14). Ayrıca molar dişlerde C şekilli kanallar klinik pratikte zaman zaman karşımıza çıkmaktadır. Kök kanal anatomisinin tam olarak tespitinde iki boyutlu görüntülemeler yardımcı olsa da her durumda yeterli olamamaktadır. Literatürde kök kanal anatomisinin farklı açılardan ele alındığı pek çok çalışma mevcuttur. Matherne ve ark. 72 adet çekilmiş dişteki kök kanal sayısını tespit etmek için direkt ve indirekt dijital sistemleri KIBT ile kıyaslayan bir çalışmada, dijital radyografilerle, paralel radyografiler alınmasına rağmen endodontistlerin dişlerin %40'ında en az bir kanalı bulamadıklarını belirtmişlerdir (15). Yang ve ark. 440 adet mandibular birinci premolar diş üzerinde yaptıkları çalışmada dişlerin %77.14'ünün tek kanala, %22.05'inin 2 kök kanalına, %0.68'inin 3 kök kanalına, %1.14'ünün C şekilli kanala sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar periapikal radyografilerde 2 kök kanalının süperpoze olabileceğini ve KIBT taramalarından sağlanan bilginin kök kanal girişlerini tespit etmede kullanışlı olduğunu bildirmişlerdir (16). La ve ark. hazırladıkları vaka raporunda, tedavinin başında ML kanal olarak belirledikleri kanalın KIBT görüntüleri yardımıyla orta mezial kanal olduğunu ve mezialdeki bağımsız üç kanalın lokasyonlarını belirlemede görüntülerin oldukça yardımcı olduğunu rapor etmişlerdir (17). Kottoor ve ark. sol maksiller birinci molar dişin endodontik tedavisinde dişte 3 kök ve 8 kanalın varlığını KIBT görüntüleri yardımıyla doğrulamışlar ve dental operasyon mikroskobu ile KIBT görüntülemenin endodontik vakalarda kök kanal kompleksinin daha iyi anlaşılmasına ve daha etkin bir tedaviye katkı sağladığını bildirmişlerdir (18). Radix entomolaris vakalarında, daha distal ya da mezial açıdan ikinci bir radyograf alınmalıdır. Ancak birden fazla intraoral radyografinin ilişkili bütün anatomik yapıları görüntüleyeceğinin kesin olmadığı bildirilmiştir (19).

Abella ve ark. vaka raporlarında, KIBT görüntülerinden yararlanarak, hastanın sağ birinci mandibular molar dişini Tip III radix entomolaris olarak sınıflandırmışlardır. Araştırmacılar, KIBT ile elde edilen görüntülerin pulpa odası açıldıktan sonra klinisyenin önce hangi bölgeye dikkat edeceği konusunda yardımcı olduğunu belirtmişlerdir (20). Bildirilen bir klinik raporda, vakaların %15'inde elektronik apeks bulucunun yetersiz olduğu rapor edilmiştir. Bu vakalar, metalik kron restorasyonlu, obliterasyon söz konusu olan, açık apeksli, kök fraktürü olan ya da perforasyonu bulunan vakalardır (21,22). Ayrıca, kardiyak pacemaker bulunan hastalarda apeks bulucu kullanımı kontrendike olabilir. Liang ve ark. 16 insan mandibulasındaki 162 dişte yaptıkları çalışmada KIBT görüntülerinin kanal çalışma boyunu hesaplamadaki yeterliliğini değerlendirmişler ve KIBT temelli kanal çalışma boyu hesaplamasının daha güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna ulaşmışlardır (23). Adriana ve ark. MB2 kanal varlığının yaş, cinsiyet ve kanalın lokalizasyonu ile ilişkisini KIBT görüntülerinden yararlanarak araştırdıkları çalışmalarında, MB2 kanal lokalizasyonunun koronal üçlüden apikal üçlüye gidildikçe azaldığını bildirmişler ve MB2 kanal varlığının da cinsiyet ile değil ancak yaş ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca araştırmacılar, kökün farklı uçlerinde KIBT kullanımının etkin bir görüntüleme sağladığını bildirmişlerdir (24).

Dental Anomaliler

Dental anomalilerin radyografik özellikleri literatürde sıklıkla incelenmiş ve normal anatomiden sapmaların teşhis ve tedavilerde zorluklara sebep olabileceği gösterilmiştir. Dens invaginatus (DI), kısa kökler, mikrodonti, geminasyon, taurodontizm, süpernumere dişler, agenezi, dentinogenezis imperfekta ve dental travmaya bağlı malformasyonlar dental anomalilerden bazılarıdır. DI'nın dişin kalsifikasyonundan önce dental papillanın içe doğru kıvrım göstermesi sonucu oluştuğu öne sürülmüştür (25, 26). Genellikle daimi maksiller lateral kesicileri ve sonra da maksiller santral kesici,

