

# KIBT'nin (Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi) endodontide kullanımı: Durum güncellemesi

## Use of Cone Beam Computed Tomography in endodontics: An update

### Dt. Cemre Koç

Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Endodonti A.D., Ankara  
Orcid ID: 0000-0003-3761-8368

### Uzm. Dr. Funda Yılmaz

Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Endodonti A.D., Ankara  
Orcid ID: 0000-0003-0815-5907

### Prof. Dr. Kıvanç Kamburoğlu

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,  
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.D., Ankara  
Orcid ID: 0000-0002-4134-5756

Geliş tarihi: 10 Haziran 2017

Kabul tarihi: 12 Aralık 2017

doi: 10.5505/yeditepe.2019.93685

### Yazışma adresi:

Dt. Cemre Koç  
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,  
Ankara, Türkiye.  
Tel: 03122965632  
E-posta: cemrekoc@gmail.com

### ÖZET

KIBT, son zamanlarda endodontide medikal BT ile karşılaştırıldığında ortaya çıkan avantajları ile sıkça 5 kullanılmaktadır. Bu güncel derlemenin amacı KIBT'nin özelliklerini, endodontide teşhis ve tedavide kullanım amaçlarını ortaya koymaktır. Endodontik açıdan KIBT birçok faydalı bilgi sağlasa da olası riskleri hesaplanarak sadece direkt fayda sağlayacak endikasyonlarda kullanılmalıdır. Endodontik endikasyonlarla ilgili kriterler araştırmalar ışığında sürekli yenilenmelidir.

**Anahtar kelimeler:** Endodonti, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), radyoloji.

### SUMMARY

Recently, cone beam computed tomography (CBCT) is commonly used in endodontics due its advantages over medical CT. This updated review aims to explain fundamentals of CBCT and show its indications in 15 diagnosis and treatment in endodontics. Although, CBCT may provide useful information in several endodontic cases it must be only used in correct indications where its usage provides direct benefits over its risks. Referral criteria for endodontics should be updated routinely in light of newer investigations.

**Keywords:** Endodontics, Cone beam computed tomography (CBCT), radiology.

### GİRİŞ

Radyografik muayene, teşhis, tedavi planı ve tedavinin uzun vadede değerlendirilmesi açısından diş hekimliğinde vazgeçilmezdir. İntraoral periapikal ve panoramik radyolojik değerlendirme yapılırken gerçekte üç boyutlu olan anatomik yapılar iki boyuta indirgenir ve anatomik yapıların süperimpozisyonu ilgili alanın görülememesine sebep olabilir. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT), dişlerin ve çevre dokuların üç boyutlu olarak görüntülenmesini sağlar.<sup>1,2</sup> KIBT, 1990'ların sonlarında, geleneksel bilgisayarlı tomografiye kıyasla daha düşük radyasyon dozu kullanılarak maksillofasiyal iskeletin üç boyutlu olarak görüntülenmesini sağlayacak şekilde geliştirilmiştir.<sup>1,2</sup> KIBT'de etkili doz geleneksel bilgisayarlı tomografiye göre azaltılmış olsa da hala periapikal ve panoramik radyografiye göre daha fazladır.<sup>1,2</sup> 2010 yılında KIBT'nin maksillofasiyal alanda kullanımı değerlendirildiğinde, en sık olarak implant planlamasında tercih edildiği ancak endodontide kullanımının ise pek önem kazanmadığı görülmektedir.<sup>3</sup> Daha sonraki yıllarda ise, endodontide, odontojenik veya odontojenik olmayan patolojilerin teşhisinde, kök kanal sisteminin tedavisinde, biyomekanik enstrümantasyonunda, final kök kanal dolgusunun ve iyileşmenin değerlendirilmesinde ileri radyografik incelemeler gerekebilmektedir çünkü, geleneksel radyografi bazı durumlarda yeterli olmamaktadır. Bu nedenle KIBT, anamnez ve klinik muayene sonrasında faydası potansiyel risklerinden daha fazla ön plana çıktığında tercih edilebilir. Bu konuda AAE (Amerikan Endodonti Birliği) ve AAOMR (Amerikan Oral ve Maksillofasiyal Radyoloji Akademisinin) yayınladığı ortak kılavuzda klinisyenin kendi bilgi ve deneyi-