premolar, kanin ve en az sıklıkla da molar dişleri etkileyen DI geniş morfolojik varyasyon skalasına sahiptir (27). DI, komplike bir endodontik tedavi gereksinimine sebep olduğundan KIBT, bu dişlerin detaylı üç boyutlu görüntülenmesine izin verir ve başarılı bir şekilde tedavi edilmesini kolaylaştırır (12,28). Teixid ve ark. bir vaka raporunda, maksiller sağ kanin dişinde ağrı ve şişlik şikâyeti ile kliniğe başvuran 13 yaşındaki bayan hastada radyografik muayene sonrası, periradiküler radyolüensi ve Tip-III DI belirtileriyle karşılaşmışlardır. Koronal ve aksiyal KIBT görüntüleri ise invaginasyonun dairesel vital kök kanalından ayrı olduğunu ve ayrı bir apikal foramene sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, KIBT görüntülemenin sıra dışı anatomiye sahip dişlerin teşhis ve tedavisinde kullanışlı olduğunu ve bu vakada kullanımının tedaviye katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir (29). Patel ve ark. palpasyon ve perküsyon hassasiyeti ile başvuran 10 yaşında bir bayan hastanın mandibular sol lateral kesici dişinden alınan periapikal radyografide dişin mezial ile ilişkili radyolüent lezyon ve Tip-III invaginasyon işaretlerini görmüşler ve uygulanan KIBT taramasından elde edilen görüntülerde periapikal lezyonun invaginasyona ait ayrı bir apikal foramen ile ilişkili olduğu belirlemişlerdir. Bu görüntülerle invaginasyonun kök kanalıyla ilişkisinin olmadığı doğrulanarak, invaginasyonun endodontik tedavisine ek olarak diğer kanallara herhangi bir işlem yapılmamıştır. Onsekiz ay sonra yapılan klinik muayenede dişin asemptomatik olduğu ve radyografik olarak da periapikal lezyonun boyutunun küçüldüğü bildirilerek, KIBT görüntülerinin özellikle invaginasyonun kök kanalıyla ilişkisini ve invaginasyonun yapısını değerlendirmede kullanışlı olduğu belirtilmiştir (30). Durack ve ark. 12 yaşındaki bayan hastanın 12 numaralı dişinde periapikal radyolüensi ile birlikte DI'un endodontik tedavisi için yönlendirilen hastadan alınan KIBT sonucunda invaginasyonun apikal üçlüye kadar penetre olduğunu, ancak periodonsiyum ya da pulpa boşluğuna açıklık

olmaksızın mine ile örtülü olarak sınırlı kaldığını bildirmişlerdir. İnvaginasyon bölgesine ayrı bir giriş kavitesi açılarak invaginasyon bölgesi ile birlikte diğer iki kök kanalının endodontik tedavisi gerçekleştirilmiş ve 20 hafta sonra klinik ve radyolojik muayenede dişin asemptomatik olduğu ve periapikal lezyonun boyutunun küçüldüğü gözlenmiştir. Araştırmacılar, KIBT görüntülerinden sağlanan bilgilerin invaginasyonun lokalizasyonu ve uygun girişlerin sağlanmasında katkı sağladığını ve kullanışlı olduğunu bildirmişlerdir (31). Song ve ark. sağ maksiller bölgede spontan ve kesikli ağrı şikayetiyle kliniğe başvuran 49 yaşındaki hastanın radyografik muayenesinde ilgili diş ve ilişkili süpernumere diş anatomisinin belirgin olmadığını bildirmişlerdir. KIBT taraması sonrası süpernumere dişle ilişkili kronik apikal periodontitis teşhis edilmiş ve sadece süpernumere diş kanal tedavisi uygulanmıştır. Ayrıca KIBT görüntülerinden süpernumere diş ile ilgili diş arasında devamlılık bulunduğu ve iki dişin füzyonunun söz konusu olduğu anlaşılmıştır. Bir yıllık takip sonrasında klinik semptomta rastlanmamış ve KIBT görüntüleri periapikal patolojinin iyileştiğini göstermiştir (32).

Dentoalveoler travma

Orofasiyal yapılara gelen travmalar kron ve/veya kök kırıkları ile periodontal yaralanmalara sebep olabilir. Dental yaralanmalarda diş ve ilgili yapıların kapsamlı bir klinik ve radyolojik muayenesine gereksinim duyulur. Wang ve ark. yaptıkları bir çalışmada, panoramik radyograflerin kök fraktürlerine duyarlılığının ve özgüllüğünün sırasıyla %26.3 ve %100 iken, KIBT’de bu oranın %89.5 ve %97.5 olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, diş ile ilişkili çevre yapılarında dahil olduğu dental yaralanmaların iki boyutlu olarak görüntülenmesinin, teşhis ve tedavi süreçlerini zorlaştırabileceği bildirilmiştir (33). Ball ve ark. bir vaka raporunda 64 yaşındaki bir bayan hastada sağ maksiller ikinci premolar dişe semptomatik apikal periodontitis teşhisi ile kanal tedavisi yapmışlar ancak iyileşme sağlanamayınca KIBT görüntüsü alındığında, kökün

lingualı boyunca vertikal kemik kaybı ve fraktür olduğunu belirlemişlerdir (5). Hassan ve ark. kök kanal dolgusu olan ve olmayan 80 çekilmiş dişte, vertikal kök kırıklarının KIBT taramaları ve periapikal radyografler ile tespit edilebilirliğini inceledikleri çalışmalarının sonucunda kök kanal dolgu varlığının, periapikal radyograflerin hassasiyetini azaltmasına rağmen, KIBT taramalarında kök fraktür hattının belirlenebilmesini olumsuz etkilemediğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, periapikal radyograflerin meziodistal fraktürleri belirlemede bukkolingual fraktürlere göre yetersiz kaldığını, KIBT taramalarının ise her iki fraktür tipine duyarlılığının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (34). Orhan ve ark. 8 yaşındayken maksiller santral dişleri travmaya uğrayan ve palatine displase olan 36 yaşındaki hastanın maksiller sol ve sağ santral kesici dişinden alınan periapikal radyograflerde dişlerin orta üçlüsünde radyolüsent çizgi şeklinde hatlara rastlamışlardır. KIBT taraması sonucunda her iki dişte horizontal kök fraktürü ile birlikte kök orta üçlüsünde pulpa obliterasyonlarını belirlemişlerdir. Bununla birlikte, kök fraktürlerinde kendiliğinden iyileşme tespit edilmiş ve herhangi bir periradiküler patoloji ve kök rezorbsiyonuna rastlanılmamıştır (35). Özer ve ark. daha önceden endodontik tedavi görmüş dişlerde KIBT taramaları sonrasında vertikal kök kırıklarını teşhis etmişler ve sonrasında “*self-etch dual-cure* adeziv rezin simanlarla” kırık parçalar birbirine yapıştırılarak dişlerin replantasyonlarını gerçekleştirmişlerdir. İki yıl sonra Klinik muayenede dişlerin asemptomatik olduğu gözlenmiş ve KIBT görüntülerinde periapikal lezyon boyutlarının küçüldüğü saptanmıştır (36). Özer ve ark. kırıklar arasındaki mesafe farklı olan, kanal preparasyonu yapılmış dişlerde KIBT ve dijital radyografinin teşhis edebilme potansiyelini incelemişler ve KIBT görüntüleri ile 0.2 mm ve 0.4 mm kırık parçaları arası mesafe bulunan grupların ikisinde de doğru teşhislerin yapıldığını belirtmişlerdir (37). Özer ve ark. vertikal kök kırıklarının tespit edilmesinde 0.125 mm, 0.2 mm, 0.3 mm ve 0.4 mm olmak üzere 4 farklı

voksel çözünürlüğü kullanarak yaptıkları bir başka çalışmada, özgünlük ve özgüllük açısından farklılık bulunmamakla birlikte, doğruluk açısından 0.125 mm ve 0.2 mm voksel çözünürlüğünün doğruluk testinde daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir (38).

Kök Rezorbsiyonları

Kök rezorpsiyonu (KR) çok hücreli dev hücrelerin etkinliğinden kaynaklanan ve sert dokuların kaybıyla sonuçlanan bir durumdur. Birincil dişlenmede, daimî dişlenmeye ve dişlerin fonksiyonel olmasına izin veren KR normal bir fizyolojik süreçtir. İnflamasyona yanıt olarak ise daimî dişte KR meydana gelir, ancak kesin mekanizma hala net değildir. Ortodontik tedaviler, travma, apikal periodontitis, neoplaziler ve patolojik oluşumlar nedeniyle kök rezorpsiyonu meydana gelebilir (19,39). İnternal kök rezorpsiyonu (İKR) kök kanalının genişlemesi şeklinde görülen, dişte yapısal değişikliklerle karakterize, daha nadir bir oluşumdur. İKR genelde asemptomatiktir ve rutin radyografilerde tespit edilir (40,41). Pulpa, rezorpsiyonun inaktif olduğu bölgede nonvital iken, rezorpsiyonun devam ettiği alanlarda vital ya da kısmi olarak vitaldir. Kanal boşluğunda homojen bir genişleme ve dentin yıkımı sonucu sadece granülasyon dokusu veya granülasyon dokusuyla birlikte mineralize dokular bu boşluğu doldurur (42). Eksternal kök rezorpsiyonu (EKR) dişin ataçman hasarına karşı inflamatuvar cevaptan kaynaklanır ve kemik rezorpsiyonu ile sonuçlanır. Farklı açılardan elde edilen radyografilerde bile İKR ile EKR ayırt etmek zor olabilir. EKR, yüzey rezorpsiyonu, eksternal inflamatuvar rezorpsiyon, eksternal servikal rezorpsiyon, eksternal replasman rezorpsiyonu ve geçici apikal bozulma olarak sınıflandırılabilir (43). EKR'nun erken aşamaları bazen geleneksel radyografilerde kökün mezial ve distal yüzeylerinde görülebilmesine rağmen, kökün bukkal, palatal ya da lingual yüzeyleri etkilendiğinde görüntülenebilmesi zor bir durumdur (44). Estrela ve ark. 40 hastada 48 periapikal radyografi ve KIBT taramaları ile gerçekleştirdikleri çalışmada, KIBT taramaları lezyonların %100'ünü gösterirken,