mine dayanarak karar verebileceği belirtilmektedir.<sup>4</sup> KIBT, son zamanlarda endodontide medikal BT ile karşılaştırıldığıında avantajları ile öne çıkmaktadır.<sup>4</sup> Bu güncel derlemenin amacı KIBT'nin özelliklerini, endodontide teşhis ve tedavide kullanım amaçlarını ortaya koymaktır. PubMed veritabanında 'cbct and endodontics' anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan aramada 2007 ile 2015 yılları arasında bu konuyla ilgili 333 tane makale bulunmuştur.

### Genel Prensipler

İlk olarak Feldkamp ve ark.<sup>5</sup> iki boyutlu projeksiyonun tomografik rekonstrüksiyonu için konik ışın algoritmasını geliştirmişler ve günümüzde maksillofasiyal alanı görüntüleme için kullanılan KIBT'de bu algorithmada birtakım değişiklikler yapılmıştır. Çeşitli KIBT modelleri olmakla beraber, KIBT genel olarak görüntüleme alanı, Field of View (FOV), boyutuna göre büyük, orta ve odaklanan limitli veya küçük olarak sınıflandırılabilir.<sup>1,2</sup> Görüntüleme alanı, KIBT cihazlarında taranan alanı ifade eder. Görüntüleme alanı, detektörün boyutuna ve şekline, ışınlanma geometrisine ve ışının kolimasyonuna bağlıdır. KIBT elemanlarından FOV dışındaki bir diğeri de voksel boyutudur. Voksel, 3 boyutlu imajın en küçük kübik şekilli parçasıdır. KIBT'de imaj, uzunluk, genişlik ve derinlik uzunlukları aynı olan izotropik vokseller ile oluşturulur. Bu voksel boyutu 0.6mm den 0.076 mm'ye kadar küçültülebilir. Farklı atenuasyondaki nesnelere aralarındaki küçük mesafelere rağmen ayırt edebilme yeteneği KIBT görüntülemesinin en çekici özelliklerinden birisidir ve büyük oranda flat panel teknolojisi ve izotropik data sayesinde.<sup>1,2</sup> KIBT'de etkin doz değişkenlik gösterebilir. Bu doz bir panoramik radyografiden daha fazla olabilirken, medikal alanda kullanılan BT'ye kıyasla oldukça düşüktür. Teşhis için en uygun görüntüleme protokolü tercih edilirken ALARA prensipleri göz önünde bulundurulmalı eğer KIBT tercih edilecekse mümkün olduğunca en küçük FOV'da ve atımlı ekspoz modunda en kısa süre ışınlama yapılmalıdır. FOV sabitken voksel boyutunda azalma yapılırken kirlilik/parazit (noise) azaltmak için doz artırılır. Voksel boyutunun seçimi bu nedenle önemlidir. Endodonti amacıyla kullanılan cihazlar küçük görüntüleme alanlı ve küçük voksel değerine sahip görüntüler oluşturan cihazlardır.<sup>1-4</sup> KIBT ile konvansiyonel radyografiye kıyasla ilgili bölge hakkında daha fazla bilgi edinebilmemize rağmen, yüksek densiteli materyallerin (kök kanal patları, metal postlar, implantlar vb.) sebep olduğu yansımalar veya karanlık alanlar olarak görülen ve görüntü kalitesini olumsuz yönde etkileyen artefaktlar, KIBT'nin dezavantajları arasındadır<sup>6</sup> KIBT görüntülerinde oluşan artefaktları azaltabilmek için FOV ve voksel boyutunun değiştirilmesi gibi en uygun ışınlama parametrelerinin ve hasta pozisyonunun doğru belirlenmesi gerekir.<sup>7,8</sup>