periapikal radyografilerde lezyonların %68.8'inin tespit edilebildiğini kaydetmişlerdir. Aynı çalışmada, geleneksel radyografiler 1 mm ve 4 mm aralığındaki lezyonların %52.1'ini, KIBT görüntüleri ise %95.8'ini tespit edebilmiştir. Araştırmacılar, İKR'nun erken teşhisinde KIBT kullanımının daha doğru sonuç verdiğini belirtmişlerdir (39). Liedke ve ark. kök rezorpsiyonlarının tespit edilmesinde voksel çözünürlüğünün önemli olduğunu ve düşük voksel çözünürlüğünün tercih edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (45). Ball ve ark. bir vaka raporunda 61 yaşındaki bayan hastada maksiller sağ birinci molar dişte palatinal ve distobukkal köklerde EKR varlığını tespit etmişler ve gerçekleştirilen klinik girişim sonrası amalgam restorasyon altında mezial ve distal yönlerde kanal ağzı seviyesinin ötesine geçmeyen intrakoronel çatlak gözlemişlerdir. İntraoperatif KIBT taraması bu vakada çalışma uzunluklarının doğruluğunu ve fraktürün yayılımını incelemek için de uygulanmıştır (5). Patel ve ark. sundukları vaka raporunda ortodontisti tarafından sağ maksiller kesici dişin tedavisi için yönlendirilen 37 yaşındaki hastanın klinik muayenesinde dişin asemptomatik olduğunu saptamışlar ancak radyografilerde ilgili dişle ilişkili olduğu görülen radyolüsenye rastlamışlardır. Hastaya uygulanan KIBT taraması sonrasında rezorptif lezyon teşhis edilmiş ama kök kanalı ile ilişkili olmadığı görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar bu vakada lezyonun gerçek yapısının sadece aksiyal ve sagittal kesitlerde görülebilir olduğunu ve bunun da ilginç olduğunu kaydetmişlerdir (40). Estevez ve ark. maksiller sol santral kesici dişindeki ağrı şikayetiyle başvuran 28 yaşındaki erkek hastadan aldıkları dental anamnezde, 9-10 yaşında iken ilgili dişin travmaya maruz kaldığını öğrenmişlerdir. Duyarlılık testleri sonrası nekrotik olduğu anlaşılan dişten alınan radyografilerde periapikal radyolüseni ile birlikte servikal bölgede radyolüsent lezyon gözlemişlerdir. Lezyonun yapısı ve kapsamını incelemek için KIBT taraması uygulanmış ve elde edilen görüntüleme dayalı olarak sınıf III invaziv servikal

KR teşhis etmişlerdir. Kök kanal tedavisinin uygulanmasının ardından hasta 12 ay sonra takip için çağırıldığında dişin asemptomatik olduğu ve alınan radyografilerde periapikal lezyonun iyileştiği görülmüştür. Ancak kontrol amaçlı olarak uygulanan KIBT taramasının ardından elde edilen görüntülerde periapikal radyografilerde görülemeyen küçük bir rezidüel periapikal lezyon gözlenmiştir (46). Bhuvu ve ark. kliniğe başvuran 39 yaşındaki erkek hastadan alınan anamnezde, sağ maksiller lateral dişte daha önceleri ağrı ve şişlik olduğunu, dişte perküsyon hassasiyeti ve palatal mukozada palpasyon hassasiyeti olduğunu öğrenmişlerdir. Paralel teknik kullanılarak elde edilen radyografilerde sağ maksiller lateral dişte kronik apikal periodontitis ve İKR teşhis edilmiştir. Rezorptif lezyonun yapısı ve yerleşimini incelemek amacıyla ilgili diş bölgesiyle sınırlı KIBT taraması ile apikal üçlüdeki İKR'nin palatinal kanal duvarını perfore ettiğini belirtmişlerdir (47).