### Güncel Endodontik Kullanım

Endodontide KIBT, kök kanal anatomisinin daha iyi anlaşılmasında, apikal patolojilerin tespitinde, kök kanal pre-

parasyonunun ve dolgusunun değerlendirilmesinde, kök kanal tedavisinin yenilenmesinde ve endodontik cerrahide kullanılmaktadır. Ekstra kanal, c- kanal, farklı kök kanal konfigürasyonu, dens invaginatus-evaginatus gibi durumlarda KIBT kullanımı tavsiye edilmektedir.<sup>4</sup> KIBT, kanal sayısının tespitinde periapikal radyograflara kıyasla daha başarılı bulunmuştur.<sup>9</sup>

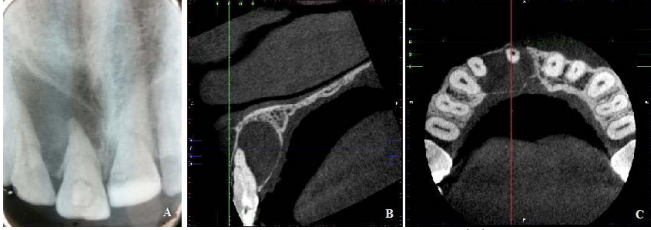
KIBT, periapikal radyografiden istatistiksel olarak anlamlı oranda daha fazla periapikal lezyon tanısı (%34, p<0.001) ortaya koymaktadır.<sup>10</sup> KIBT ile anatomik yapıların ilgili bölgeye süperimpozisyonu ortadan kaldırılır böylece bukkal veya lingual kemik demineralize olma aşamasına gelmeden önce periapikal radyograflar ile fark edilemeyen apikal periodontitis vakaları tespit edilebilir.<sup>11,12</sup> Maksiller keser, kanin ve molar dişlerde KIBT, periapikal patolojilerin tespitinde periapikal radyograflara kıyasla daha başarılı bulunmuştur.<sup>13</sup> Ayrıca, KIBT ile kök kanal morfolojisi, komşu anatomik yapılar, kortikal veya kansellöz kemik kalınlığı daha iyi anlaşılabilir. KIBT'de voksellerin izotropik (her düzlemde eşit uzunlukta) olması nedeniyle, elde edilen imajın orijinal boyutuyla uyumluluk gösterdiğinden intraoral radyografide karşılaşılan periapikal lezyonların farklı açılarda farklı boyutlarda görülebilmesi gibi sorunlarla karşılaşmaz.<sup>14</sup> Periapikal lezyonun taklit edildiği bir çalışmada dijital kumpas ile ölçülen lezyon çapıyla KIBT ile elde edilen görüntünün çapının uyumluluk gösterdiği rapor edilmiştir.<sup>15</sup> Aynı şekilde, taklit edilmiş yapay lezyonlarda yapılan volumetrik ölçümlerle KIBT ile elde edilen veriler birbirleriyle uyumluluk göstermektedir.<sup>16</sup>

Kök kanal tedavisinin başarısını belirleyen faktörlerden birisi de kök kanal sistemindeki bütün kanalların lokalize edilmesi ve uygun tedavi prosedürünün uygulanmasıdır. Matherne ve ark.<sup>17</sup> çalışmalarında 2 farklı açıdan alınmış dijital periapikal radyograflarla KIBT'yi karşılaştırmışlardır. In vitro koşullarda, endodontistler tarafından değerlendirilen dişlerin %40'ında, çevre anatomik yapıların süperimpozisyonu olmaksızın periapikal radyograflarda tespit edilemeyen en az 1 kanal olduğu rapor edilmiştir. Kök kanal dolgusu veya metal postların KIBT'de artefakta sebep olup görüntü kalitesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir.<sup>18</sup> Yakın zamanda yapılan bir çalışmada kök kanal dolgusuna bağlı artefaktların farklı voksel boyutu seçilerek ortadan kaldırılabilmesi ve MB2 kanalı 0.125 voksel boyutu ve küçük görüntüleme alanında KIBT ile tespit edilebileceği öne sürülmüştür.<sup>19</sup>

KIBT, kök kanal tedavisi sonrası apikal periodontitis lezyonlarının değerlendirilmesi için de kullanılabilir. Kök kanal tedavisi sonrası lezyon boyutunun periapikal radyograflar ve KIBT ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, KIBT, periapikal radyograflara kıyasla elde edilen verilerin doğruluğu açısından daha iyi bulunmuştur.<sup>20</sup> Apikal cerrahide ise, KIBT vakasının değerlendirilmesinde ve tedavi planlanmasında kullanılan önemli bir görüntüleme yöntemidir.<sup>21</sup>

Son zamanlarda yayınlanan bir çalışmada, endodontik mikrocerrahi işlemi sonrasında prognozun preoperatif lezyonun boyutundan etkilendiği ve 50mm'den daha küçük lezyonların prognozunun daha iyi olduğu rapor edilmiştir.<sup>22</sup> Grimard ve ark.<sup>23</sup> periapikal radyograf ve KIBT ölçümlerini, periodontal cerrahi işlem sırasında ölçümlerle karşılaştırdıkları çalışmalarında, KIBT ile yapılan ölçüm sonuçlarının direk cerrahi işlem esnasındaki ölçümlerle uyumlu olduğunu ( $r=0.89-0.95$ ), periapikal radyografların ise benzer uyumluluğu gösteremediğini ( $r=0.53-0.67$ ) ortaya koymuşlardır. Bunlara ilaveten, KIBT görüntüleme ile cerrahi işlem öncesi alt molar dişlerin mandibular kanal ile veya maksiller molar dişlerin palatinal köklerinin maksiller sinüs ile ilişkisi gibi cerrahi işlem uygulanacak dişin anatomik komşulukları değerlendirilebilir.<sup>21,24</sup>

Travma sonrasında ilgili dişlerden alınan periapikal radyograflarda eğer kırık parça yer değiştirmediyse kırık hattını tespit etmek zordur<sup>25</sup> (Resim 1).



**Resim 1.** Teşhis amaçlı alınan periapikal radyografında (A) kırık hattı net izlenmediğinden KIBT'si alınmış hastada, kırık hattı (B) ve lezyonun boyutu (C) tespit edilmiştir.

Kırık hattı kırık parçalar arasında radyolüsent bir çizgi olarak görülür ancak periapikal radyograflarda x-ışınları kırık hattına dik gelmelidir. Lokal travmalar sonucu oluşan horizontal kök kırıklarının değerlendirilmesinde küçük görüntüleme alanlı KIBT ideal yöntemdir.<sup>26</sup>

Vertikal kök kırıkları, kökün tamamını veya bir kısmını içine alabilir ve kron kök kırıklarının %2-5'ini oluşturur.<sup>27</sup> Periapikal radyograflar ve KIBT'nin vertikal kırık tespiti açısından karşılaştırıldığı çalışmalarda kanal dolgusu yapılmamış dişlerde KIBT başarılı bulunurken, kök kanal dolgusu yapılmış dişlerde KIBT'de kanal dolgusu nedeniyle oluşan artefaktların görüntüyü engellediği, periapikal radyograflarda ise kanal dolgusunun ve anatomik yapıların kırık hattını maskeleyebileceği rapor edilmiştir.<sup>28-30</sup>

Rezortif defektlerin preoperatif olarak teşhis edilmesi, tedavi planlaması ve dişin prognozu açısından önemlidir. Servikal internal ve eksternal kök rezorpsiyonunun ayırımında son derece yararlıdır. Özellikle labial ve lingual duvarları içerisine alan rezorpsiyonlarda periapikal radyograflarda süperimpozisyonlar görüntüyü engellediğinden bu konuda KIBT ile daha doğru veriler elde edilir<sup>31-33</sup> (Resim 2).



**Resim 2.** Teşhis amaçlı farklı açılarda alınan periapikal radyoflarda (A) internal kök rezorpsiyonu tespit edilmiştir. Rezorpsiyonun tam lokasyonunu ve yayılımını daha iyi tespit etmek amacıyla KIBT'si alınmış (B) ve internal rezorpsiyonun dişte perforasyona neden olduğu fark edilmiştir.