Endodontik Cerrahi Öncesi Değerlendirme

Endodontik cerrahi, özellikle önemli anatomik yapılar risk altındayken, net bir tedavi planlaması ve uygun operatif işlemler gerektirir. Alveolar sinirin cerrahi sırasında yırtılması, gerilmesi, tamamının ya da bir kısmının parçalanması gibi mekanik komplikasyonları çok da nadir değildir (12). Wesson ve Gale hastaların %20-21'nin inferior alveolar sinir bölgesindeki endodontik cerrahi sonrası alt dudaklarında geçici nöropatiler yaşadıklarını, %1'nin ise kalıcı problemlerle karşılaştıklarını belirtmişlerdir (48). İnförior alveolar kanalın geleneksel radyografi teknikleriyle tespit edilebilmesinde karşılaşılan yetersizlikler çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir. Bornstein ve ark. ve Velvart ve ark. inferior alveolar sinirin sırasıyla 68 vakada %35.3'ünün ve 50 vakada %62'sinin periapikal radyografilerde tanımlanabildiğini bildirmişlerdir (49,50). Özellikle posterior dişlerle ilgili cerrahi girişimler, kortikal ve spongios kemiğin kalınlığının, köklerin lokasyonu ve morfolojisinin belirlenebilmesi için kapsamlı bir hazırlık gerektirir (39). Elverişsiz

prognoza sahip vakaların tanımlanması operasyon sırasında meydana gelebilecek riskleri azaltabilir. KIBT görüntüleme, dişin patolojik yapılarla ve mental foramen, lingual arter gibi cerrahi tedavi öncesinde dikkate alınması gereken anatomik yapılarla olan ilişkisi konusunda önemli bilgiler sunabilir (12).

Periapikal Lezyonların Görüntülenmesi

Apikal periodontitis periapikal alveolar kemiğin enflamasyonundan kaynaklanır ve bunun sonucunda konak savunması yıkımın yayılmasını önlemeye çalışır. Endodontik tedavi sonrasında başarıyı ölçmek için semptomların yokluğu, objektif klinik testler ve iyileşmenin periapikalde radyografik olarak doğrulanması gibi kriterler kullanılır. Endodontik tedavi uygulanan apikal periodontitisle ilişkili birçok diş iyileşme gösterir, ancak lezyon tedaviye rağmen inatçı da olabilir (51). KIBT görüntüleme sayesinde, özellikle yüksek çözünürlük mevcut olduğunda, periradiküler lezyonların iyileşme süreci daha iyi bir şekilde teşhis edilebilir. Velvart ve ark. 50 hastada bulunan 78 adet inatçı apikal lezyonun incelendiği bir çalışmada KIBT taramaları ile 78 lezyonun tamamı teşhis edilebilirken, periapikal radyografiler ancak 61 adet lezyonu tespit edebilmiştir (50). KIBT görüntüleme ile endodontik hastalıkla ilişkili patolojik değişimlerin ve anatomik yapıların saptanması kolaylaşmıştır (52). KIBT ile periradiküler radyolüsent değişikliklerin erken tespit edilmesi endodontik hastalığın erken tanımlanması ve tedavisi ile sonuçlanır; bu da dişin endodontik tedavi sonrasında daha iyi bir prognoza sahip olmasını sağlar (1, 53). Tedavi edilmemiş ya da daha önceden endodontik tedavi uygulanmış ancak lokalizedilemeyen semptomu sahip vakalarda klinik ve periradiküler radyografi muayenede hastalık belirtisine rastlanmadığında, KIBT daha önceden teşhis edilmemiş bir periapikal hastalığın varlığını gösterebilir (54). Soğur ve ark. fosfor plaklar ve F hızlı filmlerin kombinasyonları kullanılarak farklı açılardan alınan periapikal radyografilerin ve KIBT taramasıyla elde edilen bir görüntünün, alt çene tek köklü premolar