Bazı endodontik komplikasyonların değerlendirilmesinde KIBT yararlı bilgiler sağlayabilir. Furkasyon perforasyonlarının değerlendirilmesinde KIBT çok yüksek gözlemci performansı göstererek, periapikal radyografiye oranla daha başarılı bulunurken,<sup>34</sup> kanal dolgusu ile birlikte apikal üçlüde görülen kırık aletin görüntülenmesinde ise KIBT, dolgu materyali nedeniyle artefaktlara bağlı olarak periapikal radyografiden daha başarısız bulunmuştur.<sup>35</sup>

En son teknolojik gelişmelerle, KIBT "rehberli endodonti"de, kalsifiye kanalların tedavisinde, kök kanallarının lokasyonu ve açılması için kullanılacak frezin pozisyonunun belirlenmesinde ve rehber hazırlanmasında kullanılmaktadır.<sup>36</sup> Yakın zamanda rapor edilen çalışma boyu tespitinde KIBT ve periapikal radyografinin doğruluğunun elektronik apex bulucuyla karşılaştırıldığı bir çalışmada, farklı görüntüleme alanı ve voksel boyutlarında tespit edilen çalışma boylarının, periapikal radyograflarla tespit edilen çalışma boylarına kıyasla daha doğru olduğu görülmüştür.<sup>37</sup>

Endodontik amaçlı olarak kullanılan KIBT cihazları küçük görüntüleme alanına sahip ünitelerdir ve bu nedenle daha büyük görüntüleme alanlı olanlara göre hasta daha az radyasyona neden maruz kalmaktadır.<sup>38</sup> Genellikle, teknik faktörler, bölge ve cihaz özelliklerine bağlı olarak KIBT dozları 19-122  $\mu$ Sv arasında değişmektedir.<sup>38,39</sup> Ancak, bu doz periapikal intraoral radyografi ile alınan 1 ve 5  $\mu$ Sv aralığından daha yüksek bir dozdur.<sup>39</sup> Endodontik açıdan KIBT birçok faydalı bilgi sağlasa da olası riskleri hesaplanarak sadece direkt fayda sağlayacak endikasyonlarda kullanılmalıdır. Endodontik endikasyonlarla ilgili kriterler araştırmalar ışığında sürekli yenilenmelidir.

#### KAYNAKLAR

1. Kamburoğlu K, Acar B, Yakar EN, Paksoy CS. Dento-maksillofasiyal Konik Isın Demetli Bilgisayarlı Tomografi Bölüm 1: Temel Prensipler. ADO Klinik Bilimler Dergisi 2012; 6: 1125-1136.
2. Miracle AC, Mukherji SK. Cone beam CT of the head