dişlerde kimyasal yollarla oluşturulan periapikal defektlerin tespit edilmesinde yeterliliğinin kıyaslanması üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonunda araştırmacılar, bir yerine iki adet farklı açıdan alınmış periapikal film kullanmanın periapikal lezyonların teşhisini kolaylaştırdığını, ancak KIBT ile elde edilen görüntülerle yapılan incelemelerin geleneksel radyografik tekniklere üstünlük sağladığı sonucuna varmışlardır (55). Liang ve ark. 63 adet yapay olarak oluşturulmuş lezyon bulunan ve 37 adet lezyon bulunmayan kökün kullanıldığı çalışmada periapikal lezyonların varlığını ve yokluğunu saptamada ve periapikal lezyonların hacimsel olarak ölçümünde periapikal radyografinin ve KIBT'nin yeterliliğini test etmişlerdir. Araştırmacılar, 6.7-41.3 mm³ hacme sahip 22 adet lezyonlu dişin periapikal radyografilerde görüntülenemediğini ve periapikal radyografi ile lezyonların teşhisinde dişin pozisyonunun ve lezyonun hacminin lezyonun şekline daha belirleyici olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, mandibuladaki periapikal lezyonların KIBT ile doğru bir biçimde ölçülebildiğini ve lezyonların teşhisinde KIBT'nin periapikal radyografilere üstün olduğunu belirtmişlerdir (56). Patel ve ark. kurutulmuş insan mandibularına yerleştirilmiş çekilmiş molar dişlerin distal köküyle ilişkili yapay olarak oluşturulan lezyonların teşhis edilmesinde KIBT ve dijital periapikal radyografinin karşılaştırıldığı çalışma sonucunda, her iki görüntüleme yönteminin sağlıklı periodonsiyumu görüntülemeye eşit derecede yeterli olduğu ancak lezyonun boyutuna bağlı olmaksızın intraoral radyografilerin KIBT'ye göre duyarlılığının daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca araştırmacılar, KIBT'nin klinisyenin incelemek istediği bölgeleri seçmesine izin vererek yapay periapikal lezyonların varlığının ya da yokluğunun saptamasına yardım ettiğini bildirmişlerdir (57). Pope ve ark. 68 hastaya ait 200 diş üzerinde sağlıklı periapikal dokuların KIBT ve periapikal radyografilerdeki görünümü karşılaştırarak ve sağlıklı ve nekrotik pulpalı dişlerdeki periodontal ligament

aralığının boyutunu değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda, nekrotik pulpalı dişlerin PDL aralığının daha fazla genişleme gösterme eğilimine sahip olduğu ancak sağlıklı bir dişin PDL aralığının KIBT ile incelendiğinde periapikal radyografilere göre daha fazla çeşitlilik gösterdiği ve birçok vital dişin çeşitli derecelerde PDL aralığında genişleme gösterebildiği anlaşılmıştır (58). Rosenberg ve ark. radiküler kistlerin granülomalardan ayırt edilmesinde KIBT görüntüleme yönteminin standart biyopsi yöntemiyle kıyaslamak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Apikal rezeksiyon uygulanacak 45 hastadan KIBT ile alınan görüntüler bağımsız çalışan iki oral ve maksillofasial radyolog tarafından değerlendirilmiştir. Apikal rezeksiyonlardan sonra ise yine bağımsız olarak çalışan iki oral patolog ise cerrahi örnekleri incelemiştir. Çalışmanın bulguları patologların teşhisleri arasında güçlü bir tutarlılık olduğunu doğrularken, radyologlar arasındaki tutarlılığın zayıf olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, KIBT görüntülemenin radiküler kistler ve granülomaların ayırt edilmesinde güvenilir bir yöntem olmadığını ve histopatolojik değerlendirmenin radiküler kist ve granülomaların ayırt edilmesinde standart prosedür olmaya devam ettiği sonucuna varmışlardır (59). Güncel KIBT cihazları objenin etrafında 360 derece ya da daha az dönüş yaparak görüntü sağlama kapasitesine sahiptirler. Bazı KIBT cihazlarında kısmi rotasyon seçeneği mevcuttur ve 180 derecelik tarama etkin dozun azaltılmasıyla sonuçlanabilir. Lennon ve ark. sınırlı hacimli KIBT'nin 180 derece ve 360 derece rotasyonunun yapay olarak yaratılan apikal lezyonların teşhisindeki yeterliliğine etkisini incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 10 adet mandibuler birinci molar dişin distal köklerinin insan mandibularına yerleştirilmesiyle gerçekleştirilen çalışmada mandibular periapikal lezyonlar oluşturulmadan önce ve sonra sınırlı hacimli KIBT ile 360 derece ve 180 derece rotasyonla tarama uygulanmıştır. Çalışma sonucunda farklı miktarda rotasyonların periapikal

lezyonların saptanmasında benzer güvenilirliğe sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırmacılar, 180 derecelik taramaların hastaların maruz kaldığı radyasyon dozunun azaltılmasından dolayı daha önerilebilir olduğunu belirtmişlerdir (60).