- and neck, part 1: physical principles. *AJNR Am J Neuro-radiol* 2009; 30: 1088-1095.
3. Kamburoğlu K, Yakar EN, Acar B, Paksoy CS. Dentomaksillofasiyal Konik Isın Demetli Bilgisayarlı Tomografi Bölüm 2: Klinik Uygulamalar. *ADO Klinik Bilimler Dergisi* 2012; 6: 1160-1165.
  4. AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2015; 120: 508-512.
  5. Feldkamp LA, Davis LC, Kress JW. Practical cone-beam algorithm. *J Opt Soc Am A* 1984; 6: 612-619.
  6. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Brazilian Dental Journal* 2012; 23: 179-191.
  7. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wes-selink PR. Comparison of five computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010; 36: 126-129.
  8. Barrett JF, Keat N. Artifacts in CT: Recognition and Avoidance. *RadioGraphics* 2004; 24: 1679-1691.
  9. Matherne PR, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod* 2008; 1: 87-89.
  10. Low KMT, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod* 2008; 34: 557-562.
  11. Patel S, Wilson R, Dawood A, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography- part1: preoperative status. *Int Endod J* 2012; 8: 702-710.
  12. Ozen T, Kamburoğlu K, Cebeci AR, Yüksel SP, Paksoy CS. Interpretation of chemically created periapical lesions using 2 different dental cone-beam computerized tomography units, an intraoral digital sensor, and conventional film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107: 426-432.
  13. Uraba S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of cone-beam computed tomography to detect periapical lesions that were not detected by periapical radiography: a retrospective assessment according to tooth group. *J Endod* 2016; 42: 1186-1190.
  14. Leonardi Dutra K, Haas L, Porporatti AL, Flores-Mir C, Nascimento Santos J, et al. Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Conventional Radiography on Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 2016; 42: 356-364.
  15. Kamburoglu K, Kilic C, Ozen T, Horasan S. Accuracy of chemically created periapical lesion measurements using limited cone beam computed tomography. *Dentomaxillo-facial Radiol* 2010; 39: 95-99.
  16. Ahlowalia MS, Patel S, Anwar HM. Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Int Endod J* 2013; 46: 538-546.
  17. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild J, Tira D. Use of computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod* 2008; 30: 1-7.
  18. Schulze R, Heil U, Gross D. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; 40: 265-273.
  19. Mirmohammadi H, Mahdi L, Partovi P, Khademi A, Shemesh H, et al. Accuracy of cone-beam computed tomography in the detection of a second mesiobuccal root canal in endodontically treated teeth: an ex vivo study. *J Endod* 2015; 41: 1678-1681.
  20. van der Borden WG, Wang X, Wu MK, Shemesh H. Area and three dimensional volumetric changes of periapical lesions after root canal treatments. *J Endod* 2013; 39: 1245-1249.
  21. 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. *J Endod* 2011; 37: 151-157.
  22. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon T, Lee C, et al. Influence of size and volume of periapical lesions on the outcome of endodontic microsurgery: 3-dimensional analysis using cone-beam computed tomography. *J Endod* 2016; 42: 1196-1201.
  23. Grimard BA, Hoidal MJ, Mills. Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy. *J Periodontol* 2009; 80: 48-55.
  24. Rigolone M, Pasqualini D, Bianchi L. 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; 11: 773-775.
  25. Wang P, Yan XB, Liu D-G. Evaluation of dental root fracture using cone-beam computed tomography. *Chin J Dent Res* 2010; 1: 31-35.
  26. Kamburoglu K, Onder B, Murat S, Avsever H, Yüksel S, et al. Radiographic detection of artificially created horizontal root fracture using different cone beam CT units with small fields of view. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42: 20120261.
  27. Fuzz Z, Lusting J, Kazz A, Tamse A. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod* 2001; 13: 84-94.
  28. Talwar S, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava D, et al. Role of cone-beam computed tomography in diagnosis of vertical root fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2016; 42: 12-24.
  29. Pinto MGO, Rabelo KA, Sousa Melo SL, Campos PSF, Oliveira LSAF, et al. Influence of exposure parameters on

the detection of simulated root fractures in the presence of various intracanal materials. *Int Endod J* 2017; 50: 586-594.

**30.** 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. *J Endod* 2009; 35: 719-722.

**31.** 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; 4: 513-516.

**32.** Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J* 2011; 44: 136-147.

**33.** Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography- an in vivo investigation. *Int Endod J* 2009; 42: 831-838.

**34.** Kamburoğlu K, Yeta EN, Yılmaz F. An ex vivo comparison of diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in the detection of furcal perforations. *J Endod* 2015; 41: 696-702.

**35.** Rosen E, Venezia NB, Azizi H, Kamburoglu K, Meirowitz A, et al. A Comparison of Cone-beam Computed Tomography with Periapical Radiography in the Detection of Separated Instruments Retained in the Apical Third of Root Canal-filled Teeth. *J Endod* 2016; 42: 1035-1039.

**36.** Krasti G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kühl S. Guided endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol* 2016; 32: 240-246.

**37.** Yılmaz F, Kamburoğlu K, Şenel B. Endodontic working length measurement using cone-beam computed tomographic images obtained at different voxel sizes and field of views, periapical radiography, and apex locator: A comparative ExVivo study. *J Endod* 2017; 43: 153-156.

**38.** Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012; 81: 267-271.

**39.** Gijbels F, Jacobs R, Sanderink G, De Smet E, Nowak B, et al. A comparison of the effective dose from scanography with periapical radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 159-163.