Sonuç

Radyolojik muayene endodontik hastalığın tanı ve tedavi sonucunun değerlendirilmesinin temel bileşenlerinden biridir. Günümüzde, radyolojik muayene genel olarak iki boyutlu görüntüler üzerinde yapılmakla birlikte, iki boyutlu görüntüleme tekniklerinin, incelenmek istenen bölgenin çevre yapılar tarafından maskelenmesi ve geometrik distorsiyon gibi dezavantajlara sahip olduğu bilinmektedir. KIBT taramasının neden olduğu iyonize radyasyon sebebiyle KIBT kullanımına karar verilirken taramanın gerekçelendirilmesi klinisyenin sorumluluğundadır. Bununla birlikte, KIBT taramalarının gerekçelendirilmesi daha radyosensitif olan çocuklarda ve ergenlerde daha fazla önem kazanır. KIBT tarama talebi sadece elde edilecek üç boyutlu görüntüler kesin bir tanı konmasına yardım etme potansiyeli taşıyorsa ve/veya endodontik problemle ilişkili dişin tedavisine katkıda bulunacaksa düşünülmelidir ve taramalar gerçekleştirilirken ALARA "makul olabilen en düşük" prensibini göz önünde bulundurmak önemlidir. KIBT teknolojisi hızlı bir tempoda gelişmektedir, aynı zamanda daha fazla şirket, rekabetin arttığı piyasaya KIBT tarayıcılar sunmaktadır. Bu durum, KIBT tarayıcıların fiyatında, diş hekimleri tarafından alımını kolaylaştırması beklenebilir. KIBT'lerin dental uygulamalara yaptığı katkıya rağmen, endodonti ve diğer diş hekimliği branşlarında KIBT tarayıcıların kullanıldığı daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, KIBT kullanımının yaygınlaşabilmesi için bir diğer ihtiyaç da KIBT kullanımı ve ilgili görüntülerin yorumlanmasının ders müfredatlarına dahil edilmesi ve konuya hakim klinisyenlerin yetiştirilmesidir. KIBT intraoral radyografinin pek çok yetersizliğinin üstesinden gelebilir. Artan veriler de doğru teşhis,

görüntüleme ve tedaviye yardımcı olabilir. Özellikle karmaşık endodontik problemlerin çözümünde önemli bir yardımcı araç olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal*. 2007; 40(10): 818-30.
2. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2009; 42(6): 463-75.
3. Marmulla R, Wortche R, Muhling J, Hassfeld S. Geometric accuracy of the NewTom 9000 Cone Beam CT. *Dento Maxillo Facial Radiology*. 2005; 34(1): 28-31.
4. Danforth RA. Cone beam volume tomography: A new digital imaging option for dentistry. *Journal California Dental Association*. 2003; 31(11): 814-5.
5. Ball RL, Barbizam JV, Cohenca N. Intraoperative endodontic applications of cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 2013; 39(4): 548-57.
6. Patel S, Durack C, Abella F, et al. European Society of Endodontology position statement: The use of KIBT in Endodontics. *International Endodontic Journal*. 2014; 47(6): 502-4.
7. Brown J, Jacobs R, Levring Jaghagen E, et al. Basic training requirements for the use of dental KIBT by dentists: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology. *Dento Maxillo Facial Radiology*. 2014; 43(1): 20130291.
8. Protection R. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. A report prepared by the SEDENTEXCT Project; 2011.

9. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *European Journal of Radiology*. 2012; 81(2): 267-71.
10. Halazonetis DJ. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005; 127(5): 627-37.
11. Whaites E. *Essentials of dental radiography and radiology*. 3rd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2002.
12. Sarment D. *Cone beam computed tomography: oral and maxillofacial diagnosis and applications*. John Wiley & Sons, 2013.
13. 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.
14. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*. 1984; 58(5): 589-99.
15. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *Journal of Endodontics*. 2008; 34(1): 87-9.
16. Yang H, Tian C, Li G, Yang L, Han X, Wang Y. A cone-beam computed tomography study of the root canal morphology of mandibular first premolars and the location of root canal orifices and apical foramina in a Chinese subpopulation. *Journal of Endodontics*. 2013; 39(4): 435-8.
17. La SH, Jung DH, Kim EC, Min KS. Identification of independent middle mesial canal in mandibular first molar using cone-beam computed tomography imaging. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(3): 542-5.
18. Kottoor J, Velmurugan N, Surendran S. Endodontic management of a maxillary first molar with eight root canal systems evaluated using cone-beam computed tomography scanning: a case report. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(5): 715-9.
19. Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental Traumatology*. 2007; 23(2): 105-13.
20. Abella F, Mercade M, Duran-Sindreu F, Roig M. Managing severe curvature of radix entomolaris: three-dimensional analysis with cone beam computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2011; 44(9): 876-85.
21. El Ayouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Lost C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *Journal of Endodontics*. 2009; 35(2): 179-81.
22. Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*. 1996; 22(11): 616-8.
23. Liang YH, Jiang L, Chen C, et al. The validity of cone-beam computed tomography in measuring root canal length using a gold standard. *Journal of Endodontics*. 2013; 39(12): 1607-10.
24. Reis AG, Grazziotin-Soares R, Barletta FB, Fontanella VR, Mahl CR. Second canal in mesiobuccal root of maxillary molars is correlated with root third and patient age: a cone-beam computed tomographic study. *Journal of Endodontics*. 2013; 39(5): 588-92.
25. Silberman A, Cohenca N, Simon JH. Anatomical redesign for the treatment of dens invaginatus Type III with open apices: a literature review and case presentation. *Journal of the American Dental Association*. 2006; 137(2): 180-5.
26. Alani A, Bishop K. Dens invaginatus. Part 1: classification, prevalence and aetiology. *International Endodontic Journal*. 2008; 41(12): 1123-36.
27. Neves FS, Luana CB, Solange MD, et al. Dens invaginatus: A cone beam computed tomography case report. *Journal of Health Science Institute*. 2010; 28(3): 249-50.

28. Neves FS, Luana CB, Solange MD, et al. Dens invaginatus: A cone beam computed tomography case report. *Journal of Health Science Institute*. 2010.
29. Teixido M, Abella F, Duran-Sindreu F, Moscoso S, Roig M. The use of cone-beam computed tomography in the preservation of pulp vitality in a maxillary canine with type 3 dens invaginatus and an associated periradicular lesion. *Journal of Endodontics*. 2014; 40(9): 1501-4.
30. Patel S. The use of cone beam computed tomography in the conservative management of dens invaginatus: A case report. *International Endodontic Journal*. 2010; 43(8): 707-13.
31. Durack C, Patel S. 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. *International Endodontic Journal*. 2011; 44(5): 474-83.
32. Song CK, Chang HS, Min KS. Endodontic management of supernumerary tooth fused with maxillary first molar by using cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(11): 1901-4.
33. Wang P, Yan XB, Lui DG, Zhang WL, Zhang Y, Ma XC. Detection of dental root fractures by using cone-beam computed tomography. *Dento Maxillo Facial Radiology*. 2011; 40(5): 290-8.
34. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *Journal of Endodontics*. 2009; 35(5): 719-22.
35. Orhan K, Aksoy U, Kalender A. Cone-beam computed tomographic evaluation of spontaneously healed root fracture. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(9): 1584-7.
36. Ozer SY, Unlu G, Deger Y. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three case reports with two-year follow-up. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(1): 97-102.
37. Ozer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(7): 1245-9.
38. Ozer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(1): 75-9.
39. Estrela C, Bueno MR, De Alencar AH, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 2009; 35(11): 1491-7.
40. Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *International Endodontic Journal*. 2007; 40(9): 730-7.
41. Hargreaves KM, Goodis HE, Tay FR. Seltzer and Bender's dental pulp: Quintessence Pub., 2012.
42. Lyroudia KM, Dourou VI, Pantelidou OC, Labrianidis T, Pitas IK. Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dental Traumatology*. 2002; 18(3): 148-52.
43. Patel S, Ford TP. Is the resorption external or internal? *Dental Update*. 2007; 34(4): 218-20.
44. Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp. 10th ed. St. Louis: Mosby, elsevier, 2011.
45. Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *Journal of Endodontics*. 2009; 35(2): 233-5.
46. Estevez R, Aranguren J, Escorial A, et al. Invasive cervical resorption Class III in a maxillary central incisor: diagnosis and follow-up by means of cone-

- beam computed tomography. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(12): 2012-4.
47. Bhuva B, Barnes JJ, Patel S. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. *International Endodontic Journal*. 2011; 44(8): 777-86.
48. Wesson CM, Gale TM. Molar apicectomy with amalgam root-end filling: results of a prospective study in two district general hospitals. *British Dental Journal*. 2003; 195(12): 707-14; discussion 698.
49. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(2): 151-7.
50. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 2001; 92(6): 682-8.
51. Vieira AR, Siqueira JF Jr, Ricucci D, Lopes WS. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *Journal of Endodontics*. 2012; 38(2): 250-4.
52. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pecora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Brazilian Dental Journal*. 2008; 19(2): 114-8.
53. Friedman S. Success and failure of initial endodontic therapy. *Ontario Dentist*. 2001; 74(1): 35-8.
54. Nakata K, Naitoh M, Izumi M, Inamoto K, Ariji E, Nakamura H. Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multiradical tooth: a case report. *Journal of Endodontics*. 2006; 32(6) :583-7.
55. Sogur E, Grondahl HG, Baksi 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? *Journal of Endodontics*. 2012; 38(2): 131-6.
56. Liang YH, Jiang L, Gao XJ, Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2014; 47(4): 332-8.
57. 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. *International Endodontic Journal*. 2009; 42(6): 507-15.
58. Pope O, Sathorn C, Parashos P. A comparative investigation of cone-beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of a healthy periapex. *Journal of Endodontics*. 2014; 40(3): 360-5.
59. Rosenberg PA, Frisbie J, Lee J, et al. Evaluation of pathologists (histopathology) and radiologists (cone beam computed tomography) differentiating radicular cysts from granulomas. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(3): 423-8.
60. Lennon S, Patel S, Foschi F, Wilson R, Davies J, Mannocci F. Diagnostic accuracy of limited-volume cone-beam computed tomography in the detection of periapical bone loss: 360 degrees scans versus 180 degrees scans. *International Endodontic Journal*. 2011; 44(12): 1118-27.